INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN

ISSN: 3061-7669

Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación y Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

No. 2
Enero - Diciembre 2024 I PUBLICACIÓN ANUAL

ICTI.MICHOACAN.GOB.MX/

Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (ICTI)

Décimo novena edición: Octubre, 2024
Derechos Reservados. Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo
Calzada Juárez No. 1446, Col. Villa Universidad, Morelia, Michoacán.
C.P. 58060, Morelia Michoacán, México.
www.icti.michoacan.gob.mx

Coordinación General
Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa
Directora General del Instituto de Ciencia,
Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo

Edición
Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa
Directora General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación
L.A. Omar Jaimes Brito
Subdirector de Desarrollo Tecnológico

Diseño Editorial
L.A. Omar Jaimes Brito

CONGRESO ESTATAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES DEL ESTADO DE MICHOACÁN, año 2024, No. 1, enero 2024 – diciembre 2024, es una difusión periódica anual editada por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (ICTI), calle Calzada Juárez, 1446, Col. Villa Universidad, C.P. 58060, Tel. (443) 324 87 06, icti.michoacan.gob.mx, congreso.ciencia@gmail.com.

Editor responsable: Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa. Certificado de reservas de derechos al uso exclusivo No. **04-2023-090417062400-102**, otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. ISSN en trámite. Responsable de la actualización de este número: Subdirección de Desarrollo Tecnológico, L.A. Omar Jaimes Brito, fecha de última modificación 15 de septiembre de 2024.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación, sin previa autorización del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo.

En atención a la solicitud número **04-2024-082311433300-30**, presentada ante esta Dirección de Reservas de Derechos, de conformidad con el Acuerdo de fecha 9 de diciembre de 2022 por el que se levanta la suspensión de plazos y términos legales en el Instituto Nacional del Derecho de Autor, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2022, y una vez realizado el estudio de la documentación exhibida, con fundamento en lo dispuesto por el artículo 191 de la Ley Federal del Derecho de Autor, el Instituto Nacional del Derecho de Autor otorga la presente constancia de:

RENOVACIÓN DE RESERVA DE DERECHOS AL USO EXCLUSIVO

NÚMERO:	**04-2023-090417062400-102**
TÍTULO:	CONGRESO ESTATAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN Y ENCUENTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES DEL ESTADO DE MICHOACÁN
GÉNERO:	PUBLICACIONES PERIÓDICAS
ESPECIE:	REVISTA
TITULAR:	INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 100% DEL ESTADO DE MICHOACAN DE OCAMPO
FECHA DE EXP:	4/IX/2023
DOMICILIO:	CALZADA JUÁREZ 1446 VILLA UNIVERSIDAD MORELIA CP: 58060 MICHOACÁN DE OCAMPO, MEXICO

En consecuencia, la vigencia de la citada reserva vencerá el **4 de septiembre de 2025** , por lo que su próxima renovación deberá solicitarse dentro del periodo comprendido desde un mes antes, hasta un mes posterior al día de su vencimiento. En caso de no renovarse en los términos señalados, la reserva de derechos caducará, según lo establecido por los artículos 185 y 186 de la citada Ley y 79 de su Reglamento.

Directorio de Gobierno

Alfredo Ramírez Bedolla
Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán

Carlos Torres Piña
Secretario de Gobierno

Gabriela Desireé Molina Aguilar
Secretaria de Educación

Luis Navarro García
Secretario de Finanzas y Administración

Tamara Sosa Alanís
Secretaria de Cultura

Claudio Méndez Fernández
Secretario de Desarrollo Económico

Andrea Janet Serna Hernández
Secretaria del Bienestar

Juan Carlos Oseguera Cortés
Secretario de Seguridad Pública

Andrea López Contreras
Secretaria del Migrante

Roberto E. Monroy García
Secretario de Turismo

Azucena Marín Correa
Secretaria de Contraloría

Alejandro Méndez López
Secretario del Medio Ambiente

Alejandra Anguiano González
Secretaria de Igualdad Sustantiva y Desarrollo de las Mujeres Michoacanas

Gladyz Butanda Macías
Secretaria de Desarrollo Urbano y Movilidad

Záyin Dáleth Villavicencio Sánchez
Coordinación General de Comunicación Social

Lázaro Cortés Rangel
Encargado del Despacho de la Secretaría de Salud

Rogelio Zarazúa Sánchez
Secretario de Comunicaciones y Obras Públicas

Cuautémoc Ramírez Romero
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Directorio del ICTI

Dra. Alejandra Ochoa Zarzosa
Directora General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

Dra. Jaquelina Julia Guzmán Rodríguez
Subdirectora de Innovación

Lic. Jorge Alberto Martínez
Subdirector de Vinculación

L.A. Omar Jaimes Brito
Subdirector de Desarrollo Tecnológico

L.A.E. Alba Melissa Ayala Curiel
Delegada Administrativa

Mtra. Elvira Bedolla Pérez
Jefa del Departamento de Cultura de la
Innovación Empresarial y Prospectiva de Mercado

Dr. Martín Alonso Lerma Herrera
Jefe de Departamento de transformación Digital

Mtro. José Antonio Duran Rangel
Jefe de Departamento de Protección de Invenciones y Estudios Técnico-Científicos

Lic. Mauricio Octavio Dominguez González
Jefe del Departamento de Vinculación Interinstitucional y Estadística

Lic. Jesús Alberto Cruz Zavala
Jefe del Departamento de Difusión y Divulgación

Mtra. Markevich Maazel Olivera Mora
Jefa del Departamento de Desarrollo Científico y Tecnológico

Dra. Anid Vanessa Díaz Buck
Jefa del Departamento de Fomento a las Ciencias Sociales y Humanidades

L.A.E. Oscar Díaz Sánchez
Jefe del Departamento de Recursos Financieros, Humanos y Materiales

19º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación
13º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Presidente Honorario
Alfredo Ramírez Bedolla
Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo

Presidenta Ejecutiva
Alejandra Ochoa Zarzosa
Directora General del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

Comité Organizador

Omar Jaimes Brito
Markevich Maazel Olivera Mora
Anid Vanessa Díaz Buck
Jaquelina Julia Guzmán Rodríguez
Elvira Bedolla Pérez
Martín Alonso Lerma Herrera
Abril García Carrillo
Geronimo Camacho Hernández
María José Gómez Orozco
Andrea Ipanema Rangel Domínguez
Alejandra Yunuen García Rojas
Ricardo Gaytán Legaria
Fernando Alan Carrillo Domínguez
Victor Ballesteros Almanza
José Daniel Tapia Ortega

Alba Melissa Ayala Curiel
Oscar Díaz Sánchez
Jorge Alberto Martínez Ángeles
Mauricio Octavio Dominguez González
Jesús Alberto Cruz Zavala
José Antonio Durán Rangel
Jorge Alberto Padilla Reyes
Daniel Carcamo Ojeda
Dulce Guadalupe González Alonso
Alexandria Huerta Mendez
Said Guerra Ibarra
Susan Sarahi del Río Espinoza
Gaury Acuña González
Jerónimo Camacho Hernández
Lenin Alejandro Herrejon Mora

Comité Científico

19º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación

Adria Sanchez Calvillo
Alba Maria Ortega Gomez
Alicia Aguilar Corona
Alondra Gallegos Carrillo
Amaruc Lucas Hernandez
Ana Gabriela Zacarías Correa
Antony Morales Cervantes
Armando Navarrete Segueda
Azucena Lizalde Hernandez
Brenda Crystal Suarez Espinosa
Carmen Judith Gutierrez Garcia
Celia America Nieto Del Valle
Clementina Gonzalez Zaragoza
Cleto Alvarez Aguilar
Diana Janeth Fuerte Velazquez
Edgar Lenymirko Moreno Goytia
Ericka Alinne Solano Hernandez
Ernestina Gutierrez Vazquez
Fermin Pascual Ramirez
Francisco Alfredo Saavedra Molina
Gerardo Geovanni Esquivel Patiño
Gerardo Rodriguez Alvarado
Gladys Jimenez Garcia
Hortencia Gabriela Mena Violante
Ismael Barrera Valdivia
Israel Hernández Torres
Javier Perez Inocencio
Jesus Ruben Torres Garcia
Jorge Arturo Mejia Barajas
Jorge Ignacio Tapia Garibay
José Eleazar Arreygue Rocha
Juan Angel Ramos Ixta
Juan Carlos Olivares Rojas
Juan Marcela Garcia Guzman
Judith Alejandra Velazquez Perez
Laura Adame Rodriguez
Luis Alberto Madrigal Perez
Luis Alejandro Perez Ortiz
Luis Enrique Gomez Sanchez
Luis Enrique Gomez Sanchez
Luis Gerardo Ortega Perez
Ma. Guadalupe Torres Chavez
Manuel Alejandro Vargas Vargas
Marco Ivan Valle Maldonado
María De La Esperanza Arnes Prieto
Markevich Maazel Olivera Mora
Martin Tapia Salazar
Melba Ramirez Gonzalez
Nally Flores Ramírez
Noemí Ortiz Lara
Octavio Tadeo Barrera Perales
Omar Jaimes Brito
Óscar Olivera Reyes
Patricia Rios Chavez
Pedro Damián Loeza Lara
Renato Morales Nava
Ricardo Ivan Medina Estrada
Rosalía Ruiz Ruiz
Ruth Vallejo Castro
Samuel Efren Viñas Alvarez
Teresita Del Carmen Ávila Val
Victor Manuel Ruiz García
Victor Manuel Sanchez Parra
Yamile Olivera Mora
Yolanda Ruiz Suárez

Comité Científico

19º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación
Modalidad Cartel

Alejandra Castro Carranza
Alejandra Hernandez Garcia
Ana Gabriela Zacarías Correa
Anel Gomez Garcia
Armando Navarrete Segueda
Brenda Crystal Suarez Espinosa
Celia America Nieto Del Valle
Clementina Gonzalez Zaragoza
Cleto Alvarez Aguilar
Dulce Armonia Borrego Gomez
Graciela Gonzalez Villegas
Guillermo Rey Peñaloza Mendoza
Isahi Sanchez Suarez
Jessica Beatriz Herrera Ojeda
Jesus Fernando Padilla Magaña
Jonathan Jaramillo Garcia
Jorge Arturo Mejia Barajas
Juan Eduardo Godina Rodriguez
Luis Fernando Ortega Varela
Mario Javier Gutierrez Fernandez
Martha Estrella Garcia Perez
Modesto Pineda Durán
Oliva Mejia Rodriguez
Saul Leonardo Hernandez Trujillo
Victor Manuel Ruiz García
Victor Manuel Sanchez Parra

Comité Científico

13º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

David Augusto Trejo Aguilar
Flor Madrigal Moreno
Gabriela Ruiz De La Torre
Iliana Vazquez Zuñiga
Iran Arane Melchor Uceda
Jean Francois Raymond Marie Mass Caussel
Jeannette Sofia Bayuelo Jimenez
Jesus Ruben Torres Garcia
Jorge Sergio Tellez Martinez
Luis Alberto Bretado Aragon
María Antonieta Jimenez Izarraraz
Maria Del Camen Manzo Chavez
Maria Luisa España Boquera
Maricela Villanueva Pimentel
Mario Alberto Duarte Garcia
Nandinii Barbosa Cendejas
Nelva Denise Flores Manzano
Octavio Tadeo Barrera Perales
Pamela Navarrete Ramírez
Teodoro Carlón Allende

PRESENTACIÓN

El Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán les da la más cordial bienvenida a la 19ª Edición del Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación de Michoacán, el cual se ha constituido en el máximo foro para la exposición del avance científico en el Estado.

En esta nueva edición, nos complace dar continuidad al compromiso de fomentar la vinculación, la sana discusión y el intercambio de ideas, necesarias para el avance y construcción del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico.

Hoy, se dan cita más de **987 presentaciones de trabajos**, principalmente en la modalidad oral, las cuales son representativas de **50 instituciones de nuestro Estado** que desarrollan una actividad científica o tecnológica. Además, en esta ocasión se cuenta con la participación de instituciones de **9 estados de la República**. Es importante destacar que la 19ª Edición del Congreso representa un gran esfuerzo por parte de la comunidad científica, ya que se contó con la participación de más de **100 evaluadoras y evaluadores** en la revisión y selección de los trabajos que conforman este Programa.

Con gran entusiamo y derivado del éxito que se obtuvo en la edición anterior, damos continuidad a la modalidad de premiación a los mejores carteles del 19º Congreso, como un medio para incentivar la creatividad y propiciar la calidad de las exposiciones al público asistente. También, y como se ha desarrollado en otras ediciones, este Programa cuenta con **159 trabajos pertenecientes** al 13° Encuentro de Jóvenes Investigadores, cuyo principal objetivo es fomentar las vocaciones científicas en jóvenes que deseen desarrollar una carrera en la investigación, premiando aquellos trabajos que presenten un destacado grado de avance, y aportaciones científicas relevantes, realizados por jóvenes menores de 24 años.

Las **11 mesas temáticas** que componen el Programa comprenden muchas áreas del conocimiento, representando la gran diversidad científica que se desarrolla en el Estado, logrando con ello consolidarse como un foro en el que el público asistente podrá tener una perspectiva general de los temas que se estudian en las diferentes Instituciones y Centros de Investigación del Estado de Michoacán.

Queremos agradecer y destacar en esta Edición la participación de la **Red Mexicana de Periodistas de Ciencia**, ya que de manera incondicional y genuina, motivados por la relevancia de la labor de la divulgación científica, nos apoyaron con la impartición de un **taller de primeros pasos para hacer un podcast de ciencia**, dirigido a Divulgadores de la Ciencia en el Estado.

Asimismo, este evento no sería posible sin la entusiasta participación de las y los voluntarios que nos apoyan al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación en la logística para que todo pueda realizarse en tiempo y forma. ¡Muchas gracias a todas y todos!

¡Disfruten del Programa Académico! ¡Hagamos de la ciencia parte de nuestra cultura!

DRA. ALEJANDRA OCHOA ZARZOSA
DIRECTORA GENERAL DEL INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Edición I
Reserva de derechos II
Directorio de Gobierno III
Directorio del ICTI IV
Comité Organizador V
Comité Científico 19° Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (modalidad oral) VI
Comité Científico 19° Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación (modalidad cartel) y 13° Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán VII

Presentación VIII

Indice 1

Ponencia Orales
Modalidad Cartel (19CECTI)

Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales 30
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología 178
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología 248
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades 400
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud 439
Mesa 6. Ciencias Exactas 677
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión 762
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias 765
Mesa 9. Resilencia y Prosperidad Urbana; Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud 851
Mesa 10. Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital 862

Ponencia Orales
Modalidad Exposición Presencial (19CECTI)

Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales 875
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología 1075
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología 1376
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades 1712
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud 1845
Mesa 6. Ciencias Exactas 2039
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión 2128
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias 2147
Mesa 9. Resilencia y Prosperidad Urbana; Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud 2293
Mesa 10. Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital 2359
Mesa 11. Experiencias de Vinculación e Integración del Conocimiento con las Necesidades del Estado 2425

Ponencia Orales
Modalidad Virtual (19CECTI)

Mesa 2V. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología 2429
Mesa 3V. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología 2447
Mesa 4V. Ciencias Sociales y Humanidades 2456
Mesa 5V. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud 2488
Mesa 7V. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión 2594
Mesa 8V. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias 2504
Mesa 10V. Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital 2526
Mesa 11V. Experiencias de Vinculación e Integración del Conocimiento con las Necesidades del Estado 2531

Ponencias 13º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Mesa EN-1. Ciencias Naturales y de Materiales 2536
Mesa EN-2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología 2572
Mesa EN-3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología 2638
Mesa EN-4. Ciencias Sociales y Humanidades 2771
Mesa EN-5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud 2878
Mesa EN-6. Ciencias Exactas 2995

Ponencias de Cartel (19CECTI)
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales

CC0124103	REMOCIÓN DE CONTAMINANTES MEDIANTE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DE LA SEMILLA DE TEJOCOTE	30
CC0124104	HEMOPARASITOS EN TRES ESPECIES DE AVES HABITANTES DE AMBIENTES RIBEREÑOS Y DE BOSQUE, EN EL DISTRITO MINERO EL ORO-TLALPUJAHUA	34
CC0124105	RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL VOLCÁN OJO DEL MAR, CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN GUANAJUATO	39
CC0124107	¿LOS TRABAJADORES DE LAS HUERTAS DE AGUACATE EN MICHOACÁN REALIZAN BUENAS PRÁCTICAS EN LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS?	44
CC0124109	FENOLOGÍA DEL CANTO MATUTINO DEL RASCADOR VIEJITA (MELOZONE FUSCA) EN POBLACIONES URBANAS Y SILVESTRES.	49
CC0124112	SÍNTESIS DE CATALIZADORES TRIMETALICOS NI*MOW SOPORTADOS EN ALÚMINA PARA LA REACCIÓN DE HDS DE DBT	53
CC0124113	ASPECTOS TRÓFICOS Y REPRODUCTIVOS DE UN PEZ NATIVO (GOODEA ATRIPINNIS) EN LOS MANANTIALES DE “LA ZARCITA”, ZACAPU, MICHOACÁN, MÉXICO	58
CC0124115	LOS HONGOS MACROMICETOS DEL ÁREA VOLUNTARIA PARA LA CONSERVACIÓN (AVC) “BOSQUE UAKUSI” EN EL MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN	62
CC0124116	ESTUDIO ANATÓMICO DE: PERSEA AMERICANA MILL	67
CC0124117	SÍNTESIS DE CATALIZADORES TRIMETÁLICOS FE(CO)MOW SOPORTADOS PARA LA HIDRODESULFURACIÓN DE DIBENZOTIOFENO	70
CC0124118	OPTIMIZACIÓN Y PREDICCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DE DEPÓSITOS DE UN ACERO ALEADO CON MO SOBRE ACEROS BAJO CARBONO EMPLEANDO EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW)	76
CC0124119	EFECTOS DE UN CUELLO DE BOTELLA DEMOGRÁFICO SOBRE RASGOS MORFOMÉTRICOS Y REPRODUCTIVOS DE TORTUGA NEGRA (CHELONIA MYDAS AGASSIZII) EN MICHOACÁN, MÉXICO	85
CC0124121	OPTIMIZACIÓN DE UN PROCESO DE RECUPERACIÓN DE MOLDES DE ACERO SKD61 CON APORTE CARBURANTE	89
CC0124124	CAPACIDAD DE LA MICROBIOTA CUTÁNEA DE DOS ESPECIES DE AMBYSTOMA EN PELIGRO CRÍTICO DE EXTINCIÓN PARA INHIBIR EL CRECIMIENTO DEL HONGO BATRACHOCHYTRIUM DENDROBATIDIS	95
CC0124125	ALIMENTACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE UN PEZ NATIVO SKIFFIA MULTIPUNCTATA EN EL LAGO DE CAMÉCUARO, MICHOACÁN MÉXICO.	99
CC0124126	BIOPLÁSTICOS ECOLÓGICOS A BASE DE HONGOS: OPTIMIZACIÓN DE SUS PROPIEDADES POR EL USO DE PLASTIFICANTES	104
CC0124127	MATERIALES COMPUESTOS TI64/AZ91E FABRICADOS POR INFILTRACIÓN, CARACTERIZADOS POR MEB Y MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X PARA APLICACIONES EN EL ÁMBITO BIOMÉDICO.	108
CC0124128	ALEACIÓN DE ALTA ENTROPÍA (FECUCRCONI): UN NUEVO CATALIZADOR EN LA SÍNTESIS DE NANOESTRUCTURAS DE CARBONO.	112
CC0124129	BIOLOGÍA REPRODUCTIVA Y HÁBITOS ALIMENTARIOS DE ZOOGONETICUS PURHEPECHUS, UNA ESPECIE DE GOODEIDAE EN PELIGRO CRÍTICO DE EXTINCIÓN EN EL LAGO DE CAMÉCUARO, MICHOACÁN.	116
CC0124130	CONTROL DE LAS ESPECIES ÍCTICAS NO NATIVAS DEL PARQUE NACIONAL LAGO DE CAMÉCUARO MICHOACÁN MÉXICO	119
CC0124131	DEGRADACIÓN DE OXITETRACICLINA UTILIZANDO MATERIALES BASE BIYO3	123
CC0124133	REGISTRO DE HELMINTOS PARÁSITOS EN PECES MARINOS DEL PACÍFICO MEXICANO.	128
CC0124134	SÍNTESIS VERDE DE NANOPARTÍCULAS BIMETÁLICAS DE AG-AU UTILIZANDO EXTRACTO ACUOSO DE ALOYSIA CITRODORA.	132

CC0124136	SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS CORE-SHELL FE@TIO2 Y SU EVALUACIÓN CATALÍTICA EN LA REACCIÓN ALDÓLICA DEL 4-NITROBENZALDEHIDO.	137
CC0124137	LA INCUBACIÓN EN VIVEROS SOMBREADOS REDUCE LA EXPRESIÓN DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES HEPÁTICAS EN CRÍAS DE TORTUGA MARINA, INDEPENDIENTEMENTE DE UN RETO INMUNITARIO.	142
CC0124139	EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GASES EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE ZAMAK RECICLADO PARA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	146
CC0124141	INCIDENCIA DE PARÁSITOS INTESTINALES EN PRIMATES DEL PARQUE ZOOLÓGICO BENITO JUÁREZ	151
CC0124142	COMPORTAMIENTO DE BIOPLÁSTICOS FÚNGICOS FRENTE A LA DEGRADACIÓN TÉRMICA Y FOTODEGRADACIÓN: UN ENFOQUE BASADO EN RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS	155
CC0124145	IDENTIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS DOMINIOS ADICIONALES Y EL EXTREMO CARBOXILO DE LA ENZIMA ISOCITRATO LIASA (ICL) DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA PAO1	160
CC0124146	CONVERSIÓN DE ÁCIDO LEVULÍNICO SOBRE CATALIZADORES Ti(5)-SBA-15, Al(5)-SBA-15 Y Ti(5)/Al(5)-SBA-15. SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y ACTIVIDAD CATALÍTICA.	165
CC0124148	VARIACIÓN DIMENSIONAL Y CONTENIDO DE HUMEDAD, EN MATERIALES MULTIPROPOSITO A BASE DE MADERA: TRIPLAY Y MDF	171
CC0124149	DESARROLLO DE UN PROCESO DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO PARA APLICACIONES AUTOMOTRICES: MEJORA DEL DESEMPEÑO Y RENDIMIENTO DEL PROCESO	174

Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

CC0224101	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y PROPIEDADES FÍSICOQUIMICAS DE PELÍCULAS DE QUITOSANO OBTENIDAS POR EL MÉTODO DE FUNDICIÓN	178
CC0224102	ANÁLISIS FLUIDODINÁMICO DEL BLOQUEO PARCIAL DE LA BUZA SUMERGIDA EN ZONAS ESPECÍFICAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL ACERO EN EL MOLDE	183
CC0224103	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y RESISTENCIA MÁXIMA DE LA SECUENCIA IGNIMBRITICA “LA ESCALERA” CON BASE EN PRUEBAS UNIAXIALES Y SIMULACIONES NUMÉRICAS	188
CC0224104	SÍNTESIS VERDE DE CARBÓN ACTIVADO USANDO CÁSCARAS DE ANANAS COMOSUS: UNA ALTERNATIVA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	192
CC0224107	CARACTERIZACIÓN DE CORDONES DE SOLDADURA LÁSER EN PLACAS DE ALUMINIO 6061	197
CC0224108	COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS PARA MADERAS DE INSTRUMENTOS MUSICALES	202
CC0224109	MODELADO DE LA COMBUSTIÓN DE UNA MEZCLA DE GAS NATURAL E HIDRÓGENO PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN TURBINAS DE GAS	207
CC0224111	DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MANUFACTURA ADITIVA POR ARCO DE ALAMBRE CON BAJO APORTE TÉRMICO Y DEFORMACIÓN	212
CC0224112	DIAGNÓSTICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA ESTRUCTURA DE MADERA DE LA IGLESIA DE SANTIAGO APÓSTOL, TUPÁTARO MICHOACÁN	217
CC0224116	SÍNTESIS DE FOTOCATALIZADORES DE TIO2 MESOPOROSA DOPADOS CON ZN PARA APLICACIONES EN REACCIONES FOTOCATALÍTICAS	222
CC0224120	REMOCIÓN DE LA TETRACICLINA EN DISOLUCIONES ACUOSAS MEDIANTE BIOCARBÓN A BASE DE CÁSCARA DE AGUACATE	226

CC0224121	EVALUACIÓN DE LOS VALORES HEMATOLÓGICOS DEL FLAMENCO AMERICANO (PHOENICOPTERUS RUBER) BAJO CUIDADO PROFESIONAL	231
CC0224122	ANÁLISIS DE PRUEBAS FÍSICO-MECÁNICAS EN MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DE AGREGADO GRUESO POR PET EMPLEANDO ROSTROS DE CHERNOFF	236
CC0224126	REDISEÑO DE POKA-YOKE PARA MEJORAR PRODUCCIÓN EN CAJONERAS DE TOCADORES EN MUEBLES INDUSTRIA NUEVA PURUÁNDIRO	240
CC0224127	APLICACIÓN DE TÉCNICA MULTIVARIADO ROSTROS DE CHERNOFF EN UN CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE MICROFIBRAS Y PET	244

Mesa 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

CC0324101	¿EL CAMBIO CLIMÁTICO HA FAVORECIDO LAS POBLACIONES DE TRIPS FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS EN CÍTRICOS EN MICHOACÁN?	248
CC0324102	EVALUACIÓN DE ÉPOCAS E INTENSIDADES DE PODA EN MANGO MANGIFERA INDICA VARIEDAD HADEN EN MICHOACÁN, MEXICO.	252
CC0324103	CARACTERIZACIÓN DE RIZOBACTERIAS ASOCIADAS A ERYNGIUM BEECHAYANUM Y ERYNGIUM HETEROPHYLLUM EN LOS MUNICIPIOS DE MARCOS CASTELLANOS Y JIQUILPAN, MICHOACÁN	256
CC0324104	EFECTO DEL PH EN LA FERMENTACIÓN DE GLICEROL CON LEVADURAS DEL GÉNERO PICHIA PARA LA PRODUCCIÓN DE ARABITOL	260
CC0324107	ELABORACIÓN DE UNA HOJUELA A BASE DE NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA), AMARANTO (AMARANTHUS) Y MIEL (APIS MELLIFERA) PARA TRATAMIENTOS DE ESTREÑIMIENTO	264
CC0324108	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETAL DE UNA CEPA DE TRICHODERMA ATROVIRIDE	269
CC0324109	EFECTO SUBLETAL Y PATOGENICIDAD DE METARHIZIUM RILEYI FARLOW SOBRE EL GUSANO COGOLLERO SPODOPTERA FRUGIPERDA (J. E. SMITH)	273
CC0324110	AVANCES EN EL ESTUDIO DE LA DESCRIPCIÓN DEL TRACTO DIGESTIVO DE ALGANSEA LACUSTRIS	277
CC0324111	ANÁLISIS DEL MICOBIOMA FOLIAR DE LA PLANTA MEDICINAL SATUREJA MACROSTEMA (BENTH) BRIQ.	282
CC0324113	EFECTO DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO (AIB) EN LA RESPUESTA MORFOGENÉTICA IN VITRO DE ZAPOTE BLANCO (CASIMIROA EDULIS)	287
CC0324115	DINÁMICA DE CARBONO Y NITRÓGENO EN UN SUELO CONTAMINADO CON GLIFOSATO Y ADICIONADO CON ENMIENDAS ORGÁNICAS	291
CC0324116	USO DE BIOCARBÓN COMO MEJORADOR DE SUSTRATOS EN EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA L.) Y SECUESTRADOR DE CARBONO	296
CC0324118	EVALUACIÓN DE LA INMUNOGENICIDAD DE UN CANDIDATO VACUNAL MULTIEPITÓPICO DERIVADO DE LA PROTEÍNA GP5 DEL VIRUS PRRS	300
CC0324120	EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA SUPERVIVENCIA DE CAENORHABDITIS ELEGANS POR EL CONSUMO DEL MICELIO VEGETATIVO DEL HONGO PSATHYRELLA SP.	305
CC0324121	EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIKAVERINA EN GIBBERELLA FUJIKUROI DE LA CEPA CDBB-H-972	310
CC0324127	DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA VACA CRIOLLA (BOS TAURUS) EN DOS POBLACIONES DE TRASPATIO EN MICHOACÁN.	314
CC0324128	EFECTO DE LOS NANOTUBOS DE CARBONO DE PAREDES MÚLTIPLES Y FERRITAS DOPADAS CON MANGANESO Y ZINC EN EL DESARROLLO DE CAPSICUM ANNUUM.	319
CC0324130	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MUCÍLAGO DE LA CACTÁCEA OFI POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN.	324

CC0324131	RICINUS COMMUNIS L. (HIGUERILLA) COMO INHIBIDOR ANTIMICROBIANO DE ESCHERICHIA COLI CAUSANTES DE DIARREAS EN NEONATOS BOVINOS.	328
CC0324132	CARACTERIZACIÓN DE UN EXTRACTO FENÓLICO DE HOJAS DE ALOYSIA TRIPHYLLA	333
CC0324133	ESTUDIO DE LA REPRESION CATABÓLICA POR CARBONO EN EL PATOTIPO P1088 DE COLLETOTRICHUM LINDEMUTHIANUM	338
CC0324134	ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA DEL SUELO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA TRADICIONAL Y CONVENCIONAL	342
CC0324135	ACTIVIDAD FUNGICIDA DE EICHHORNIA CRASSIPES TRATADO CON NANOTUBOS DE CARBONO Y DIOXIDO DE TITANIO USADO EN FITORREMEDIACIÓN	346
CC0324136	PROPAGACIÓN DE ESQUEJES DE LA PLANTA MEDICINAL SALVIA AMARISSIMA	351
CC0324137	PATOGENICIDAD DE AISLADOS DE PHYTOPHTHORA EN LIMÓN Y TORONJA DE MICHOACÁN	356
CC0324139	EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD AMILOLÍTICA EXTRACELULAR EN CHLORELLA SOROKINIANA, EMPLEANDO UN DISEÑO EXPERIMENTAL DE CRIBADO	360
CC0324146	¿AMIGAS O ENEMIGAS? ENTOMOFAUNA ASOCIADA A PLANTAS MEDICINALES Y SU POTENCIAL COMO PLANTAS ACOMPAÑANTES DE CULTIVOS	365
CC0324150	DESARROLLO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMICONDUCTORES A PARTIR DEL NEOLIGNANO EUPOMATENOIDE-7.	370
CC0324151	EVALUACIÓN DE DOS ATRAYENTES ALIMENTICIOS EN LA CAPTURA DE ADULTOS DE SILBA ADIPATA (DIPTERA: LONCHAEIDAE)	374
CC0324152	CENICILLAS DEL GÉNERO ERYSIPHE AFECTANDO DIFERENTES PLANTAS HOSPEDANTES	378
CC0324156	PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MANGO DE DOS VARIEDADES A ESCALA MATRAZ Y BIORREACTOR.	382
CC0324157	EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN LA FERMENTACIÓN DE GLICEROL CON LEVADURAS DEL GÉNERO PICHIA PARA LA PRODUCCIÓN DE ARABITOL	386
CC0324158	PREFERENCIA DE HOSPEDERO DE PSITTACANTHUS CALYCULATUS DESPUÉS DE PODAS DE SANEAMIENTO FORESTAL EN UN ÁREA URBANA EN MORELIA, MICHOACÁN.	391
CC0324161	ANÁLISIS IN VIVO E IN SILICO DE LAS FITOHORMONAS DEL MAÍZ UTILIZANDO UN EXTRACTO ACUOSO DE CAFÉ.	396

Mesa 4: Ciencias Sociales y Humanidades

CC0424101	ALFABETIZACIÓN ECONÓMICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ELABORACIÓN DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	400
CC0424102	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS DEL TECNM CAMPUS PURUÁNDIRO MEDIANTE UN ANÁLISIS CORRELACIONAL	404
CC0424105	COMPARACIÍN EN EL NIVEL DE ESTIGMA EN ESTUDIANTES Y PROFESIONALES DE MEDICINA Y PSICOLOGÍA HACIA PERSONAS CON ENFERMEDADES MENTALES.	410
CC0424106	LA INTERVENCIÓN ORNAMENTAL DE JOAQUÍN ORTA EN EL TEMPLO DE SAN PEDRO Y SAN PABLO, TLALPUJAHUA, MICHOACÁN	413
CC0424108	FANTASÍAS SEXUALES EN JÓVENES UNIVERSITARIOS DE MICHOACÁN	417
CC0424109	LA IAG COMO ASISTENTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE ARGUMENTOS EN GÉNEROS DE INVESTIGACIÓN	421
CC0424110	PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DEL NIVEL DE HÁBITOS DE SUEÑO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS	426

Mesa 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

CC0524102	FACTORES ASOCIADOS A DEPRESIÓN POSPARTO EN MUJERES EN PUERPERIO QUE ACUDEN A UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR	439
CC0524103	ACTIVIDAD HIPOGLUCÉMICA Y SOBRE LA FUNCIÓN MITOCONDRIAL DE LAS NANOPARTÍCULAS DE PLATA FUNCIONALIZADAS CON LOS METABOLITOS DE ERYNGIUM CARLINAE EN EL CEREBRO DE RATAS CON DIABETES TIPO 2	444
CC0524107	PREVALENCIA DE DEPRESIÓN Y PREECLAMPSIA EN GESTANTES QUE SUFREN VIOLENCIA INTRAFAMILIAR EN UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR	449
CC0524108	LA EXPOSICIÓN A XILENO Y A BENCENO AUMENTA LA NOCICEPCIÓN AGUDA Y CRÓNICA INDUCIDA POR FORMALINA EN RATAS	453
CC0524109	DEPRESION EN EL ADULTO MAYOR CON HIPERTENSION ARTERIAL EN UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR	457
CC0524110	FRECUENCIA DE NEUROPATÍA PERIFÉRICA EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2	461
CC0524112	IMPLICACIÓN DE LA VÍA PKA EN LA REGULACIÓN DE LA FUSIÓN Y FISIÓN MITOCONDRIAL EN EL CRECIMIENTO MICELIAL Y VIRULENCIA DE MUCOR LUSITANICUS	466
CC0524113	DILUCIDACIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS FACTORES DE ADP-RIBOSILACIÓN ARF3 Y ARL1 EN EL METABOLISMO OXIDATIVO MITOCONDRIAL Y VIRULENCIA MEDIADA POR RIZOFERRINA EN MUCOR LUSITANICUS	471
CC0524114	PARTICIPACIÓN DEL GEN ARF2 EN LA PERCEPCIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE MUCOR LUSITANICUS	476
CC0524115	PREVALENCIA DE INSOMNIO Y CALIDAD DE VIDA EN PACIENTES POST-COVID DE UNA UMF DEL IMSS	480
CC0524117	CARACTERIZACIÓN DE GENÓMICA Y METABOLÓMICA DE LA CEPA CMU-8613 DEL BASIDIOMICETE PSATHYRELLA SP.	486
CC0524118	INESTABILIDAD DE LA HETEROCROMATINA EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA INDUCIDA POR EL FLAVONOL KAEMPFEROL	491
CC0524121	DETERMINACIÓN DEL EFECTO SOBRE DIVERSOS PARÁMETROS BIOQUÍMICOS DE ACEITES VEGETALES Y MANTECA DE CERDO EN RATAS MACHO SPRAGUE DAWLEY	496
CC0524123	ERRORES MÁS COMUNES EN LA FASE PREANALÍTICA EN UN LABORATORIO CLÍNICO PRIVADO DEL ESTADO DE MÉXICO.	501
CC0524125	LA QUERCETINA PARECE REVERTIR LOS CAMBIOS EN LA ESPECIE DE CLOSTRIDIUM COCCOIDES EN RATAS MACHOS Y HEMBRAS CON DESTETE TEMPRANO	506
CC0524126	CARACTERIZACIÓN DE CEPAS DE ACINETOBACTER BAUMANNII DEL ESTADO DE MICHOACÁN	510
CC0524127	CARACTERIZACIÓN DEL MOBILOMA PRESENTE EN CEPAS DE SALMONELLA ENTERICA SEROTIPO TYPHIMURIUM AISLADAS EN MICHOACÁN	515
CC0524128	EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE ERINGYUM CARLINAE EN MARCADORES DE NECROPTOSIS Y ESTRÉS OXIDANTE EN HÍGADO DE RATA CON ENFERMEDAD HEPÁTICA NO ALCOHÓLICA	520
CC0524130	EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE CEMPASÚCHIL (TAGETES ERECTA) PARA SU APLICACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE RADIODERMATITIS.	524
CC0524131	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TERAPÉUTICO ANTIPSORIÁSICO DEL EXTRACTO ACUOSO DE AMPHIPTERYGIUM ADSTRINGENS.	528
CC0524132	AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS DE FRUTOS DE FRESA POSCOSECHA CON UN ALTO POTENCIAL PATOGÉNICO EN HUMANOS	533
CC0524133	MOTIVOS DE RETIRO TEMPRANO DEL IMPLANTE SUBDERMICO EN USUARIAS EN LA UMF 80	538

CC0524134	IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA Y RESISTENCIA ANTIBIÓTICA DE PSEUDOMONAS SP. AISLADAS DE AGUA PURIFICADA DE DISPENSADORES AUTOMÁTICOS DE LA CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN.	544
CC0524137	DETECCIÓN DE OLIGODENDROCITOS EN CORTEZA MOTORA E HIPOCAMPO DE RATAS HEMBRA ADULTAS	548
CC0524138	ANÁLISIS DEL PERFIL CUANTITATIVO DE TLRS INTRACITOPLÁSMICOS Y MYD88 EN SUBPOBLACIONES DE LINFOCITOS B EN PACIENTES COMO PREDICTORES DE RESPUESTA RENAL EN NEFROPATÍA LÚPICA	552
CC0524140	PREVALENCIA DE ASCARIS LUMBRICOIDES EN NIÑOS DE EDAD ESCOLAR EN UNA PRIMARIA RURAL DEL MUNICIPIO DE MORELIA: FACTORES DE RIESGO Y RECOMENDACIONES	556
CC0524142	LA COMBINACIÓN METFORMINA-MELATONINA PRESENTA EFICACIA ANTINOCICEPTIVA EN RATONES	559
CC0524143	EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE BAUHINIA VARIEGATA EN LA CONDUCTA DE RATAS VIEJAS	563
CC0524145	CONDUCTAS DE SOCIALIZACIÓN DE RATAS MACHOS ADULTAS PREVIAMENTE EXPUESTAS A SEPARACIÓN MATERNAL	568
CC0524147	EFECTO DE LA FRACCIÓN INSAPONIFICABLE DEL ACEITE DE AGUACATE SOBRE MARCADORES DE ESTRÉS OXIDATIVO Y LA ACTIVIDAD DEL COMPLEJO II EN MITOCONDRIAS DE HÍGADO Y RIÑÓN DE RATAS CON UNA DIETA ALTA EN GRASA Y CARBOHIDRATOS	573
CC0524148	EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MITOCONDRIAL DE HÍGADO EN UN MODELO DE INSUFICIENCIA CARDIACA CON FRACCIÓN DE EYECCIÓN PRESERVADA EN RATONES.	577
CC0524149	ANÁLISIS DE LA PROTEÍNA E-CADHERINA EN PACIENTES CON CÁNCER DE MAMA Y SU RELACIÓN CON FACTORES CLÍNICOS	582
CC0524150	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE AGONISTAS DE TGR5 DE ORIGEN VEGETAL EN LA REGULACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO EN RATONES CON OBESIDAD	588
CC0524151	EVALUACIÓN DEL PAPEL DE NAC-2 COMO REGULADOR NEGATIVO DE LA VÍA NOTCH EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA	593
CC0524153	IMPACTO DE LA SEMANA DEL CEREBRO Y EL USO DE TECNOLOGÍAS COMO MOTIVADORES EN LA ELECCIÓN DE CARRERAS CIENTÍFICAS ENTRE ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA	598
CC0524154	USO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y SU AFECTACIÓN EN LA CALIDAD DE SUEÑO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS	602
CC0524155	FILTRO SOLAR FACIAL EN BARRA CON COLOR ELABORADO A PARTIR DE INGREDIENTES DE ORIGEN NATURAL	608
CC0524157	ORGANOS EN MINIATURA ES EL FUTURO AL USO DE MODELOS BIOLOGICOS	612
CC0524158	CARACTERIZACIÓN DE UN MODELO DE CULTIVO 3D DE CÉLULAS SUSCEPTIBLES A SARS-COV-2	615
CC0524159	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DE EXTRACTOS ETANÓLICO Y HEXÁNICO DE PIPER AURITUM KUNTH (HOJA SANTA).	621
CC0524160	NIVEL DE ESTIGMA QUE TIENEN LOS HOMBRES EN COMPARACIÓN CON LAS MUJERES HACIA LAS PERSONAS QUE POSEEN TRASTORNOS MENTALES	625
CC0524161	ESTUDIO DE LA RESPUESTA INMUNOTROMBÓTICA A PROTEÍNAS DE PLASMODIUM VIVAX.	628
CC0524163	EVALUACIÓN DE LA EFICACIA ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE GALEANA (SPATHODEA CAMPANULATA) CONTRA ENTEROCOCCUS FAECALIS	632

CC0524165	LA ADMINISTRACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE SPATHODEA CAMPANULATA DISMINUYE LOS NIVELES DE ANSIEDAD EN RATAS MACHO DIABÉTICAS Y CON SEPARACIÓN MATERNAL	637
CC0524167	ACTIVIDAD DE LA ENFERMEDAD EN MUJERES CON DIAGNÓSTICO DE LUPUS ERITEMATOSO SISTÉMICO EN PERIODO DE EMBARAZO	642
CC0524168	LA DISBIOSIS MATERNA DISMINUYE LA EXPRESION DE MARCADORES DE INFLAMACIÓN EN EL HIPOCAMPO DE CRIAS DE RATA MACHO	647
CC0524169	EFECTO DEL PROGRAMA “CHAROLA DE I.D.E.A.S.” EN PACIENTES CON HIPERTENSIÓN ARTERIAL SISTÉMICA	651
CC0524170	EFECTOS DE PROPIONATO EN AORTA AISLADA DE RATA WISTAR	656
CC0524173	LA PERSISTENCIA DE SECUELAS EN PACIENTES RECUPERADOS DE COVID-19 SE CORELACIONA CON UN AUMENTO EN LAS CONCENTRACIONES DE BIOMARCADORES INMUNOTROMBÓTICOS	660
CC0524174	NANOPARTÍCULAS DE ZIRCONIA Y SU INFLUENCIA EN LA REGENERACIÓN ÓSEA: INVESTIGACIÓN IN VITRO.	664
CC0524175	SÍNTESIS DE HÍBRIDOS AINE-AMINOÁCIDO Y SU EVALUACIÓN IN SILICO EN LA INHIBICIÓN DEL SISTEMA COX/INOS COMO MEDIADORES INFLAMATORIOS	669
CC0524178	CARACTERIZACIÓN DE LA MEMORIA VISUOESPACIAL INCIDENTAL-INTENCIONAL EN HIJOS DE PACIENTES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER	674

Mesa 6: Ciencias Exactas

CC0624101	REPERCUSIONES DE LA CONTRIBUCIÓN CROMODIOLAR EN EL PROCESO GG -> TT	677
CC0624102	MOMENTOS DIPOLARES DEL LEPTÓN TAU INDUCIDOS POR BOSONES Z' EN FUTUROS COLISIONADORES	681
CC0624107	EL ESTUDIO DEL HIGGS PESADO A UN FOTON Y BOSÓN Z EN EL CONTEXTO DEL BESTEST LITTLE HIGGS	685
CC0624108	AISLAMIENTO DEL ALIODORIN DEL DURAMEN DE CORDIA ELAEAGNOIDES A. DC. Y SU ACTIVIDAD INHIBITORIA SOBRE TRAMETES VERSICOLOR	690
CC0624109	PRESENCIA DEL 3-O-RAMNÓSIDO DE MIRICETINA EN HOJAS DE CAESALPINIA PULCHERRIMA	695
CC0624110	MOMENTOS DIPOLARES DÉBILES DEL LEPTÓN TAU INDUCIDOS POR LA PRESENCIA DE UN BOSÓN DE NORMA Z'	699
CC0624112	EFECTOS DE RETRASO EN LA DINÁMICA DEL SISTEMA DE CHUA	704
CC0624114	ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA DINÁMICA DE UNA VARIANTE DE MAPAS SENOIDALES	707
CC0624115	DIFUSIÓN EN UN SISTEMA BIDIMENSIONAL SINGULAR	711
CC0624116	EFECTO DE ORIFICIOS CIRCULARES CON DISTRIBUCIÓN CUASI-FRACTAL EN LA DINÁMICA DEL BILLAR DE SINAI	715
CC0624117	FLAVONOIDES PRESENTES EN EL EXTRACTO DE ACETATO DE ETILO DEL MUÉRDAGO PHORADENDRON CARNEUM	721
CC0624118	IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE COMPUESTOS NITROGENADOS PRESENTES EN EL EXTRACTO METANÓLICO DE RAÍZ DE CEANOTHUS CAERULEUS.	726
CC0624119	SÍNTESIS Y ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA SOBRE MUCOR LUSITANICUS DE DERIVADOS DE N-ACILHIDRAZONAS/ISATINAS-BENZOFURANO	730
CC0624120	ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD DE UN SECO-ESTEROIDE DE DIOSGENINA FRENTE A CONDICIONES DE REDUCCIÓN.	734
CC0624121	SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA DEL TIPO BIS-PROPARGIL-PIRROL A PARTIR DEL 1,4-DIAMINOBENCENO	739
CC0624123	IDENTIFICACIÓN POR RMN DE UNO DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DEL EXTRACTO HEXÁNICO DE FLORES DE STEVIA MONARDIFOLIA	743

CC0624125	ESTUDIO DE LA CONVERGENCIA DEL PROCESO DE DISPERSIÓN DE LUZ POR LUZ EN EL CONTEXTO DEL MODELO ESTÁNDAR EN DIMENSIONES EXTRA	747
CC0624130	PRODUCCIÓN DE BOSONES DE HIGGS H0 Y EL BOSÓN Z EN UN FUTURO COLISIONADOR DE MUONES	753
CC0624132	CONSTRUCIÓN DE ÁLGEBRAS MULTIFOTÓNICAS PARA UN POTENCIAL UNIDIMENSIONAL CUANTIZADO.	757

Mesa 7: Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión.

CC0724101	INTERSECCIONES EN LA PARTICIPACIÓN POLÍTICA DE MUJERES PURÉPECHA	762

Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias.

CC0824101	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA “NFS” APLICADO A PLANTAS DE TRATAMIENTO MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO	765
CC0824102	FACTORES AMBIENTALES ASOCIADOS A LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, NIVEL DE INFESTACIÓN Y EL IMPACTO DEL MUÉRDAGO (PSITTACANTHUS CALYCULATUS) EN LA LOCALIDAD DE LOS TÁBANOS, JIQUILPAN, MICHOACÁN, MÉXICO	770
CC0824103	EDUCAGREEN	775
CC0824104	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS-BIOL CON UNA MEZCLA DE ESTIÉRCOL PORCINO Y LIRIO ACUÁTICO PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR RESIDENCIAL	779
CC0824106	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA CONTAMINADA POR DETERGENTES LÍQUIDOS UTILIZANDO MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS	784
CC0824108	EFECTOS DE LA PERTURBACIÓN DE HÁBITAT POR UN INCENDIO RECIENTE EN LA COMUNIDAD DE AVES DEL DISTRITO MINERO TLALPUJAHUA-EL ORO.	788
CC0824109	EFECTO DEL DISTURBIO EN LA DIVERSIDAD DE POLILLAS Y PATRONES DE ACTIVIDAD EN EL BOSQUE TROPICAL SECO DEL ESTADO DE MICHOACÁN	792
CC0824110	SISTEMATIZACIÓN EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS REGISTROS PALEOAMBIENTALES Y PALEOCLIMÁTICOS PARA EL CUATERNARIO EN MÉXICO.	797
CC0824112	ANÁLISIS ECONÓMICOS DE COSTOS OPERATIVOS DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN ACUÍCOLA DE PECES NATIVOS DE PÁTZCUARO	801
CC0824114	CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA EN LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO 2010-2020	805
CC0824117	PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LA CODIGESTIÓN DE RESIDUOS DE AGUACATE Y LODOS RESIDUALES CON LA APLICACIÓN DE PRETATAMIENTOS	810
CC0824119	CALIDAD DEL AIRE Y ESTRATIFICACIÓN VERTICAL DE PM2.5 EN COCINAS RURALES CON TECNOLOGÍAS COMBINADAS PARA COCINAR	815
CC0824122	APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA EL MODELADO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES USANDO PYTHON	820
CC0824123	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO	823
CC0824125	PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL FRACCIONAMIENTO LA CANTERA EN TARÍMBARO MICHOACÁN	828
CC0824130	MODELACIÓN HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DEL ACUÍFERO CIUDAD HIDALGO-TUXPAN	831
CC0824131	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ESPIRULINA EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA USADA EN ACUACULTURA.	836

CC0824132	ANÁLISIS TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE LOS REYES, MICHOACÁN; PARA SU PLANIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO	841
CC0824133	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO TACÁMBARO-TURÍCATO	846

Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud.

CC0924101	VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA FALLA GEOLÓGICA TARÍMBARO (TAO)	851
CC0924102	CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE RIESGO DE DESERCIÓN UNIVERSITARIA	856

Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital.

CC1024103	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTICULAS DE PEROVSKITA PARA APLICACIONES EN BIOMEDICINA	862
CC1024105	DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE PLACAS DE VEHÍCULOS MEDIANTE VISIÓN POR COMPUTADORA	866
CC1024106	SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AUNPS-GSH.	870

Ponencias Orales
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales

CP0124103	RIESGO DE SALUD PUBLICA EN EL AUMENTO EN EL CONSUMO DE NARCOTICOS EN EL PERIODO POSTPANDEMIA EN MICHOACAN	875
CP0124104	EFECTO DE LA CARGA DE NANOPARTÍCULAS DE HFO2 DOPADAS CON MN DEPOSITADAS SOBRE EL MCM-41 SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA ADSORCIÓN DE AZUL DE METILENO EN SOLUCIÓN ACUOSA	880
CP0124107	DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TRES FAMILIAS (APOCYNACEAE, ANACARDIACEAE Y BORAGINACEAE) DEL BOSQUE SECO DEL ESTADO DE VERACRUZ BAJO PROYECCIONES FUTURAS DE CAMBIO CLIMÁTICO	885
CP0124108	EVALUACIÓN CONDUCTUAL DE LA DISCRIMINACIÓN DEL CANTO ENTRE DOS ESPECIES DEL GÉNERO PIPILO Y SU COMPLEJO DE HIBRIDACIÓN	890
CP0124109	DIFERENCIACIÓN MORFOLÓGICA DE ONITICELLUS RHINOCERULUS (COLEÓPTERA) EN RESPUESTA A LA VARIACIÓN CLIMÁTICA DENTRO DE AGROSISTEMAS DE AGUATE EN MICHOACÁN	896
CP0124111	PREDICCIÓN DE LA MEZCLA DEL GLIFOSATO Y GLUFOSINATO DE AMONIO EN CHLORELLA VULGARIS Y MICROCYSTIS AERUGINOSA	901
CP0124112	CONTAMINACIÓN POR MICROPLÁSTICOS EN SUELOS AGRÍCOLAS QUE EMPLEAN NAVE DE INVERNADERO	906
CP0124113	COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE MICROPLÁSTICOS DE SUELOS	912
CP0124114	DETECCIÓN DEL PARÁSITO (OPHRYOCYSTIS ELEKTROSCIRRHA) EN ASCLEPIAS SP., LARVAS Y ADULTOS DE MARIPOSA MONARCA.	916
CP0124115	COMPOSICIÓN DE MACROMICETOS ASOCIADOS A BOSQUES TEMPLADOS POST-INCENDIO EN MORELIA, MICHOACÁN	921
CP0124116	COMUNIDAD DE ROEDORES EN LA CUENCA DE CUITZEO: RELACIÓN CON SU HÁBITAT.	925
CP0124117	INVENTARIO DE MACROMICETOS DEL PARQUE ESTATAL CERRO PUNHUATO, MORELIA, MICHOACÁN.	929
CP0124118	MASTOFAUNA DEL BOSQUE “UAKUSI”	934
CP0124120	ECOLOGÍA REPRODUCTIVA Y ASPECTOS ALIMENTARIOS DEL PEZ BLANCO CHIROSTOMA HUMBOLDTIANUM EN UN MANANTIAL DEL CENTRO DE MÉXICO.	938
CP0124121	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UN MANANTIAL PRIORITARIO PARA LA CONSERVACIÓN PECES DE LA FAMILIA GOODEIDAE, EN MÉXICO.	944

CP0124122	EFECTO DE LA URBANIZACIÓN EN LA DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS URBANOS, MORELIA, MICHOACÁN	949
CP0124123	EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LA DIFUSIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL HIDROGEL DE POLIACRILAMIDA	954
CP0124124	NANOCRISTALES DE PLATA CON DIFERENTES FORMAS SINTETIZADOS A PARTIR DE EXTRACTOS DE HOJAS DE EQUISETUM HYEMALE	959
CP0124125	GESTIÓN DEL RESIDUO CENIZA VOLANTE MEDIANTE UN PROCESO DE GEOPOLIMERIZACIÓN EN MEDIO ALCALINO	964
CP0124127	OBTENCIÓN DE UN NANOCOMPUESTO DE ÓXIDO DE ZINC/PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO (ZNO/CQDS) POR UN MÉTODO HIDROTERMAL Y MEDICION DE SUS PROPIEDADES FOTODEGRADANTES.	970
CP0124128	RESPUESTAS DE LA DIVERSIDAD DE HEMIPTEROS Y GREMIOS TROFICOS A LA CONVERSION DE BOSQUES TEMPLADOS A CULTIVOS DE AGUACATE EN MICHOACAN	975
CP0124131	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE POTENCIALIDAD (PIC50) EN UNA SERIE DE COMPUESTOS AZA-HETEROCICLOS COMO POSIBLES AGENTES ANTIBACTERIANOS	980
CP0124132	RASGOS DE HISTORIA DE VIDA DE LAS ABEJAS EN MORELIA, MICHOACÁN.	986
CP0124133	DETERIORO DE LA IGNIMBRITA DEL ENTORNO URBANO HISTÓRICO DE MORELIA	991
CP0124135	DIVERSIDAD DE LÍQUENES ASOCIADOS A BOSQUES DE PINO-ENCINO EN EL SUR DE MORELIA	995
CP0124138	ASPECTOS ALIMENTICIOS Y REPRODUCTIVOS DEL PEZ EXÓTICO PSEUDOXIPHOPHORUS BIMACULATUS EN EL PARQUE NACIONAL LAGO DE CAMÉCUARO	1000
CP0124139	ASPECTOS ALIMENTARIOS Y REPRODUCTIVOS DE UN PEZ EXÓTICO DEL LAGO DE CAMÉCUARO	1005
CP0124140	EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA BUZA SUMERGIDA BIFURCADA PARA MOLDE DE COLADA CONTINUA DE PLANCHÓN DELGADO MEDIANTE SIMULACIÓN MATEMÁTICA	1009
CP0124142	MECANOSÍNTESIS DE SÓLIDOS NANOESTRUCTURADOS CU2(OH)3CL Y CUO/GRAFITO CON APLICACIONES EN REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN MEDIO ACUOSO	1014
CP0124144	PROCESAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE MG-AZ91E REFORZADOS CON SIC OXIDADO: ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL.	1019
CP0124148	CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA DE PECES DULCEACUÍCOLAS EN LOS ESTADOS DE GUANAJUATO Y JALISCO, MÉXICO	1023
CP0124151	EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO EN EL ESTRÉS Y DAÑO DE LIRIO ACUÁTICO UTILIZADO PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE AGUA	1028
CP0124152	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTICULAS DE ÓXIDO DE COBRE Y SU EFECTO FITOTOXICO CÓMO TRATAMIENTO FOLIAR EN FRESA	1033
CP0124153	ESTUDIO ANALÍTICO EXPERIMENTAL DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO EN MUESTRAS BIOLÓGICAS	1038
CP0124155	CARACTERIZACIÓN ELECTROQUÍMICA DE MATERIALES COMPUESTOS COCRMO/XCU FABRICADOS POR SINTERIZADO SEMILÍQUIDO	1042
CP0124156	DELIMITACIÓN DE ESPECIES PARA EL GÉNERO LATRODECTUS (THERIDIIDAE) EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.	1046
CP0124158	DESARROLLO DE UN MÉTODO ELECTROANALÍTICO DE DETECCIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO BASADO EN UN SENSOR DE NANOTUBOS DE TIO2 CON DOPAJE DE AG.	1049

CP0124159	SÍNTESIS DE NANOCOMPOSITOS DE FE3O4@TIO2 Y FE3O4@GLICINA Y SU ACTIVIDAD CATALÍTICA EN LA REACCIÓN DE CONDENSACIÓN ALDÓLICA	1054
CP0124164	SINTESIS ECOLÓGICA DE NANODOTS DE CARBONO UTILIZANDO RESIDUOS DE HONGOS: UN ENFOQUE DE PRODUCCIÓN RÁPIDA Y FÁCIL.	1058
CP0124165	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ÓPALOS INVERSOS DE ZNO	1061
CP0124167	INFECCIÓN POR EL TREMATODO EXÓTICO CENTROCESTUS SPP. EN DOS ESPECIES DE PECES DEL RÍO TEUCHITLÁN, TEUCHITLÁN, JALISCO, MÉXICO.	1066
CP0124168	DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE POLINIZADORES DIURNOS EN DOS TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA CHAMELA-CUIXMALA	1070

Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

CP0224102	SIMULACIÓN MATEMÁTICA EN 2 DIMENSIONES DE UN PROCESO DE COMBUSTIÓN EN CICLOS QUÍMICOS USANDO CFD	1075
CP0224103	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO DIATOMÁCEO	1081
CP0224106	VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE MANGO PARA EL DESARROLLO DE CARBÓN ESTRUCTURADO	1186
CP0224107	HETEROUNIÓN FOTOCATALÍTICA A BASE DE METAL LÍQUIDO DE GALIO APLICADA EN LA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES	1191
CP0224108	ANÁLISIS Y CALIBRACIÓN DE SENSORES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE BAJO COSTO	1196
CP0224110	MONITOREO DEL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL EN LA UNIÓN SOLDADA DE UN ACERO MICROALEADO POR MEDIO DE TÉCNICAS DE EVALUACIÓN NO DESTRUCTIVAS.	1102
CP0224111	APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEROS MULTIFASICOS Y SU DETECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.	1108
CP0224113	SÍNTESIS DE PELÍCULAS DELGADAS DE SNO2 MEDIANTE EL DEPÓSITO ATÓMICO POR CAPAS	1114
CP0224116	OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE FRESA VARIEDAD SAYULITA EN DIFERENTES SOLUTOS OSMOTICOS	1118
CP0224118	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE MANZANAS VARIEDAD FUJI	1122
CP0224119	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS CAUCES “RÍO BELLO” Y “LA HIGUERA” Y SU IMPLICACIÓN EN EL RÍO GRANDE DE MORELIA	1127
CP0224121	DESARROLLO INTEGRAL DE UN DESHIDRATADOR SOLAR: DISEÑO EXPERIMENTAL, SIMULACIÓN COMPUTACIONAL Y AUTOMATIZACIÓN.	1132
CP0224122	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE PLÁTANO VALERY	1136
CP0224123	INNOVACIÓN EN LA OPTIMIZACIÓN DEL SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE ZARZAMORA RUBUS ULMIFOLIUS	1139
CP0224124	EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DEL MODELO WRF EN LA PREDICCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA MATA, OAXACA	1144
CP0224125	VALIDACIÓN DEL MODELO DRIFT FLUX USANDO TÉCNICAS FOTOGRÁFICAS PARA DETERMINAR DIÁMETROS DE BURBUJA EN COLUMNAS DE FLOTACIÓN	1149
CP0224128	REPRESENTACIÓN NUMÉRICA DE LAS SERIES DE FOURIER	1155
CP0224132	PRODUCCIÓN DE AMONIACO VERDE: EL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS GLOBALES EN EL INDICADOR ECOLÓGICO 99 Y LAS MÉTRICAS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR	1160
CP0224133	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOFILTRO A BASE DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LIRIO ACUÁTICO Y RESIDUOS MADERABLES (ASERRÍN): UNA ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	1170

CP0224134	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ARQUITECTURAS DE FUENTES DE CORRIENTE CONTROLADAS POR VOLTAJE: ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE AMPLIFICADORES OPERACIONALES PARA SISTEMAS EIT EN APLICACIONES BIOMÉDICAS	1175
CP0224135	EVALUACIÓN MECÁNICA DE UNIONES DE MADERA PARA ESTRUCTURAS EN EDIFICACIONES HISTÓRICAS	1180
CP0224136	FABRICACIÓN DE UN ACERO AVANZADO DE ALTA RESISTENCIA DE 3RA GENERACIÓN PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	1185
CP0224137	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE REPLICAS DE CARBONO PARA EL ESTUDIO DE NANOPARTÍCULAS POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN	1189
CP0224142	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL INALÁMBRICO RF DE CORTA DISTANCIA PARA ARRANQUE DE UNA MAQUINA ELÉCTRICA	1194
CP0224144	ANÁLISIS GEOMECÁNICO DE MACIZOS ROCOSOS APLICANDO HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES	1199
CP0224147	APLICACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN AVANZADA CON OZONO PARA LA REMOCIÓN DEL COLORANTE AZUL ÁCIDO 9	1204
CP0224148	EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PSEUDOMONAS FLUORESCENS PARA LA BIODEGRADACIÓN DE PIGMENTOS EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL	1209
CP0224149	RECUPERACIÓN DE 1,3-PROPANODIOL DE SOLUCIONES ACUOSAS MEDIANTE SISTEMAS ACUOSOS DE DOS FASES	1214
CP0224150	SUSTENTABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE TEÑIDO TEXTIL: TECNOLOGÍAS EMERGENTES Y DESAFÍOS PARA UNA INDUSTRIA ÉTICA	1219
CP0224152	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN PANTALÓN DE MEZCLILLA EN LA INDUSTRIA TEXTIL MEXICANA: COMPARACIÓN DE METODOLÓGICA	1223
CP0224153	RETROANÁLSIS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CON LA API DE RS2-PYTHON	1229
CP0224154	CALIBRACIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA DISEÑO DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN EN EL ESTADO DE MICHOACÁN	1234
CP0224155	METODOLOGÍA ESTANDARIZADA PARA LA CREACIÓN DE MANUALES DE PRÁCTICAS EN TALLERES EDUCATIVOS MULTIDISCIPLINARIOS	1238
CP0224156	INFLUENCIA EN EL EFECTO MICROESTRUCTURAL Y DE RESISTENCIA MECÁNICA DE LA ALEACIÓN TI6AL4V UTILIZANDO EL PROCESO GTAW PULSADO	1243
CP0224157	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR Y SMR MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA. CASO DE ESTUDIO TALUD DEL KM 12+507 AL KM 13+485 DE LA AUTOPISTA CUITZEO-PÁTZCUARO	1250
CP0224158	OPTIMIZACION DE TIEMPOS POR MEDIO DEL METODO DE VOGUEL (TRANSPORTE): CASO ESTUDIO	1255
CP0224160	OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE PROGRAMACIÓN NO LINEAL: UN CASO ESTUDIO	1259
CP0224164	APLICACIÓN DE PIGMENTOS NATURALES EN TEXTILES MEDIANTE TÉCNICAS DE ANTIOTIPIA: UN ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE BETA VULGARIS Y CURCUMA LONGA	1263
CP0224165	OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA LANCHA ELÉCTRICA SACA LIRIOS: REDUCCIÓN DE VIBRACIONES EN EL EJE DEL MOTOR, IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CARGA EFICIENTE.	1268
CP0224166	INNOVACIÓN SOSTENIBLE EN EL DISEÑO: MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y APLICACIÓN DE TINTAS NATURALES EN EL BOCETAJE DE MANIQUÍES	1274
CP0224167	OPTIMIZACIÓN DEL LAYOUT PARA LA PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SOSTENIBLE EN LA INDUSTRIA TEXTIL: UN CASO DE ESTUDIO'	1278
CP0224169	METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN Y SEGURIDAD EN EL USO DE CORTADORAS INDUSTRIALES EN LA PRODUCCIÓN TEXTIL	1283
CP0224170	EVALUACIÓN DE LAS PERCEPCIONES Y REACCIONES DE LOS CONDUCTORES A LA MARCA VIAL DIENTES DE DRAGÓN EN MÉXICO	1288

CP0224171	DESARROLLO DE MÉTODOS ALGORÍTMICOS AVANZADOS PARA ESTIMAR CAUDALES EN FLUJOS SUPERFICIALES MEDIANTE CURVAS DE CALIBRACIÓN	1293
CP0224173	OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UNIFORMES DEPORTIVOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE EL MÉTODO SIMPLEX	1296
CP0224175	EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN ALEACIONES DE TITANB FABRICADOS POR METALURGIA DE POLVOS	1302
CP0224178	ESTUDIO DILATOMÉTRICO DE COMPUESTOS COCRMO/XCU FABRICADOS POR SINTERIZADO SEMILÍQUIDO	1307
CP0224180	ELEVADOR HIDRÁULICO PARA ESTRUCTURAS DE CASTILLOS PIROTÉCNICOS	1311
CP0224181	MONTAJE ELECTROMECÁNICO Y PUESTA EN MARCHA DEL TORNILLO DESHIDRATADOR DE LODOS DE LA PTAR CAÑADAS	1326
CP0224183	MODELO DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN SEMÁNTICA CON BASE EN COMPILADOR	1340
CP0224185	ASIGNACIÓN DE GRADO DE SOLDAMIENTO DE LA IGNIMBRITA ESCALERA (MIL CUMBRES, MICHOACÁN) MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA MECÁNICA EN LABORATORIO.	1344
CP0224189	IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA PROPUESTA DE UN MODELO LINEAL DE LA SIMULACIÓN 2D DE UN ÁLABE OSCILANTE USADO EN GENERACIÓN DE ENERGÍA DE CORRIENTE	1349
CP0224193	IMPORTANCIA DEL PELIGRO SÍSMICO EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE MORELIA	1356
CP0224195	SOLIDIFICACIÓN DINÁMICA DE HIERROS BLANCOS ALTO CROMO, ALTO TITANIO Y SU RESISTENCIA AL DESGASTE	1361
CP0224196	PROCESAMIENTO ROBUSTO DE MEDICIONES SENSORIALES EN UN ROBOT EDUCATIVO	1366
CP0224197	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ESP-NOW PARA EL CONTROL Y OBTENCIÓN DE DATOS EN UN ROBOT EDUCATIVO	1371

Mesa 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

CP0324104	MANEJO POSTCOSECHA DE PAPAYA OLMECA	1376
CP0324106	MAPAS MENSUALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE MICHOACÁN	1381
CP0324107	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE LACASAS DE FUSARIUM OXYSPORUM SPECIES COMPLEX 33 (FOSC33)	1386
CP0324109	ADAPTABILIDAD DE NUEVOS GENOTIPOS DE PAPAYA (CARICA PAPAYA L.) EN EL VALLE DE APATZINGÁN	1390
CP0324110	EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS DE PSEUDOMONAS REPTILIVORA B-6BS A NIVEL BIORREACTOR MEDIANTE DISEÑO BOX-BEHNKEN	1395
CP0324111	EXTRACTOS FÚNGICOS INHIBIDORES DE LA ALDOSA REDUCTASA DE CONEJO	1401
CP0324115	REMOCIÓN DE FENOLES VEGETALES CON LACASAS DEL CO-CULTIVO FUSARIUM OXYSPORUM SPECIES COMPLEX 33/TRAMETES VERSICOLOR	1406
CP0324116	CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DEL CONSORCIO DE LEVADURAS OBTENIDO DE LA ORDEÑA DE AGAVE MAPISAGA DE LA REGIÓN DE TARÍMBARO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE PULQUE	1410
CP0324117	DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD LIPÁSICA DE SCHEFFERSOMYCES STIPITIS USANDO ACEITE DE CANOLA COMO INDUCTOR	1416
CP0324118	DESARROLLO DE UN SNAKC TIPO MAZAPAN REDUCIDO EN AZUCAR Y FORTIFICADO CON PROTEINA A BASE DE HARINA DE GRILLO (ACHETA DOMESTICUS).	1421

CP0324119	RECUPERACIÓN DE COBRE DE UN MEDIO ACUOSO, USANDO EL HONGO ASPERGILLUS NIGER	1425
CP0324120	EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE PSEUDOMONAS REPTILIVORA B-6BS EN LA DEGRADACIÓN DE COLORANTES Y TOLERANCIA DE METALES PESADOS	1430
CP0324122	CARACTERIZACION Y EVALUACION DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE SUELOS MICHOACANOS CON POTECIAL AGRICOLA	1435
CP0324123	EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROMOTORA DE CRECIMIENTO DE AISLADOS DEL PHYLUM BACTEROIDOTA	1439
CP0324124	DESAROLLO DE UNA GOLOSINA SIN AZÚCAR Y FORTIFICADA CON HARINA DE NOPAL	1444
CP0324125	AGROFUNGO	1448
CP0324126	DIAGNOSTICO INTEGRAL DE PLAGUICIDAS Y METALES EN LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO	1453
CP0324127	TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE UCHUVA (PHYSALIS PERUVIANA L.).	1460
CP0324128	EFECTO DE DIETAS SOBRE EL TIEMPO DE DESARROLLO Y SUPERVIVENCIA DE NINFAS DE ENGYTATUS VARIANS.	1465
CP0324129	EFECTO DE PSEUDOMONAS FLUORESCENS UM270 SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE ZEA MAYS L. EN UN AGROECOSISTEMA DE MILPA	1470
CP0324130	RECICLAJE DE FÓSFORO EN SUELOS VOLCÁNICOS DE REDUCIDA FERTILIDAD	1475
CP0324131	LA IMPORTANCIA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL CICLAJE DE NITRÓGENO EN SUELOS VOLCÁNICOS	1479
CP0324133	CONTROL DEL APETITO EN UN PEZ AGÁSTRICO DEL INTESTINO CORTO (ATHERINOPSIDAE): PRIMERA APROXIMACIÓN	1483
CP0324136	AISLAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS DE PROMOCIÓN DE BACTERIAS ENDÓFITAS DE NÓDULOS DE FRIJOL	1489
CP0324138	PROMOCIÓN DE PRIMORDIO DE RAÍZ DE PINO USANDO NANOMATERIALES DE CARBONO	1494
CP0324139	EFECTO DE LA DEFICIENCIA DE NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO DE TRIGO EN UN INTERCULTIVO CON LENTEJAS NODULADAS	1497
CP0324140	EFECTO DE LOS FUNGICIDAS APLICADOS EN HUERTAS DE AGUACATE SOBRE LA MICROBIOTA RIZOSFÉRICA DE PERSEA AMERICANA MILL	1502
CP0324141	APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE AGAVE MEZCALERO PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS COMO BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO	1508
CP0324145	EFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN PLANTAS DE MAÍZ CRIOLLO EN INVERNADERO EN ETAPA FENOLÓGICA V3	1513
CP0324146	DIVERSIDAD BACTERIANA DE LA RIZOSFERA DE CULTIVOS DE LA PITAYA (STENOCEREUS QUERETAROENSIS) CON MANEJO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO	1519
CP0324149	EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE LA CEPA ENDÓFITA SER3 CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS	1523
CP0324154	DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO Y TECNOLOGICO DE HARINA COMPUESTA ELABORADA A PARTIR DE LOS DESECHOS DE LA CASCARA DE PLATANO (MUSA PARADISIACA) VERDE Y AMARILLO	1528
CP0324155	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LARVAS DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (J. E. SMITH)	1532
CP0324157	FORMULACIÓN DE PAN FERMENTADO DE HARINA DE LENTEJA (LENS CULINARIS M.) VERDE	1536
CP0324161	ACTIVIDAD LÍTICA IN VITRO DE UN FAGO DE ESCHERICHIA COLI CONTRA AISLADOS MULTIRRESISTENTES DE QUESO FRESCO	1541
CP0324162	OBSERVACIONES DE DAÑO AL FRUTO DE AGUACATE 'HASS' POR SABULODES SP EN HUERTOS DE MICHOACÁN, MÉXICO.	1546

CP0324163	IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO ESTRATÉGICO PARA RESCATE DE LA ZARZAMORA EN MICHOACÁN	1550
CP0324164	EVALUACIÓN DE UCHUVA (PHYSALIS PERUVIANA L.) COMO ALTERNATIVA PRODUCTIVA PARA LA MESETA PURÉPECHA DEL ESTADO DE MICHOACÁN	1555
CP0324165	ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA SOBRE COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES DE UN RECUBRIMIENTO DE QUITOSANO CON LA FRACCIÓN HIDROSOLUBLE DEL ACEITE DE SEMILLA DE AGUACATE NATIVO MEXICANO (PERSEA AMERICANA VAR. DRYMIFOLIA) EN FRUTOS POSCOSECHA DE AGUACATE CV. HASS	1560
CP0324166	PRODUCCIÓN DE LICOR A PARTIR DE JUGO DE GRANADA DE UNA HUERTA DEL MUNICIPIO DE MORELIA.	1565
CP0324167	EVALUACIÓN DE T. HARZIANUM EN PRESENCIA DE OG Y OG-N	1570
CP0324169	EFECTO DE LA ADICIÓN DE NOPAL (OPUNTIA FICUS-INDICA) A LA DIETA DE LECHONES DE 6 A 30 KG DE PESO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTUVO	1574
CP0324171	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE QUESO FRESCO ADICIONADO CON HARINA DE BERRIES.	1579
CP0324173	EL PÉPTIDO CLE14 AFECTA LA REGENERACIÓN DE LA PUNTA DE LA RAÍZ Y LA CALLOGÉNESIS EN ARABIDOPSIS THALIANA	1584
CP0324175	EFECTOS SUBLETALES DEL MICROENCÁPSULADO DEL NUCLEOPOLIEDROVIRUS MÚLTIPLE CON PARTÍCULAS DE OXIDO DE ZINC (ZNO) SOBRE LA GENERACIÓN F1 DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)	1589
CP0324176	DIVERSIDAD GENÉTICA DEL GUAJOLOTE NATIVO (MELEAGRIS GALLOPAVO) EN POBLACIONES DE TRASPATIO EN MICHOACÁN.	1694
CP0324177	EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE LOS EXTRACTOS DE ACETATO DE ETILO DE LIPPIA CALLICARPIFOLIA SOBRE EL CRECIMIENTO DE FUSARIUM SPOROTRICHUM	1699
CP0324178	EFECTOS TÓXICOS DEL 2,4-DINITROFENOL SOBRE LA MICROALGA CHLORELLA VULGARIS	1603
CP0324179	EVALUACIÓN IN VITRO DEL EFECTO FUNGICIDA DEL EXTRACTO DE TAGETES ERECTA PARA EL CONTROL DE FUSARIUM OXYSPORUM	1608
CP0324180	BIOTRANSFORMACIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO DE ORIGEN BIÓTICO POR TRICHODERMA SP Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO Y FOTOSÍNTESIS DE ZEA MAYS	1613
CP0324182	LA FUNCIONALIZACIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO CON FOSFITOS, UNA ALTERNATIVA PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN Y BIOMASA EN SOLANUM LYCOPERSICUM	1617
CP0324183	EFECTO DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y FOTOPERIODO EN LA CRÍA Y REPRODUCCIÓN DE CHRYSOPERLA CARNEA PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS	1622
CP0324187	EFECTOS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS ELECTROLIZADAS EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LECHUGA EN HIDROPONÍA CON TÉCNICA NFT	1627
CP0324188	ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE HIDRÓLISIS DE FRUCTANOS DE AGAVE CUPREATA PARA LA OBTENCIÓN DE JUGOS RICOS EN AZÚCARES LIBRES	1632
CP0324189	EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN DE TRASPATIO EN GALLINAS HÍBRIDAS (NAKED NECK X RHODE ISLAND RED) SOBRE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE HUEVO	1636
CP0324190	EVALUACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA RESPUESTA OLFATIVA DE CHRYSOPERLA CARNEA	1641
CP0324192	ESTUDIO QUÍMICO COMPARATIVO DE DOS HARINAS OBTENIDAS DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO MUSA PARADISIACA	1645
CP0324193	EFECTO DE LOS CICLODIPÉPTIDOS BACTERIANOS DE PSEUDOMONA AERUGINOSA PAO1 SOBRE LAS ENTEROBACTERIAS DE LA MICROBIOTA	1650

	INTESTINAL Y LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN UN MODELO DE OBESIDAD	
CP0324194	TOXICIDAD DEL NUCLEOPOLIEDROVIRUS MÚLTIPLE DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) MICROENCÁPSULADO CON BUTÓXIDO DE TITANIO (TIO2) SOBRE LARVAS DE SEGUNDO ESTADIO	1655
CP0324195	PROPUESTA DE VALOR DE LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO VARIEDAD CAVENDISH.	1660
CP0324196	INTERACCIÓN DE FERRITAS DE MAGNESIO Y GLICINA-BETAÍNA: UNA ALTERNATIVA PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE ZEA MAYS ANTE LA RESPUESTA AL ESTRÉS HÍDRICO	1665
CP0324197	APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PHYTOPHTHORA CINNAMOMI	1669
CP0324198	NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS CON CICLODIPÉPTIDOS: UNA ALTERNATIVA PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN Y EL DESARROLLO TEMPRANO DE SOLANUM LYCOPERSICUM	1673
CP0324199	SÍNTESIS DE BIOCARBÓN A PARTIR DE ASERRÍN Y SU APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE AZUL DE METILENO	1678
CP0324200	ANÁLISIS SOBRE LOS ASPECTOS NORMATIVOS PARA LA EXPORTACIÓN DE FRUTOS EN MICHOACÁN	1683
CP0324201	ESTUDIO DE LA HIDRÓLISIS TERMOQUÍMICA DE POLISACÁRIDOS DE BAGAZO DE AGAVE CUPREATA PARA LA OBTENCIÓN DE LICORES RICOS EN AZÚCARES	1688
CP0324204	PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS Y METALES PESADOS EN LA CUENCA DE CUITZEO	1693
CP0324205	EFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO EN MAÍZ HÍBRIDO Y CRIOLLO	1699
CP0324206	DESARROLLO DE UN OLFATOMETRO DE DOS VÍAS ACOPLADO A SPME-GC/MS PARA LA CAPTURA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES	1703
CP0324208	VARIACIÓN MOLECULAR DE LA ALFA-LATROTOXINA ENTRE ESPECIES DEL GÉNERO LATRODECTUS EN MÉXICO	1707

Mesa 4: Ciencias Sociales y Humanidades

CP0424101	DE LA PROPIEDAD SOCIAL A PEQUEÑA PROPIEDAD. DESPOJO Y NUEVA RURALIDAD: EL CASO DE LOS EJIDOS DE IRAPEO Y LA GOLETA, CHARO, MICHOACÁN	1712
CP0424103	¿COMPRAR O NO COMPRAR? ACTITUDES DE CONSUMO EN LA JUVENTUD	1717
CP0424104	PERCEPCIONES DEL ENDEUDAMIENTO EN UNIVERSITARIOS: UN ANÁLISIS DE ACTITUDES	1721
CP0424107	ASOCIACIÓN ENTRE LOS ESTADOS AFECTIVOS Y LA DEPENDENCIA A LA NICOTINA EN PERSONAS PRIVADAS DE LA LIBERTAD	1725
CP0424110	DERECHO Y ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DE LOS PUEBLOS MICHOACANOS EN EL SIGLO XIX	1730
CP0424112	EXPRESIÓN ARTESANAL, ESPECIO PÚBLICO E IDENTIDAD, EN CAPULA, MICHOACÁN, MÉXICO.	1733
CP0424114	ANÁLISIS DE DECISIONES EN ESTUDIANTES DEL ÁREA DE LA SALUD: PATRONES Y TENDENCIAS	1736
CP0424115	LA DESMITIFICACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS BASADO EN PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL CON ESTUDIANTES DE DOS ESCUELAS DE EDUCACIÓN PRIMARIA	1742
CP0424116	DISEÑO, APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CICLO DE TALLERES “PONTE LAS ALAS POR LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES” COMO ESTRATEGIA EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL	1747
CP0424117	BLEARNING EN UN CURSO DE LICENCIATURA DE LA UPN 161 MORELIA	1752

CP0424118	EL VIDEO COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA DIFUSIÓN DE TALLERES DE CARÁCTER CIENTÍFICO	1756
CP0424119	ALTERNATIVAS AMIGABLES CON EL AMBIENTE PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN VILLAS DE LA LOMA, ESTUDIO DE CASO	1762
CP0424120	BAHÍA MAGDALENA: DIPLOMACIA, PRENSA Y GEOPOLÍTICA EN LAS RELACIONES MÉXICO-ESTADOS UNIDOS	1767
CP0424123	COMUNIDADES RURALES Y SUS DEFICIENCIAS EDUCATIVAS EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES	1772
CP0424126	SENDERO INTERPRETATIVO DE AVES COMO ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA LAGUNA DE ZACAPU, MICHOACÁN	1779
CP0424130	PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS DE VIVIENDA	1783
CP0424135	ANÁLISIS DEL CLIMA SOCIAL FAMILIAR EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO	1788
CP0424137	PROGRAMA DE ELIMINACIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN LA FACULTAD DE BIOLOGÍA	1792
CP0424138	PROGRAMA DE CONCIENTIZACIÓN PARA LA ELIMINACIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN EL COLEGIO PRIMITIVO Y NACIONAL DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO DE LA UMSNH	1797
CP0424139	EL DESACATO DEL ESTADO MEXICANO HACIA LA FUNCIÓN CONTENCIOSA DE LA CORTE INTERAMERICANA TRADUCIDO EN UN IMPACTO JURÍDICO-SOCIAL	1802
CP0424140	LA VIVIENDA TRADICIONAL PURÉPECHA. VÍNCULOS ENTRE ESPACIALIDAD Y ECONOMÍAS DOMÉSTICAS. COCUCHO, MICHOACÁN.	1806
CP0424141	LA FALLA DEL DERECHO PENAL MEXICANO. EFECTOS NEGATRIVOS EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN DE LA PENA. VIOLACIONES A DERECHOS HUMANOS	1811
CP0424143	ÓRGANOS AUTÓNOMOS CONSTITUCIONALMENTE RECONOCIDOS EN MÉXICO	1817
CP0424145	LOS ADULTOS MAYORES APRENDEN LENGUAS EXTRANJERAS	1820
CP0424147	LA MÚSICA DE PROTESTA, ELEMENTO PEDAGÓGICO DE UNA SECUNDARIA POPULAR	1825
CP0424149	ANÁLISIS DEL NIVEL DE ANSIEDAD EN ALUMNOS UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO	1830
CP0424151	LAS CAPACIDADES DINÁMICAS COMO CLAVE DE LA VENTAJA COMPETITIVA EN LA OBRA PÚBLICA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEXICANA	1834
CP0424152	EL PAISAJE CULTURAL DEL VALLE DE GUADALUPE A PARTIR DE LOS CAMBIOS EN EL USO DE SUELO EN EL SIGLO XX	1841

Mesa 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

CP0524103	RESPUESTA INMUNOTORMBÓTICA DE LAS CÉLULAS ENDOTELIALES A LA PROTEÍNA SPIKE DEL VIRUS SARS-COV-2	1845
CP0524104	DESARROLLO DE ESTRATEGIAS ANTIMICROBIANAS CONTRA PATÓGENOS OPORTUNISTAS EMERGENTES DEL GÉNERO CANDIDA SPP.	1848
CP0524105	ACTIVACIÓN ENDOTELIAL POR LA PROTEÍNA SPIKE DEL SARS-COV-2 Y SU DOMINIO RBD: ACTOR CENTRAL EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA RESPUESTA INMUNOTROMBÓTICA EN COVID-19.	1851
CP0524107	EFECTO DE UN COMPLEJO DE INCLUSIÓN CICLODEXTRINA/DIHIDROPIRIDINA (DHP3) EN LA PREVENCIÓN DE LA CATARATA EX VIVO.	1855
CP0524109	VALIDACIÓN DE UN MÉTODO RT-QPCR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS ANTIGÉNICOS A Y B DEL VIRUS SINCITIAL RESPIRATORIO HUMANO EN MICHOACÁN, MÉXICO EN 2023-2024.	1859

CP0524110	DISEÑO DE UN NOVEDOSO SISTEMA QPCR MÚLTIPLEX PARA DETECTAR HONGOS MUCORALES PATÓGENOS EN MUESTRAS CLÍNICAS HUMANAS	1864
CP0524112	EL ÁCIDO LIPOICO Y LA BIOTINA COMO AGENTES NEUROPROTECTORES EN CAENORHABDITIS ELEGANS	1868
CP0524114	INHIBICIÓN DE ACETILCOLINESTERASA CON COMPLEJOS DE INCLUSIÓN CD-DHP2	1873
CP0524115	DISEÑO Y SÍNTESIS DE PÉPTIDOS DERIVADOS DE LA DEFENSINA PADEF DE AGUACATE NATIVO MEXICANO (PERSEA AMERICANA VAR. DRYMIFOLIA), Y EVALUACIÓN DE SU CITOTOXICIDAD EN LA LÍNEA CELULAR MCF-7 DE CÁNCER DE MAMA	1878
CP0524117	ESTIMULACIÓN COGNITIVA EN NIÑOS DE 8 A 11 AÑOS CON TDA Y/O HIPERACTIVIDAD MEDIANTE UN CIRCUITO BASADO EN EL ENTRENAMIENTO FUNCIONAL: A PROPÓSITO DE UN CASO	1883
CP0524118	EL IMPACTO DE LA ACETILACIÓN DE HISTONAS EN LA PATOGÉNESIS DE MUCOR LUSITANICUS	1888
CP0524121	ESTUDIO DE LA PARTICIPACION DE PROTEÍNAS HOMÓLOGAS A LA CODIFICA POR EL ORF91 DE PUM505 DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA EN LA VIRULENCIA	1893
CP0524123	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO DE LA ELECTROMIOGRAFÍA (ECG) EN TIEMPO REAL	1896
CP0524124	REGULACIÓN DE LA VÍA DE SEÑALIZACIÓN AMPC-PKA-PROTEÍNAS G HETEROTRIMÉRICAS EN LA VIRULENCIA INDUCIDA POR SUERO SANGUÍNEO EN MUCOR LUSITANICUS	1903
CP0524125	EFECTO DEL EXTRACTO DE JUSTICIA SPICIGERA EN RATAS INDUCIDAS A UN MODELO DE HGNA	1909
CP0524126	EFECTOS DE LA HIPERGLUCEMIA SOBRE LA CONDUCTA MATERNA EN RATAS	1914
CP0524127	LA IL-6 INDUCE PROPIEDADES METASTÁSICAS EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA LUMINAL MEDIANTE EL RECEPTOR GPR30	1919
CP0524128	IDENTIFICACIÓN DE MOLÉCULAS CITOTÓXICAS DEL EXTRACTO LIPÍDICO DE LA SEMILLA DE AGUACATE NATIVO MEXICANO	1924
CP0524130	EFECTO HIPOLIPEMIANTE Y ANTIOXIDANTE DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE MEDIANA POLARIDAD DE POTENTILLA INDICA EN UN MODELO EXPERIMENTAL DE DIABETES TIPO 2.	1929
CP0524131	PREVALENCIA DE DETERIORO COGNITIVO LEVE EN PACIENTES MAYORES DE 65 AÑOS DE EDAD.	1935
CP0524132	EFECTO DEL D-LIMONENO, ÁCIDO P- CUMÁRICO, ÁCIDO GÁLICO Y ÁCIDO ELÁGICO SOBRE LOS VALORES MORFOMETRICOS Y SERICOS EN RATAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA HIPERCALÓRICA	1939
CP0524133	SISTEMA DE APOYO PARA LA DETECCIÓN DEL CÁNCER DE PIEL MEDIANTE REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES	1944
CP0524134	EFECTO DE LOS NUTRACEÚTICOS BIOTINA Y ÁCIDO LIPOICO SOBRE LA NEURODEGENERACIÓN Y EL ESTRÉS OXIDANTE EN EL CEREBRO DE RATAS	1949
CP0524135	ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y ANTIOBESIGÉNICAS DE UNA TORTILLA ELABORADA A BASE DE MAÍZ NEGRO.	1953
CP0524136	EXPRESIÓN DE BCL-2 Y LA RELACIÓN DE STAT3 CON SOCS3 EN EL PRONÓSTICO DE PACIENTES CON LEUCEMIA AGUDA	1958
CP0524139	REVIVIENDO LA SABIDURÍA VERDE: EVALUACIÓN DEL USO Y LA INTEGRACIÓN DE LA HERBOLARIA EN LA FITOTERAPIA MODERNA	1963
CP0524140	EFECTOS DEL USO COMBINADO DE ACEITES ESENCIALES Y HIERBAS FRESCAS DE LA FAMILIA DE LA MENTA EN LA FUNCIÓN COGNITIVA Y LOS NIVELES DE ANSIEDAD	1967
CP0524141	ESTILO DE VIDA DE MADRES DE ESCOLARES CON OBESIDAD	1971

CP0524142	EFECTO MODULADOR DEL ACEITE DE AGUACATE SOBRE EL PORO DE TRANSICIÓN DE PERMEABILIDAD MITOCONDRIAL EN RATAS WISTAR ALIMENTADAS CON UNA DIETA ALTA EN GRASA Y FRUCTOSA	1985
CP0524143	RELACIÓN DE BETA-CATENINA CON LA METÁSTASIS EN PACIENTES CON CÁNCER DE MAMA	1990
CP0524144	ASOCIACIÓN DE N-CADHERINA CON FACTORES CLÍNICO-PRONÓSTICO DE CÁNCER DE MAMA	1996
CP0524145	EFECTO DEL ÁCIDO ANACÁRDICO EN LA PROLIFERACIÓN Y SECRECIÓN DE LA CITOCINA IFN-G EN CÉLULAS MONONUCLEARES DE SANGRE PERIFÉRICA HUMANA	2001
CP0524146	EFECTO DE LOS COMPUESTOS MAYORITARIOS DE CALLISTEMON CITRINUS SOBRE EL ESTRÉS OXIDANTE EN EL CEREBRO DE RATAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA HIPERCALÓRICA	2006
CP0524148	ESTUDIO DEL EFECTO DEL SUERO SANGUÍNEO Y EL ESTRÉS OXIDATIVO EN LA VIRULENCIA CONFERIDA POR EL SISTEMA TOXINA-ANTITOXINA PUMAB	2010
CP0524149	INHIBICIÓN ALOSTÉRICA DEL RECEPTOR 1 AL FACTOR DE NECROSIS TUMORAL ALFA, MEDIADO POR EL PÉPTIDO FKC	2015
CP0524150	RENDIMIENTO DE LA MEMORIA INCIDENTAL Y ACTIVIDAD ELÉCTRICA EN HIJOS DE PADRES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER	2020
CP0524156	ESTUDIO DEL PAPEL DEL ORF PA1622 EN LA VIRULENCIA DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA PA01	2025
CP0524160	EFECTO ANTIOXIDANTE DEL ÁCIDO GÁLICO, P-CUMÁRICO, ELÁGICO Y LIMONENO EN EL RIÑON DE RATAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA HIPERCALÓRICA.	2030
CP0524162	COMPARACIÓN DE LA PREVALENCIA DE CONDUCTAS ALIMENTARIAS DE RIESGO EN ESTUDIANTES DE NUTRICIÓN Y OTRAS LICENCIATURAS	2034

Mesa 6: Ciencias Exactas

CP0624101	APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DE PRECIPITACIÓN A CORTO PLAZO	2039
CP0624102	CARACTERIZACION GEOQUIMICA DEL VOLCÁN LOS ESPINOS	2043
CP0624103	DISEÑO DE UN MODELO DE IDENTIFICACIÓN MEDIANTE ADN PARA ESPECIES DE PINUS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN	2048
CP0624104	FACTORES QUE INTERFIEREN EN LA EXTRACCIÓN DE ADN DE MADERA DE PINUS ENDEMICOS DEL ESTADO DE MICHOACÁN	2052
CP0624105	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE ASTEROIDES EN EL TERRITORIO MEXICANO: AVANCES EN SIMULACIONES NUMÉRICAS	2056
CP0624107	IDENTIFICACIÓN DE VOUACAPANOS BENZOILADOS POR ANÁLISIS DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR	2061
CP0624108	CAMBIOS MORFO-FUNCIONALES DE AUGOCHLOROPSIS METALLICA COMO INDICADORES DE ESTRÉS AMBIENTAL A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL VOLCÁN DE TEQUILA, JALISCO	2066
CP0624109	EFECTOS DE LA FRAGMENTACIÓN DE LAS MONTAÑAS EN LA DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS TERRESTRES: UNA COMPARACIÓN A GRAN ESCALA MÉXICO-BRASIL.	2070
CP0624110	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE UNA MATERIA PRIMA RECICLADA	2074
CP0624111	EFECTO DE LA ADICIÓN DE DISOLVENTES EUTÉCTICOS PROFUNDOS EN LA ALINEACIÓN DE NANOFIBRAS PARA SISTEMAS DE LIBERACIÓN FARMACOLÓGICA CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA	2078
CP0624113	ENCRIPTACIÓN DE IMÁGENES MEDIANTE LA LLAVE GENERADA POR UN SISTEMA JERK DE TIPO DUFFING	2083
CP0624114	DERIVATIZACIÓN OXIDATIVA PARA LA OBTENCIÓN DE UN TRITERPENO HEXACÍCLICO	2088

CP0624115	INMOVILIZACIÓN DE LACASA Y ALDOSA REDUCTASA EN PARTÍCULAS MESOPOROSAS	2093
CP0624116	ESTUDIO QUÍMICO DE LAS HOJAS DE COULTERIA VELUTINA	2097
CP0624117	FORMILACIÓN DE VOUACAPANOS	2101
CP0624118	ESTUDIO IN SILICO DE NEOLIGNANOS DERIVADOS DE ARISTOLOCHIA GLOSSA PFEIFER.	2105
CP0624119	AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TRITERPENO MAYORITARIO DE PSITTACANTHUS CALYCULATUS PARASITANDO UNA ESPECIE DE CRATAEGUS	2109
CP0624122	APLICACIÓN DE LA TURBIMETRIA PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE EN RESINA DE PINUS DEVONIANA	2114
CP0624124	MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE UN GLUCÓSIDO DE CRISINA PARA LA OBTENCIÓN DE DERIVADOS CON POTENCIAL ACTIVIDAD BIOLÓGICA	2118
CP0624125	EXPLORACIÓN DEL ESPACIO QUÍMICO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS CON EL NÚCLEO PRIVILEGIADO DE TETRAZOL 1,5- DISUSTITUIDO MEDIANTE QUIMIOINFORMÁTICA Y MACHINE LEARNING	2123

Mesa 7: Migración. Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión

CP0724103	USO TRADICIONAL DE LOS MAMÍFEROS SILVESTRES EN UNA COMUNIDAD LACUSTRE	2126
CP0724105	INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LOS PROCESOS DE MOVILIDAD HUMANA	2132
CP0724106	SENTENCIA CON PERSPECTIVA DE GÉNERO. SIGNIFICADO Y ALCANCES	2136
CP0724107	IGUALDAD SUSTANTIVA Y EL PAPEL DE LA MASCULINIDAD TRADICIONAL.	2140
CP0724109	REFORMA AL PROTOCOLO ADMINISTRATIVO MIGRATORIO MEXICANO 2016. ATENDIENDO AL INTERÉS SUPERIOR DE LA NIÑEZ.	2143

Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias.

CP0824104	ANÁLISIS MULTIVARIANTE SOBRE PRÁCTICAS AMBIENTALES EN EL SECTOR PRODUCTIVO EN MÉXICO	2147
CP0824105	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA EN LAS COMUNIDADES PUR´ÉPECHAS: SAN FRANCISCO PICHÁTARO, SAN ÁNGEL DE ZURUMUCAPIO, TINGAMBATO, CARCAPAN Y NARANJA DE TAPIA	2153
CP0824109	MODELO NUMÉRICO WRF PARA PRONOSTICAR LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN	2158
CP0824110	ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LAS LLUVIAS DE JULIO DE 2024 EN MORELIA USANDO SIG-IBER	2164
CP0824113	DISEÑO DE EMPAQUE SUSTENTABLE: EMPAQUES DE TÉ LIBRES DE MICROPLÁSTICOS Y AMIGABLES AL MEDIO AMBIENTE	2169
CP0824114	CARACTERES MORFOMÉTRICOS Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS ENTRE PROCEDENCIAS DE PINUS PSEUDOSTROBUS	2174
CP0824117	MODELADO DE PROPIEDADES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE SUELOS DE CULTIVO USANDO MEDICIONES DE IMPEDANCIA ELÉCTRICA	2178
CP0824118	SEQUÍA METEOROLÓGICA Y AGRÍCOLA DE LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO	2183
CP0824119	PROPUESTA DE BOTE A CONTROL REMOTO PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE PRESAS Y LAGOS EN TIEMPO REAL Y TOMA DE MUESTRAS IN SITU.	2190
CP0824121	DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE FRECUENCIAS PARA LLUVIAS MÁXIMAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.	2195
CP0824122	AVANCES OPERATIVOS DE UN MÓDULO DEMOSTRATIVO ACUAPÓNICO DESACOPLADO DE PECES DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.	2201

CP0824124	ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN Y MUESTREOS PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES LOCALES DE SELVA BAJA EN LA REGIÓN DE PURUÁNDIRO.	2206
CP0824125	EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN SUELOS DE LA CUENCA DE SAN PEDRO JÁCUARO Y SAN ISIDRO ALTA HUERTA PARA DETERMINAR ACUMULACIÓN Y/O MOVILIZACIÓN DE ELEMENTOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES	2211
CP0824127	DETERMINACIÓN DE CAUDAL, ÁREA DE CAPTACIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE DOS MANANTIALES EN EL MUNICIPIO DE TACÁMBARO, MICHOACÁN, MÉXICO.	2215
CP0824128	ANÁLISIS DE PATRONES DE FLUJO Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO	2221
CP0824129	EVALUACIÓN DE SENSORES DE BAJO COSTO PARA EL MONITOREO DE PARTÍCULAS PM2.5 EN LA CIUDAD DE MORELIA.	2226
CP0824131	EFECTO DE INDUCTORES DE RESISTENCIA SOBRE EL DESARROLLO DE FRUTOS DE AGUACATE DE ÁRBOLES INFECTADOS CON AVSUNVIROID ALBAMACULAPERSEAE	2223
CP0824133	VALUACIÓN DEL PESTICIDA ORGÁNICO TANIKATA EN EL CONTROL DE PLAGAS DE FRUTALES DE MICHOACÁN	2237
CP0824134	MODELACIÓN HIDROLOGICA CON SWAT EN LA SUBCUENCA DE LA PRESA DE COINTZIO	2242
CP0824141	ANÁLISIS ANATÓMICO DE ÁRBOLES DE LA ESPECIE PINUS DEVONIANA ESTIMULADOS CON ÁCIDO BENZOICO	2247
CP0824142	CONTENIDO DE COMPUESTOS FENOLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE CORDIA ALBA	2251
CP0824143	INFESTACIÓN E INFECCIÓN DE LA ESPECIE PSITTACANTHUS CALYCULATUS EN LA CIUDAD DE MORELIA Y SUS ALREDEDORES	2254
CP0824145	CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA Y AGRÍCOLA EN MORELIA, MICHOACÁN	2258
CP0824150	CARACTERIZACIÓN DE LA TORRENCIALIDAD EN SUBCUENCAS DEL RÍO GRANDE	2263
CP0824151	EFECTO DEL FUEGO SOBRE LAS ESTRATEGIAS FUNCIONALES DE ESPECIES LEÑOSAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL ESTADO DE MICHOACÁN	2269
CP0824154	DISPOSICIÓN A PAGAR PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MORELIA	2274
CP0824156	AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADERO CON ACUAPONIA Y SISTEMA DE RIEGO	2279
CP0824158	USO DE AGUA DEL CULTIVO DE AGUACATE EN UNA ZONA DE ALTA PRODUCCIÓN MEDIANTE UN SISTEMA DE FLUJO DE SAVIA	2289

Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud.

CP0924101	ARTETERAPIA COMO TÉCNICA DE REDUCCIÓN DE LA ANSIEDAD.	2293
CP0924105	PERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE DISEÑO GRÁFICO. UN ESTUDIO EXPLORATORIO PARA IDENTIFICAR ESTILOS DE APRENDIZAJE Y DE PENSAMIENTO.	2297
CP0924106	PROGRAMAS ACADÉMICOS COMO MEDIO DE INCLUSIÓN EN LA SENSIBILIZACIÓN PARA EL NUEVO MODELO EDUCATIVO DEL TECNM	2303
CP0924107	FOMENTANDO LA INCLUSIÓN EDUCATIVA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA	2308
CP0924108	PROGRAMAS EDUCATIVOS BASADOS EN EL MANEJO DEL AGUA, LA BIODIVERSIDAD Y EL ENTORNO SOCIAL, UN NUEVO MODELO DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	2313
CP0924109	LA IMPORTANCIA DE APROPIARSE DEL ESPACIO PARA EL JUEGO EN NIÑOS Y NIÑAS	2318

CP0924110	EVITACIÓN EXPERIENCIAL Y DUELO COMPLICADO	2322
CP0924111	OBSTÁCULOS DE LOS DOCENTES DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, EN EL TRABAJO ACADÉMICO CON ADOLESCENTES CON ALGÚN TIPO DE DISCAPACIDAD; EN BUSCA DE ESTRATEGIAS PARA LA INCLUSIÓN	2326
CP0924113	METODOLOGÍA SIMPLIFICADA PARA LA EVALUACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS ESCOLARES	2331
CP0924116	EFECTOS DE UN TRATAMIENTO COGNITIVO CONDUCTUAL CON ATENCIÓN PLENA EN LA AUSENCIA DE REACTIVIDAD DE FUMADORES DE TABACO.	2336
CP0924117	EVALUACIÓN DEL DAÑO ACUMULADO PARA ESTRUCTURAS UBICADAS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN DEBIDO A SECUENCIAS SÍSMICAS	2340
CP0924118	APLICACIÓN DE LA TERMOMETRÍA PARA LA ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA	2345
CP0924121	LA SALUD PENITENCIARIA EN MICHOACÁN: UN SECTOR PRECARIO	2349
CP0924124	CHATGPT COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA DE DATOS APLICADA AL LABORATORIO DE FÍSICA	2354

Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital.

CP1024101	INNOVACIONES SOCIO TECNOLÓGICAS EN PRODUCTORES AGROALIMENTARIOS DE LA REGIÓN ORIENTE DE MICHOACÁN, REFLEXIONES DESDE LAS ECONOMÍAS ALTERNATIVAS	2359
CP1024102	ANÁLISIS DE LA ESTRATIFICACIÓN ECONÓMICA EN MÉXICO: IMPACTO DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA EN LAS REGIONES NORTE, CENTRO Y SUR, EN EL CONTEXTO LIBERALISTA DE LA ECONOMÍA MEXICANA.	2363
CP1024108	ELABORACIÓN DE UN PAN DE CAJA COMO ALIMENTO FUNCIONAL ENRIQUECIDO CON JÍCAMA (PACHYRHIZUS EROSUS)	2368
CP1024109	RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL MANGO (MANGIFERA INDICA L.) DE MANEJO ESPECIAL.	2373
CP1024112	TEJIENDO SABERES: EDUCACIÓN RURAL E INCORPORACIÓN INDÍGENA EN EL DISTRITO DE PÁTZCUARO 1921-1928	2377
CP1024113	OPTIMIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE DOCUMENTOS DIGITALES EN LA DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y ESTADÍSTICA: IMPACTO EN LA ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SOPORTE DIGITAL	2383
CP1024116	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE: MAGNETITA (FE_3O_4), CELULOSA Y QUITOSANO, PARA SU USO COMO MATERIAL ANTIMICROBIANO EN EL ÁREA BIOMÉDICA	2402
CP1024118	MÁQUINA DE RESISTENCIA A LA FATIGA EN PERFILES ALARES	2406
CP1024119	DE RESIDUO TÓXICO A RECURSO BIOLÓGICO RENOVABLE: LA REVALORIZACIÓN DE LA VINAZA TEQUILERA.	2412
CP1024120	OPTIMIZACIÓN EN LA EFICIENCIA DE UN LED PARA MINIMIZAR PÉRDIDAS POR CALOR	2417
CP1024122	ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE PLEUROTUS OSTREATUS EN BAGAZO DE AGAVE CUPREATA COMO SUSTRATO	2421

Mesa 11: Experiencias de vinculación e integración del conocimiento con las necesidades del Estado.

CP1124104	MONITOREO VOLCÁNICO EN LA REGIÓN TANCÍTARO-PARICUTÍN: INTEGRACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO PARA LA SEGURIDAD Y EL DESARROLLO DEL ESTADO	2425

Ponencias Virtuales
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

CV0224103	PLATAFORMA PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA ENSEÑANZA DE LA ROBÓTICA DE ENJAMBRE BASADA EN MINIDRONES	2429

CV0224104	IMPLEMENTACIÓN DE SIMULACIÓN POR ELEMENTO FINITO EN LA ENSEÑANZA DE LAS TEORÍAS DE FALLA ESTÁTICA	2434
CV0224108	IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DIGITAL DE UN HORNO ELÉCTRICO	2438
CV0224109	PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMPUESTOS: MELAZA Y RESIDUOS DE PROCESAMIENTO DE MANGO	2443

Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

CV0324103	APLICACION DE JABONES COMERCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO IN VITRO DE HONGOS FITOPATOGENOS	2447
CV0324104	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GERMINATIVO DE LENTEJA VERDE (LENS CULINARIS M.) Y SU EFECTO SOBRE EL ÍNDICE GLUCÉMICO	2450
CV0324105	EFECTOS DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC EN EL DESARROLLO VEGETAL Y LA DINÁMICA DE CLOROFILA EN ZEA MAYS: UNA EXPLORACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN AGRICULTURA.	2452

Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

CV0424101	FIGURA DE FISCAL SPONSOR EN MÉXICO: EL CASO DE ESTUDIO DE DAKSHINA AC	2456
CV0424102	VARIABLES PSICOLOGICAS Y CONDUCTAS SEXUALES DE RIESGO EN ESTUDIANTES DE PREPARATORIA	2460
CV0424103	FACTORES QUE PROPICIAN EMBARAZOS EN ADOLESCENTES DE 12 A 17 AÑOS EN UNA COMUNIDAD DE MICHAOCAN	2464
CV0424104	CERTEZA JURÍDICA POR MEDIOS ELECTRÓNICOS EN LA CONTRATACIÓN DE SEGUROS PRIVADOS EN MICHOACÁN DURANTE LA PANDEMIA (2020-2021)	2467
CV0424105	GENERALIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS DE DERECHO MERCANTIL EN EL ESTADO DE MICHOACÁN	2471
CV0424106	DISOLUCIÓN Y NUEVAS ESPACIALIDADES DEL TRABAJO EN AMÉRICA Y EL MUNDO	2474
CV0424107	EVOLUCIÓN DE LA POLÍTICA INSTITUCIONALPARA ATENDER LA VIOLENCIA DE GÉNERO EN LA CASA DE HIDALGO. 2011-2024	2476
CV0424108	ANSIEDAD EN UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO DURANTE LA PANDEMIA Y POSTPANDEMIA	2479
CV0424110	COMPETENCIA DIGITAL: UN ASPECTO FUNDAMENTAL DENTRO DE LA FORMACIÓN EN UN PROGRAMA DE ESTUDIOS EN LÍNEA	2483

Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

CV0524102	COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD EEG EN LA BANDA THETA DURANTE EL APRENDIZAJE INTENCIONAL Y RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN VISUOESPACIAL EN ADULTOS SANOS DESCENDIENTES DE PADRES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER Y NO DESCENDIENTES	2488

Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión

CV0724101	ACCIONES AFIRMATIVAS COMO CATALIZADORES DE LA IGUALDAD SUSTANTIVA: UN ANÁLISIS CRÍTICO	2594
CV0724102	CONVICCION O CONSTITUCIONALIZACION, PARA GARANTIZAR LA ALTERNANCIA EN LOS PODERES EJECUTIVO Y JUDICIAL FEDERAL Y ESTATAL	2500

Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

CV0824103	LA GOBERNANZA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: PERSPECTIVAS GLOBALES	2504

CV0824107	INCENDIOS EN LOS MUNICIPIOS DE MICHOACÁN EN 2024 A PARTIR DE DATOS VIIRS	2510
CV0824109	IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS MODELIZANDO LA HIDRODINÁMICA EN UNA DIMENSIÓN	2515
CV0824110	IMPORTANCIA DE LOS MODELOS DE CONVENIENCIA DE HÁBITAT EN LA SIMULACIÓN DEL HÁBITAT FÍSICO FLUVIAL PARA DETERMINAR CAUDALES ECOLÓGICOS	2520

Mesa 10. Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

CV1024101	HIDRÓGENO VERDE EN MÉXICO ¿DESARROLLO SOSTENIBLE PAR EL PAÍS?	2526

Mesa 11. Experiencias de Vinculación e Integración del Conocimiento con las Necesidades del Estado

CV1124101	LA VIOLENCIA CONTRA LA MUJER: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EN URUAPAN, MICHOACÁN	2531

13º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán
Mesa EN-1. Ciencias Naturales y de Materiales

EN0124101	ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES EN UN MANANTIAL ANTROPIZADO EN MICHOACÁN, MÉXICO	2536
EN0124102	EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS POR PSEUDOMONAS REPTILIVORA UTILIZANDO GLICEROL A NIVEL MATRAZ	2541
EN0124103	EVALUACIÓN DEL EFECTO MICROBICIDA EN BIOPELÍCULAS ENRIQUECIDAS CON EXTRACTO DE CÁSCARA DE GRANADA (PUNICA GRANATUM)	2546
EN0124104	SÍNTESIS CARBÓN ACTIVADO DE COCO PARA SU USO EN LA PURIFICACIÓN DE BIODIESEL	2551
EN0124105	OBTENCIÓN DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN ASOCIADOS A CICLONES TROPICALES EN EL MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN	2557
EN0124113	NANOFIBRAS DE ALCOHOL POLIVINÍLICO COMO SISTEMA DE LIBERACIÓN PROLONGADA DE METFORMINA	2562
EN0124121	MECANISMO DE DISOLUCIÓN DE CENIZAS VOLANTES EN MEDIO ALCALINO PARA LA FORMACIÓN DE GEOPOLÍMEROS	2567

Mesa EN-2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

EN0224101	DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE COGENERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE BIOMASA	2572
EN0224102	CORRELACION DE INDICES SATELITALES E IN SITU PARA LA DETECCIÓN DE SEQUIAS	2577
EN0224106	INTERFAZ GRÁFICA INTERACTIVA PARA EL ANÁLISIS DE ARMÓNICAS EN REDES ELÉCTRICAS	2583
EN0224107	SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ANDAMIOS DE BIOVIDRIO CEL2 PARA LA REGENERACIÓN ÓSEA	2588
EN0224108	EVALUACIÓN OPERACIONAL DE LA INTEGRACIÓN DE TRÁILERES AUTÓNOMOS Y CONECTADOS EN UN SEGMENTO BÁSICO DE AUTOPISTA EN MÉXICO	2593
EN0224110	MODELACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EMPLEANDO LA DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL	2600
EN0224115	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL EFICIENTE PARA LA GESTIÓN DE ENERGÍA EN BATERÍAS DE LITIO	2605
EN0224117	MEMBRANAS NANOESTRUCTURADAS DE CELULOSA PARA LA REMOCIÓN DE MICRO-IMPURECEZAS EN AGUA	2611

EN0224120	MODELOS INTERACTIVOS PARA TRANSFORMAR LA ENSEÑANZA Y PROMOVER UN APRENDIZAJE ACTIVO EN BIOLOGÍA CELULAR	2616
EN0224123	OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO DE RIEGO 075 RÍO FUERTE	2621
EN0224124	REPARACIÓN DE LA EAI 185 HYBRID COMPUTER PARA LA RESOLUCIÓN DE SISTEMAS FÍSICOS	2628
EN0224126	EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE PUENTES EN CURVA	2632

Mesa EN-3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

EN0324102	ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y CRECIMIENTO CELULAR DE CHLORELLA SOROKINIANA EN RESPUESTA A VARIACIONES DE LUZ, CO2 Y NITRATO EN FOTOBIORREACTOR	2638
EN0324103	EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CLOROFILA A, B Y CRECIMIENTO CELULAR EN MICROALGAS BAJO VARIACIONES EN LUZ Y CO2 PARA EL ANÁLISIS FISIOLÓGICO DE ESTRÉS	2643
EN0324104	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA ACTIVIDAD BACTERICIDA DE EXTRACTOS INTRACELULARES DE LA MICROALGA CHLORELLA SOROKINIANA A NIVEL FOTOBIORREACTOR	2649
EN0324106	ACTIVIDAD LIPÁSICA EXTRACELAR A NIVEL MATRAZ MEDIANTE DISEÑO PLACKET-BURMAN EN LA MICROALGA CHLORELLA SOROKINIANA	2654
EN0324109	EVALUACIÓN DEL USO DE GLICEROL COMO FUENTE DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS POR PSEUDOMONAS REPTILIVORA B-6BS EN UN BIORREACTOR DE TANQUE AGITADO.	2662
EN0324113	SECUESTRO DE CARBONO MEDIANTE BIOCHAR Y SU APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE FRESA (FRAGARIA SP.) HIDROPONICA	2668
EN0324114	GESTION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN AGRICULTURA DE INVERNADEROS	2674
EN0324117	APLICACIÓN DE FISCHERELLA SP. EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.	2679
EN0324118	INFLUENCIA DE LA SACAROSA EN LA CAPTACIÓN DE HIERRO EN ARABIDOPSIS THALIANA	2684
EN0324121	PROCESAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE BAGAZO Y GUAYABA	2690
EN0324122	EFECTO DEL EXTRACTO DE MICROALGAS ASOCIADAS A RAÍCES DE PLANTAS EN EL CRECIMIENTO DE SOLANUM LYCOPERSICUM IN VITRO	2695
EN0324125	DESARROLLO DE UN REFRESCO PROBIÓTICO DE MANGO A PARTIR DE CEPAS DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS AISLADAS DEL MANGO	2700
EN0324126	EFECTO DE UN EXTRACTO LIPÍDICO DE LA SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA VAR. DRYMIFOLIA) SOBRE LA FORMACIÓN DE BIOFILM EN STAPHYLOCOCCUS AUREUS	2704
EN0324127	IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE HONGOS ASOCIADOS A LA ENFERMEDAD CANCRO Y GOMOSIS EN ÁRBOLES DE LIMÓN MEXICANO EN MICHOACÁN	2709
EN0324129	EFECTO DE PSEUDOMONAS CHLORORAPHIS SOBRE LA INTOXICACIÓN PRODUCIDA POR GLICEROL EN ARABIDOPSIS THALIANA	2714
EN0324130	AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LEVADURAS ENDÓFITAS DE LAS PLANTAS ORNAMENTALES DE HIBISCUS COCCINEUS Y PELARGONIUMHORTORUM Y EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ETANOL	2720
EN0324132	POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE EXTRACTOS LIPÁSICOS INDUCIDOS CON ACEITE DE OLIVA PROVENIENTES DE CANDIDA TROPICALIS INMOVILIZADOS EN ALGINATO DE SODIO	2724
EN0324133	ESTUDIO DEL VALOR NUTRICIONAL DE FÓRMULAS DE HELADO FUNCIONAL A BASE DE PSIDIUM GUAJAVA PARA DAR VALOR AGREGADO A LA PRODUCCIÓN DE TAHUEJO, MICHOACÁN	2730

EN0324134	EVALUACIÓN DE CANDIDATOS INDUCTORES DE LA RESPUESTA INMUNE ENTRENADA EN CÉLULAS POLIMORFONUCLEARES DE BOVINOS	2736
EN0324135	AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO DE LA ZONA ORIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN	2741
EN0324136	TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL ÁMBITO AGROPECUARIO COMO UNA ESTRATEGIA DE PRECISIÓN	2746
EN0324139	EFECTO DE STENOTROPHOMONAS RHIZOPHILA EN PHASEOLUS VULGARIS Y NH4NO3 AL 50%+	2750
EN0324140	RESPUESTA DE PHASEOLUS VULGARIS A METHYLOBACTERIUM SYMBIOTICUM Y EL NH4NO3 AL 50%+	2755
EN0324142	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN SISTEMA COLOIDAL A BASE DE NANOESTRUCTURAS DE ÓXIDOS METÁLICOS EN EL DESARROLLO DE ALTERNARIA PORRI, PARA LA PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD MANCHA PÚRPURA EN CULTIVOS DE ALLIUM CEPA L (CEBOLLA)	2761
EN0324144	INMUNIDAD ENTRENADA: DETERMINACIÓN DE LA MULTIPLICIDAD DE INFECCIÓN DE LAS VACUNAS BOVIGEN TOTAL SE® Y BRUCELOSIS RB-51® EN MONOCITOS THP-1	2766

Mesa EN-4. Ciencias Sociales y Humanidades

EN0424104	APLICACIÓN DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN SSPI Y DE LA TRIPLE HÉLICE PARA RESOLVER LA PROBLEMÁTICA DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO: MOTOR DE CRECIMIENTO ECONÓMICO PARA LA REGIÓN SIERRA-COSTA DEL ESTADO DE MICHOACÁN	2771
EN0424107	IMPORTANCIA EN LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE	2775
EN0424108	DEMOSTRAR LAS CAPACIDADES DE UTILIZAR LAS HERRAMIENTAS IA PARA LOS PROCESOS CREATIVOS DE DISEÑADORES GRÁFICOS.	2780
EN0424109	EL DISEÑO DE FANZINES. UNA HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS SEMIÓTICO DE PELÍCULAS DEL CINE INDEPENDIENTE.	2785
EN0424111	DETRÁS DEL AULA: REFLEXIONES Y PENSAMIENTOS DE LOS PROFESORES EN PSICOLOGÍA	2792
EN0424113	LA PREVALENCIA DE LA ADICCIÓN A REDES SOCIALES DE LOS ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DE MORELIA, MICHOACÁN	2796
EN0424114	IMPACTO DEL MITO DEL AMOR ROMÁNTICO EN LA CONFIGURACIÓN DE LAS RELACIONES DE NOVIAZGO DE UNIVERSITARIOS	2801
EN0424115	IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO NUTRIMENTAL EN TRABAJADORES Y MANIPULADORES DE AGROQUÍMICOS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL, EN MICHOACÁN	2805
EN0424116	CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE RIESGO DE DEPENDENCIA A REDES SOCIALES EN UNIVERSITARIOS	2809
EN0424118	PROMOCIÓN DEL AUTOCUIDADO EN LA NIÑEZ	2814
EN0424119	¿QUÉ PIENSAN LOS ESTUDIANTES PROXIMOS A EGRESAR SOBRE EGRESO, EMPLEO Y TRABAJO?	2819
EN0424120	DIFERENCIAS EN LA ALIMENTACIÓN CONSCIENTE ENTRE HOMBRES Y MUJERES ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS	2825
EN0424122	ANÁLISIS DE LAS FINANZAS PUBLICAS DE CIUDAD HIDALGO , MICHOACÁN	2830
EN0424125	METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO SUSTENTABLE: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	2834
EN0424129	REVISIÓN Y REESCRITURA DEL ARTÍCULO ACADÉMICO-CIENTÍFICOS: UN ENFOQUE ASISTIDO POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	2839
EN0424131	NIVEL DE ANSIEDAD EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE LA FACULTAD DE PSICOLOGÍA DE LA UMSNH DE 18 A 24 AÑOS	2843
EN0424132	LIBROS PEQUEÑOS CON GRANDES DESCUBRIMIENTOS: ITINERARIO LECTOR DE EMOCIONES.	2847
EN0424133	LIBRERO DIGITAL PARA PEQUEÑOS Y GRANDES LECTORES DEL MUNDO Y LA CIENCIA	2853

EN0424136	LAS REPERCUSIONES EN EL EJERCICIO DE LA MATERNIDAD ANTE UN HIJO CON CÁNCER	2858
EN0424137	ESTUDIO SOBRE LA INSATISFACCIÓN DE LA IMAGEN CORPORAL Y EL IMC EN ESTUDIANTES DE LA UMSNH	2863
EN0424138	APLICACIÓN DE ACELERADORES MECÁNICOS PARA LA ENSEÑANZA	2868
EN0424139	MEDIACIÓN LECTORA EN CONTEXTOS FAMILIARES Y EDUCATIVOS	2873

Mesa EN-5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

EN0524101	PROPUESTA DE IDENTIFICACIÓN PRESUNTIVA DE PATÓGENOS OPORTUNISTAS EMERGENTES DEL GÉNERO CANDIDA SPP	2878
EN0524102	AUTOEXPLORACIÓN DE LA CAVIDAD ORAL COMO ESTRATEGIA DE DIAGNOSTICO OPORTUNO DEL CANCER ORAL.	2881
EN0524103	CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE INSATISFACCIÓN CORPORAL EN JÓVENES UNIVERSITARIOS	2886
EN0524104	LA DEPLECIÓN DE LA MICROBIOTA EN COMBINACIÓN CON EL ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL AUMENTA LA ACTIVACIÓN MICROGLIAL EN LA CORTEZA PREFRONTAL DE RATAS JUVENILES SOMETIDAS A UNA LESIÓN CEREBRAL TRAUMÁTICA	2891
EN0524105	EL ESTRÉS TEMPRANO AUMENTA LA ACTIVACIÓN MICROGLIAL EN LADO CONTRALATERAL DESPUÉS DE UNA LESIÓN CEREBRAL TRAUMÁTICA EN RATAS HEMBRAS.	2897
EN0524106	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA ACTIVIDAD BACTERICIDA EN EXTRACTOS DE HAEMATOCOCCUS PLUVIALIS A NIVEL LABORATORIO	2903
EN0524107	RELACIÓN DE HEMATURIA MACROSCÓPICA CON LITIASIS EN VÍAS URINARIAS EN EL PACIENTE PEDIÁTRICO	2908
EN0524108	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS EXTRACTOS INTRACELULARES DE HAEMATOCOCCUS PLUVIALIS A NIVEL LABORATORIO	2912
EN0524109	EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BACTERICIDA DE EXTRACTOS OBTENIDOS A PARTIR DE CHLORELLA SOROKINIANA.	2918
EN0524111	FRECUENCIA DE EXPERIENCIAS INFANTILES ADVERSAS EN UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR EN MEXICO	2923
EN0524112	COVID-19 DE LARGA DURACIÓN Y LA PREVALENCIA DE ALTERACIONES HEPATICAS EN PACIENTES GERIATRICOS	2928
EN0524113	PREVALENCIA DE CEPAS RESISTENTES A FLUCONAZOL DE CANDIDA KRUZEI EN AISLADOS DE MUESTRAS URINARIAS EN PACIENTES DE DIABETES MELLITUS DE TIPO II	2932
EN0524114	LA SEPARACION MATERNAL Y LAS LESIONES CEREBRALES INDUCEN ALTERACIONES EN LA EMOCIONALIDAD Y LA COGNICION EN RATAS OVARIECTOMIZADAS	2934
EN0524115	IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MUCORALES EN MUESTRAS POSITIVAS A COVID-19	2938
EN0524116	HEMATURIA MACROSCÓPICA Y SU ASOCIACIÓN CON LA UROLITIASIS EN PACIENTES PEDIÁTRICOS.	2943
EN0524118	ELABORACIÓN DE UNA BOTANA PROTEICA A BASE DE AVENA, SOYA Y AJONJOLÍ PARA NIÑOS CON DESNUTRICIÓN CALÓRICO-PROTEICA.	2948
EN0524119	EFECTO CITOTÓXICO DE UN EXTRACTO LIPÍDICO (LEAS) DE LA SEMILLA DE AGUACATE NATIVO MEXICANO (PERSEA AMERICANA VAR. DRYMIFOLIA) EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA TRIPLE NEGATIVO	2953
EN0524121	PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA A PIRAZINAMIDA EN CEPAS DE M. TUBERCULOSIS AISLADAS EN MICHOACÁN.	2958
EN0524124	LA TRANSFERENCIA DE MICROBIOTA INTESTINAL DE ANIMALES ESTRESADOS NO AFECTA LA NEUROGÉNESIS EN EL HIPOCAMPO EN RATAS ADULTAS.	2963

EN0524125	SÍNTESIS DE ÁCIDOS CUMÁRICOS MEDIANTE ACOPLAMIENTO DE HECK PARA SU USO COMO INHIBIDORES DE LA ENZIMA COX-2	2967
EN0524126	EFECTO DEL DIAZÓXIDO Y EL EJERCICIO DE MODERADA INTENSIDAD SOBRE LA FUNCIÓN DE MITOCONDRIAS AISLADAS DE MÚSCULO ESQUELÉTICO DURANTE LA OBESIDAD	2972
EN0524127	ESTUDIO DE REACTIVIDAD PLAQUETARIA EN PACIENTES CON PROCESOS INFLAMATORIOS	2977
EN0524128	ESTUDIO IN SILICO DEL ÁCIDO 4-AMINO-4-(4´-METOXIFENIL)BUTANOICO FRENTE AL RECEPTOR GABAB	2981
EN0524129	ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES ESTRUCTURALES DE LA PROTEÍNA DEL FACTOR DE VON WILLEBRAND EN PACIENTES RECUPERADOS DE COVID-19 Y PACIENTES CON COVID-19 PROLONGADO.	2986
EN0524132	BÚSQUEDA DE POTENCIALES INHIBIDORES DE PAD2 IDENTIFICADOS POR ACOPLAMIENTO MOLECULAR PARA EL TRATAMIENTO DE ESCLEROSIS MÚLTIPLE	2990

Mesa EN-6. Ciencias Exactas

EN0624101	SÍNTESIS SOSTENIBLE DE BISINDOLES: APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE	2995
EN0624104	ALTERACIONES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y LARVARIO POR EFECTO SUBLETAL DEL NITRATO DE SODIO DEL AJOLOTE DE PÁTZCUARO (AMBYSTOMA DUMERILII).	2999
EN0624106	SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA HETEROCÍCLICO INDOL-TETRAZOL 1,5-DISUSTITUIDO VÍA UNA REACCIÓN DE MULTICOMPONENTES DE ALTO ORDEN Y SU ESTUDIO DE ACTIVIDAD CITOTÓXICA HACIA LA LÍNEA CELULAR MCF-7	3004
EN0624107	SÍNTESIS DE NUEVOS ANÁLOGOS ESTRUCTURALES DEL FÁRMACO IMATINIB VÍA REACCIONES DE MULTICOMPONENTES DE UGI CLÁSICA.	3010
EN0624108	ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD QUÍMICA DEL SISTEMA BIS-PROPARGIL TETRAZOL-1,5-DISUSTITUIDO PARA LA OBTENCIÓN DE MOLÉCULAS POTENCIALMENTE BIOACTIVAS	3014
EN0624109	SEMISÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA BIS-INDOL-VOUACAPANO VÍA UNA REACCIÓN DE FRIEDEL-CRAFTS A PARTIR DE CAESALPINIA PLATYLOBA	3019
EN0624110	SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA HÍBRIDO HETEROCÍCLICO PIRROL-TETRAZOL MEDIANTE UNA REACCIÓN CLAUSON-KAAS/UGI-AZIDA	3023
EN0624111	SÍNTESIS ASIMÉTRICA DE β-HIDROXICETONAS CATALIZADA POR L-PRO . PDCL 2 L-PRO	3028
EN0624112	SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA BIS-TRIAZOL-TETRAZOL VÍA UNA SECUENCIA EN CASCADA: RMC DE ALTO ORDEN/ CICLOADICIÓN ALQUINO-AZIDA CATALIZADA CON COBRE (CUAAC).	3032
EN0624116	EL PARÁMETRO DE APANTALLAMIENTO DE ELECTRONES ATÓMICOS	3037

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CC0124103

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES MEDIANTE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DE LA SEMILLA DE TEJOCOTE

Alex Valencia Sánchez[1], Brayan González Mondragón[2], Sandra Manzo Valencia[3]

1 Colegio de Bachilleres del Estado de Michoacán, Plantel El Rosario

2 Colegio de Bachilleres del Estado de Michoacán, Plantel El Rosario; sandramvbiol17@gmail.com

3 Colegio de Bachilleres del Estado de Michoacán, Plantel El Rosario; sandramav17@gmail.com

Palabras Clave: (Adsorción, remoción de contaminantes, tejocote, filtro casero, carbón activado)

RESUMEN. En la actualidad existe una preocupación ambiental, ya que varias de las acciones humanas provocan una alteración en la calidad del agua, poniendo en riesgo el mantenimiento y continuación de la vida en la Tierra, por lo que es importante el tratamiento de aguas para la eliminación de contaminantes. Mediante el desarrollo del presente proyecto se realizó un filtro casero utilizando carbón activado obtenido de la semilla del tejocote (*Crataegus mexicana*), el cual se empleó para remover contaminantes de disoluciones acuosas. Para la obtención del carbón, se recolecto tejocote de la comunidad El Rosario, municipio de Ocampo, en donde se utilizó solo la semilla. Para que tuviera un pH neutro, se lavaron con jabón a base de quelatos. A continuación, se pasaron a una estufa para quitar todo tipo de humedad y se llevó a los 450°C para el proceso de carbonización. Para la realización del filtro se unieron diferentes tubos PVC de 3" y 2.5", se colocaron capas de diferentes sustratos, entre ellos, arena, grava, carbón activado de semilla de tejocote y semilla de tejocote, algodón y filtro. Para determinar la cinética de remoción de contaminantes se llevó a cabo el paso de agua por el filtro, mediante experimentos de contacto con una disolución de contaminantes (disolución acuosa), a diferentes tiempos (01-45 minutos), a diferente velocidad de flujo y a una temperatura de 25 °C. Los resultados obtenidos en los experimentos de contacto, se observa una clara remoción de contaminantes, en particular cuando el flujo es lento, es decir existe un incremento de la remoción conforme se aumenta el tiempo de contacto, donde se obtiene remoción hasta del 86% de los contaminantes; esto se debe a que los materiales del filtro tienen una estructura porosa la cual le permite atrapar y retener los contaminantes, mediante la adsorción y absorción adhiriéndose a su superficie.

INTRODUCCIÓN. El agua es fundamental para todos los seres vivos, para el mantenimiento y la continuación de la vida en la Tierra. En la actualidad, el agua se ha convertido en un recurso preciado, debido al aumento de la población y a la globalización, que traen como consecuencia una mayor demanda de agua, aunado a ello mayor escasez, deterioro de la calidad del líquido y contaminación a gran escala, causados por las actividades industriales, agrícolas y domésticas, que generan aguas residuales que contienen contaminantes inorgánicos y orgánicos (Bhatnagar y Sillanpaa, 2009). Por lo anterior, es importante el tratamiento de aguas para la eliminación de contaminantes, para lo cual se han utilizado números métodos, que dependen de la naturaleza de éstos. Sin embargo, el proceso de adsorción a menudo se considera más adecuado, ya que puede eliminar contaminantes inorgánicos y orgánicos (Bhatnagar y Sillanpaa, 2009). La biosorción se está convirtiendo en un método emergente y en una técnica efectiva de tratamiento

de aguas residuales (Zhang, Xia, Teng, Liu, y Zhang, 2013), que permite la captación activa o pasiva de iones, debido a la propiedad que diversas biomasas poseen para enlazar y acumular contaminantes por diferentes mecanismos. En este caso se utilizó el tejocote, originario de México. Este fruto proviene del árbol *Crataegus mexicana* que pertenece a la familia de las Rosáceas. Su nombre proviene del náhuatl *Texócotl,* compuesto por *tetl*, que quiere decir piedra, y *xocotls*, que significa fruto de sabor agridulce. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020), la semilla es desechada por la industria del ate, y en la comunidad no se le da uso a este recurso. El Colegio de Bachilleres del Estado de Michoacán (COBAEM) plantel El Rosario pretende marcar una diferencia local, que impacte de forma estatal y nacional, atendiendo a una de las necesidades imperiosas y que van de la mano con la industrialización de la sociedad, la cantidad y calidad de agua, la disminución de la calidad de agua, con ello la amenaza para la salud y el bienestar de los seres vivos.

ANTECEDENTES

Los seres humanos están expuestos a contaminantes orgánicos e inorgánicos sufriendo los efectos tóxicos de los compuestos, debido a la contaminación del agua superficial y subterránea (Mandal y Suzuki, 2002), por lo tanto, el tratamiento de las aguas es un tema de suma importancia (Kumar y Lee, 2013). A lo largo del tiempo, se han desarrollado diferentes técnicas para reducir los contaminantes del agua, entre ellas la destilación solar, la osmosis inversa y el paso del agua contaminada por mantos filtrantes de propiedades adsorbentes (Sato et al. 2002; Yan et al. 2002). El estudio de biocomposites es uno de los campos de investigación más atractivos debido a la biodegradabilidad y a que son compatibles con el medio ambiente (Wang, Zhu, Yao y Wilkie, 2002). El uso de biosorbentes para la eliminación de contaminantes tóxicos del agua, es uno de los métodos más recientes desarrollos para la eliminación de contaminantes el medio ambiente. Algunos de los trabajos que se han llevado a cabo son el de Herrera-Ruiz (2015), que utilizó semillas de guayaba (*Psidium guajava*) modificadas con hierro para remover arsénico de disoluciones acuosas. Actualmente, no se han llevado a cabo estudios sobre con carbón activado obtenido de la semilla de tejocote para remover contaminantes del agua, por lo cual este trabajo contribuirá a la descripción del filtro y caracterización del material y su capacidad para remover contaminantes, por lo que este proyecto está enfocado en atender las necesidades de la comunidad, utilizando un filtro casero para la bioadsorción de los contaminantes.

OBJETIVOS

Generar un prototipo de filtro casero que contenga carbón activado sintetizado a partir de la semilla de tejocote *(Crataegus mexicana*), para la eliminación de contaminantes de disoluciones acuosas. Socializar la propuesta socio-ambiental con la comunidad para que conozcan su uso, beneficios e importancia para la salud y el medio ambiente.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Cantidad	Material	Cantidad	Material
40 g	Quitosano	1	Tubo PVC 3”
20 g	Hidróxido de sodio	1	Tubo PVC 2.5”
250 g	Semilla de tejocote	1	Tapa PVC 3”
10 ml	Vinagre	1	Tapa PVC 2.5”
1 L	Agua destilada	1	Adaptador de PVC 2.5”
50 g	Arena	500 cm^2	Filtro para café
50 g	Grava	20 g	Algodón

Tabla 1. *Materiales utilizados en la experimentación.*

OBTENCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO. Para la obtención del carbón, se recolecto tejocote de la región, en donde se utilizó solo la semilla. Para que tuviera un pH neutro, se lavaron con jabón a base de quelatos y se enjuagaron con agua destilada. A continuación, se pasaron a una estufa para quitar todo tipo de humedad y se llevó a los 450°C para el proceso de carbonización (Fig. 2). Una vez obtenido se trituro para su incorporación en el filtro.



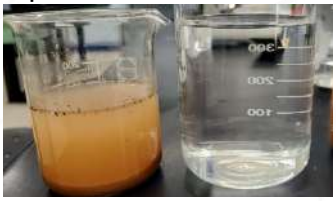
Figura 2*. Metodología de la obtención del carbón activado de semilla de tejocote*

ELABORACIÓN DEL FILTRO. Para la fabricación del filtro de agua casero, se cortan las tapas de tubos PVC por la parte superior e inferior para el flujo de agua, una vez realizado se unieron los tubos, las tapas y el adaptador PVC (Fig. 3). Después se rellena el interior con capas de algodón y filtro de café en el fondo, luego el carbón activado, semilla de tejocote, arena, grava y un filtro en la parte superior. Para las pruebas de contacto se coloca el filtro de agua casero con la parte superior e inferior de forma vertical y se comienza a verter el agua para ser filtrada, permitiendo que la misma comience a traspasar las distintas capas. Al finalizar el tiempo requerido, el agua ya filtrada se deposite en el recipiente de cristal para su análisis organoléptico.



Figura 3. *Metodología de la elaboración del filtro*

RESULTADOS. Se examinaron las muestras filtradas de agua para comprender los mecanismos de adsorción y para confirmar si las reacciones químicas, la difusión o los procesos de transporte masivo fueron los pasos dominantes de control de la velocidad y la cinética de adsorción. Los resultados obtenidos en los experimentos de contacto del paso de agua (disoluciones acuosas preparadas) a través del filtro se muestran en la Fig. 4, se puede ver que la adsorción es mayor cuando se incrementaba el tiempo de contacto con los materiales del filtro debido a la velocidad del flujo y hay un proceso de remoción menor cuando la velocidad del flujo de agua pasaba más rápido sobre el filtro.



En la siguiente gráfica (Fig. 5), se observa un incremento de la remoción conforme se aumenta el tiempo de contacto, es decir, la velocidad de flujo influye significativamente en la remoción, ya que la cantidad de disolución acuosa que pasa lentamente por un punto determinado en un período de tiempo determinado, se obtiene remoción de hasta el 86% de los contaminantes.

Figura 4. *Flujo inicial (izquierda) y flujo final de contacto (derecha).*

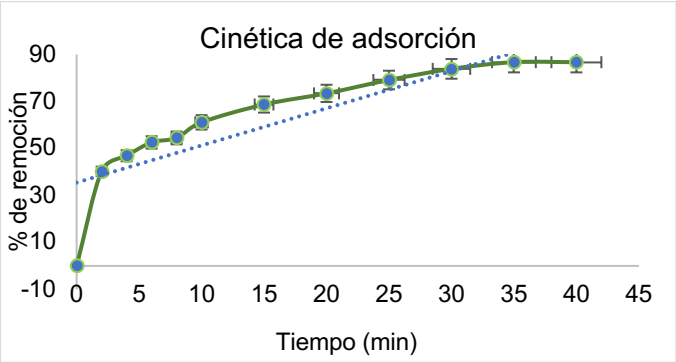


Figura 3. *Cinética de adsorción.*

La tasa de sorción más alta fue en el período de 35 minutos, esto puede ser debido a un mayor tiempo de contacto con lugares de los diferentes materiales, como resultado existen mayores gradientes de concentración entre adsorbato en disolución y adsorbato en la superficie adsorbente.

CONCLUSIONES. En las pruebas de contacto usando el filtro combinado con carbón activado, debido a la presencia de una mayor área superficial en la estructura del filtro, aumenta la remoción de los contaminantes, por lo cual el filtro proporciona una alternativa para el tratamiento de agua, y una opción para la problemática de la comunidad socio-económica-ambiental. Cabe señalar que se requieren estudios con muestras reales de agua, así como, estudios adicionales para analizar la competencia con los iones del agua de la comunidad, por lo que próximamente se realizará una caracterización del esta.

REFERENCIAS

1. Bhatnagar A. y Sillanpää M. (2009). Applications of chitin- and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater — A short review. *Advances in colloid and interface science. Elsevier.*152 26-38.
2. Casal Beiroa P. (2015). Síntesis de nanopartículas con propiedades adsorbentes mediante métodos de química sostenible. Memoria de trabajo de grado.
3. De la Hoz Santos, J. D., Oliveros Bolívar, M. A., & Cordero Jiménez, M. E. (2023). Diseño de un prototipo de filtro casero para la potabilización del agua de la comunidad de Carepa, Antioquia.
4. Kharissova O. V., Rasika Dias H.V., Kharisov B I., Olvera Pérez Be, y. Jiménez Pérez V. M. (2013) The greener synthesis of nanoparticles. *Trends in Biotechnology*, Vol. 31, No. 4
5. Kumar D. H., Lee S-M. (2013). Application of magnetic chitosan composites for the removal of toxic metal and dyes from aqueous solutions. *Advances in Colloid and Interface Science*. 201–202, 68–93.
6. Mandal B. K., Suzuki K. T. (2002). Arsenic round the world: a review. *Talanta*, Elsevier, Pp. 201-235.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial Mexicano 18-01-1996.
8. Sato, Y., Kang, M., Kamei, T., Magara, Y., 2002. Performance of nanofiltration for arsenic removal. Water Res. 36, 3371–3377. S
9. Zhang M., Gao B., Varnoosfaderani S., Hebard A., Yao Y. y Inyang M. (2013) Preparation and characterization of a novel magnetic biochar for arsenic removal. *Bioresource Technology* 130 457–462
10. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2020). Fruta de temporada: tejocote. Blog. Recuperado el 01 de febrero de 2024, consultado en https://www.gob.mx/agricultura/articulos/fruta-de-temporada-tejocote?idiom=es#:~:text=Este%20fruto%20proviene%20del%20C3%A1rbol,y%2013%20crecen%20en%20M%C3%A9xico.*

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124104

HEMOPARASITOS EN TRES ESPECIES DE AVES HABITANTES DE AMBIENTES RIBEREÑOS Y DE BOSQUE, EN EL DISTRITO MINERO EL ORO-TLALPUJAHUA

***Raquel Mejía Pérez*[1] *, José Fernando Villaseñor Gómez*[2]**
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1907518c@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Investigación en Ornitología; jose.fernando.gomez@umich.mx

Palabras Clave: Aves, Hemoparásitos, Parasitemia, Prevalencia.

RESUMEN. Los hemoparásitos aviares se conforman por especies de los Fila Apicomplexa y Nematoda, utilizan la sangre de sus hospederos para completar su ciclo vital; son transmitidos por insectos dípteros culícidos y tabánidos. Su distribución es cosmopolita, aunque principalmente de ambientes tropicales. Su patogenicidad depende de la especie infectada, edad, sexo, estado inmunológico y de factores ambientales, como temperatura y humedad. Con la finalidad de determinar la existencia de diferencias entre sitios ribereños y de bosque, se capturaron 29 individuos de aves (Atlapetes pileatus, 8; Catharus occidentalis, 8 y Empidonax difficilis, 13) por medio de redes de niebla colocadas en sitios ribereños y de bosque adyacentes, en Tlalpujahua, Michoacán; se obtuvieron muestras sanguíneas de las aves para la realización de frotis, que fueron procesados mediante el método de gota gruesa. Se calcularon los valores de parasitemia y las diferencias entre tipos de parásitos por sitios y entre especies de aves. Se detectaron hemoparásitos del género Haemoproteus (HAEM) y microfilarias (MICR) con una prevalencia general de 58% (promedios: HAEM=6.45±6.74; MICR=1.21±0.21). Las parasitemias promedio fueron mayores en Catharus (HAEM=18.25; MICR=1.13) y con una coinfección, seguidas por Empidonax (HAEM=10.31) y finalmente Atlapetes (HAEM=1.63; MICR=0.50). Los individuos del sitio ribereño presentaron parasitemias mayores (Río: HAEM=8.71±7.63 y MICR=0.41±0.23; Bosque: HAEM=4.20±11.11 y MICR=2.0±0.34), con diferencias significativas solo para microfilarias (F=15.031, gl=1, p>0.0001). Haemoproteus fue el hemoparásito más prevalente, registrado previamente para sitios con elevaciones similares a la localidad de estudio. El sitio con mayor prevalencia corresponde al de mayor humedad, lo que concuerda con las necesidades reproductivas de los vectores. Catharus occidentalis como especie con parasitemias altas y coinfecciones ya ha sido reportado para el centro de México. Los resultados indican que la humedad es determinante en la densidad poblacional de los vectores, que resulta en mayor incidencia de infecciones para aves de sitios ribereños.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES. Los hemoparásitos son un grupo de endoparásitos que usan órganos y tejidos de sus hospederos para vivir y reproducirse, los estadios finales de estos se encuentran en el torrente sanguíneo del hospedero, extra o intracelularmente (Azumendi, 2003 y Jiménez-Celis, 2018). El grupo se conforma por organismos de los órdenes Haemosporida y Piroplasmida, así como nematodos; dichos microorganismos son transmitidos por dípteros tabánidos y culicomorfos (mosquitos y moscas planas) cuya distribución es cosmopolita con preferencia por ambientes tropicales (Van Riper et al., 1991 y Mathison et al., 2019). Los hemoparásitos pueden infectar a todos los animales superiores, incluyendo el grupo Aves, para

el que se han descrito más de 450 especies de hemoparásitos, siendo los géneros más comunes Haemoproteus, Leucocytozoon, Microfilaria, Plasmodium y Trypanosoma. (Matta y Rodríguez, 2001; Valkiunas e Iezhova, 2022 y Duc et al., 2023). La patogenicidad de las infecciones depende, entre otros factores, de la especie de parásito, especie y edad del huésped, sexo y estado inmunológico, pero también y en gran medida de condiciones ambientales como altitud, temperatura, humedad, vegetación, etcétera (Van Riper et al., 1991 y Valkiunas e Ieshova, 2018); sin embargo, los trabajos realizados en México sobre el tema son escasos y con enfoques variables: desde la evaluación de infecciones en temporada reproductiva y no reproductiva en aves invasoras (Salazar-Borunda et al., 2022), hasta la importancia de los tipos de uso de suelo en la prevalencia y parasitemia de aves silvestres (González-Olvera, et al., 2022), siendo nulos aquellos enfocados en el efecto de las variables climáticas ambientales en la presencia y la prevalencia de hemoparásitos en las aves silvestres para el centro de México. A pesar de la poca información de infecciones aviares, se conoce bien que dichos factores son determinantes en la presencia de hemoparásitos debido a que, la reproducción de los vectores y de los propios hemoparásitos demanda rangos de humedad y temperatura mínimos (Montalvo-Espinoza, 2021).

OBJETIVOS. Describir las diferencias entre las cargas hemoparasitarias de especies ribereñas y de bosque del distrito minero El Oro-Tlalpujahua.

OBJETIVOS PARTICULARES. Determinar la presencia de hemoparásitos en frotis de individuos de especies representativas de comunidades de aves en sitios con humedad variable. Describir y comparar los niveles de parasitemia entre especies. Comparar los niveles de parasitemia entre aves de un sitio ribereño y aves de un sitio con menor humedad.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó en el Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua, ubicado al oriente del estado de Michoacán y al occidente del Estado de México entre las coordenadas geográficas 19°52’00” de latitud norte y 100°05’00” – 100°20’00” de longitud Oeste (Fig. 1), con una altitud promedio de 2,670 msnm. La región cuenta con una humedad variable (preferentemente alta) con lluvias de verano y precipitación anual de 800-1,100mm y una importante presencia de especies de coníferas, considerándose bosque de alta montaña. (Lemus-Ramírez, 2016 y Cruz-Luna, 2019). Se capturaron aves mediante redes de niebla en sitios estratégicos alrededor de la zona ribereña de la Mina Dos Estrellas y en la zona de bosque de Tlacotepec-La Nopalera (Fig. 1), las redes se mantuvieron abiertas diariamente por un periodo de seis horas durante 9 días en el mes de julio. A los individuos capturados les fueron tomados datos generales como especie, edad, sexo y estado de captura, para luego extraerles sangre mediante la punción de la vena braquial, la sangre fue colectada en tubos capilares con heparina y fueron realizados frotis que, una vez secos, fueron teñidos mediante el método de May-Grünwald-Giemsa modificado para ser observados por el método de Gota gruesa modificado (densidad parasitaria), que consiste en contar leucocitos y parásitos simultáneamente, deteniendo el conteo al acumular 100 leucocitos. A partir de los datos obtenidos se determinan los índices de parasitemia: la prevalencia, el rango, la abundancia promedio y la intensidad. Para identificar las diferencias estadísticas entre sitios y entre especies de ave, los datos fueron sometidos a un análisis unidireccional ANOVA con un margen de confianza del 95% y alfa de 0.05 en el programa estadístico IBM SPSS Statistics V.24.

RESULTADOS. Con un esfuerzo de muestreo de 864 hrs, fueron capturados un total de 29 individuos adultos de tres especies de ave, Atlapetes pileatus (8), Catharus occidentalis (8) y

Empidonax difficilis (13), 15 en río y 14 en bosque, de los cuales, el 58% resultó positivo para infección con parásitos del género Haemoproteus y larvas de filaria (Microfilaria), con promedios generales de parasitemia de 6.45 ± 6.74 para Haemoproteus y 1.21 ± 0.21 para Microfilaria. Las cargas parasitarias promedio fueron mayores en la especie Catharus occidentalis (Haemoproteus=18.25; Microfilaria=1.13), seguidas por Empidonax difficilis (Haemoproteus=10.31; Microfilaria=0.0) y finalmente Atlapetes pileatus (Haemoproteus=1.63; Microfilaria=0.50) **(Fig. 2)**. Los individuos del sitio ribereño presentaron parasitemias mayores (Río: Haemoproteus=8.71 ± 7.63 y Microfilaria=0.41 ± 0.23; Bosque: Haemoproteus=4.20 ± 11.11 y Microfilaria=2.0 ± 0.34) **(Fig. 3)**, siendo Catharus occidentalis la especie con mayores valores de parasitemia en ambos sitios, destacando una mayor abundancia de microfilarias en el bosque y Haemoproteus en el río. Hubo diferencias significativas entre sitios solo para microfilarias (F=15.03, gl=1, p>0.0001).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES. Haemoproteus fue el hemoparásito con mayor prevalencia en las especies estudiadas, como lo reporta Rodríguez y colaboradores (2021) para sitios de bosques con altitudes cercanas a los 2,600-2700, elevaciones similares a las de la localidad de estudio. Se considera que las especies del género Haemoproteus ocupan el primer lugar de la lista de hemoparásitos más comunes en hospederos aviares, seguido de Plasmodium, que no se encontró en las aves analizadas (Van Riper et al., 1991; Villalva-Pasillas et al., 2020). Martínez y colaboradores (2023) sugieren que el desarrollo de los vectores de Haemoproteus son menos exigentes, si de humedad se trata, que los vectores de otros hemosporidios, lo que podría explicar la presencia de Haemoproteus y la ausencia de Plasmodium. Encontramos mayores valores de parasitemia en aves asociadas al río, lo cual se explica con el efecto que tienen variables ambientales en la reproducción de los vectores; los vectores de Haemoproteus y Microfilaria son dípteros hematófagos, algunos ectoparásitos obligados que dependen en gran medida de hábitats con temperaturas templadas y requieren un rango de humedad mínima para asegurar su reproducción, ya que la metamorfosis completa de los culícidos se lleva a cabo dentro del agua. Es bien conocido que, en sitios templados, la humedad que proveen las lluvias veraniegas incrementa la abundancia de vectores, y, por tanto, de enfermedades infecciosas, mientras que en la época seca o en sitios con baja humedad su maduración es lenta, resultando en menor cantidad de vectores y menor contagio de infecciones (Altizer et al., 2006; Renner et al., 2016).
La especie de ave con los valores de parasitemia más altos fue Catharus occidentalis, una especie de preocupación menor para la IUCN con hábitos de sotobosque y presente en todo México, de la cual, para el centro de México, ya hay registro de altos valores de parasitemia (alta para Haemoproteus, media-alta para Leucocytozoon y alta para microfilarias); además, en el presente estudio registramos un caso de coinfección, al igual que Villalva-Pasillas, y colaboradores, que en el 2020 registraron doble infección para tres individuos y triples infecciones para dos individuos más de la misma especie, indicando que previamente no se había registrado a Catharus occidentalis como hospedero de Haemoproteus.

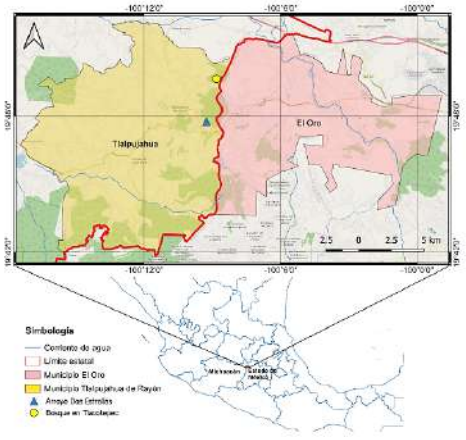


***Figura 1**. Mapa de ubicación del sitio de estudio, Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua y puntos de colocación de las redes.*

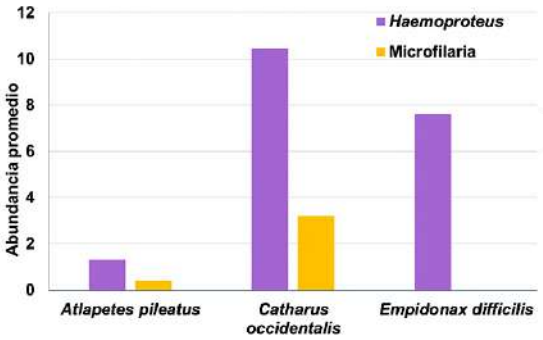


***Figura 2.** Promedio de hemoparásitos por individuo de las especies de aves analizadas.*

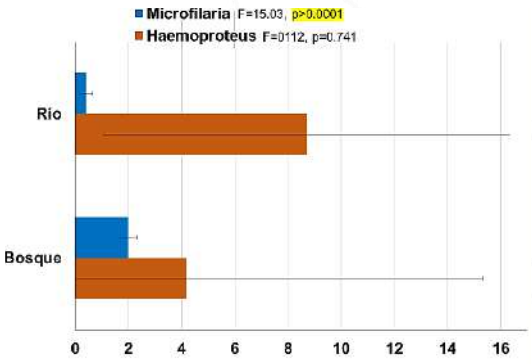


***Figura 3.** Promedios y error típico de la parasitemia entre especies de hemoparásito por sitio.*

REFERENCIAS

1. Altizer S, Dobson A, Hosseini P, Hudson P, Pascual M, Rohani P. Seasonality and the dynamics of infectious diseases. Ecol Lett. 2006 Apr;9(4):467-84. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00879.x. PMID: 16623732.
2. Azumendi, J. L. 2003. El parasitismo y otras asociaciones biológicas, parásitos y hospedadores. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica 6 (2): 23-30. https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/2606/Art%c3%adculo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Cruz-Luna, Héctor I. 2019. Uso de hábitat de las comunidades de aves del Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua. Tesis de licenciatura para obtener el título profesional de biólogo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Facultad de Biología. https://www.researchgate.net/publication/361175811
4. Duc, M. T. Himmel, M. Ilgunas et al., Exo-erythrocytic development of two Haemoproteus species (Haemosporida, Haemoproteidae), with description of Haemoproteus dumbbellus, a new blood parasite of bunting birds (Emberizidae), International Journal for Parasitology, https://doi. org/10.1016/j.ijpara.2023.02.009
5. González-Olvera, M., Hernández Colina, A., Santiago-Alarcon, D., Osorio-Beristain, M., Martínez Maya, J. J. (2022) Blood-parasites (Haemosporida) of wild birds captured at different land uses within a tropical seasonal dry forest matrix. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 38, 1–22. 10.21829/azm.2022.3812425 elocation-id: e3812425
6. Jiménez-Celis, J. W. 2018. Actualización epidemiológica de hemoparásitos y sus efectos clínicos en animales de compañía. Análisis Sistemático de Literatura- tipo Monografía como requisito para optar el título de Médico veterinario zootecnista. Universidad cooperativa de colombia facultad de medicina veterina y zootecnia

Bucaramanga – Santander. https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/0b93d374-0a28-416f-adca-e6ba53d34668/content

7. Lemus-Ramírez, K. I. 2016. Efecto remanente de la industria minera en comunidades de aves de bosque templado del estado de Michoacán, México. Tesis para obtener el título de Maestra en ciencias biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología.
8. López-Guillén, C. (2020). ÍNDICES FISIOLÓGICOS Y HEMOPARÁSITOS EN COLIBRÍES DE BOSQUE DE ALTURA DE TLALPUJAHUA, MICHOACAN, MÉXICO. [Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología.]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
9. Martinez V, Keith KD, Grace JK, Voelker G (2023). Avian haemosporidians of breeding birds in the Davis Mountains sky-islands of west Texas, USA. Parasitology 150, 1266–1276. https://doi.org/10.1017/ S0031182023001087.
10. Mathison BA, Couturier MR, Pritt BS. Diagnostic Identification and Differentiation of Microfilariae. J Clin Microbiol. 2019 Sep 24;57(10):e00706-19. doi: 10.1128/JCM.00706-19. PMID: 31340993; PMCID: PMC6760958.
11. Matta, N., & Rodríguez, Ó. (2001). HEMOPARÁSITOS AVIARES. 6(1)
12. Montalvo-Espinoza, E. M., 2021. PREVALENCIA DE LA MALARIA AVIAR A LO LARGO DE LA COSTA ECUATORIANA PARA DETERMINAR EL EFECTO DE LA HUMEDAD Y LA PRECIPITACIÓN SOBRE LA INCIDENCIA DE ESTOS PARÁSITOS. [Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Magíster en Biodiversidad y Cambio Climático]. Universidad Tecnológica Indoamérica. Maestría en Biodiversidad y Cambio Climático. https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/3663/1/MONTALVO%20ESPINOZA%20EDITH%20MARGELINA.pdf
13. Renner, Swen C.; Lüdtke, Bruntje; Kaiser, Sonja; Kienle, Julia; Schaefer, H. Martin; Segelbacher, Gernot; Tschapka, Marco; Santiago-Alarcon, Diego (2016). Forests of opportunities and mischief: disentangling the interactions between forests, parasites and immune responses. International Journal for Parasitology, S002075191630087X–. doi:10.1016/j.ijpara.2016.04.008
14. Rodriguez, M.D., Doherty, P.F., Piaggio, A.J. et al. Sex and nest type influence avian blood parasite prevalence in a high-elevation bird community. Parasites Vectors 14, 145 (2021). https://doi.org/10.1186/s13071-021-04612-w.
15. Salazar-Borunda, M., Martínez-Guerrero, J., Martínez-Montoya, J., Vargas-Duarte, A., Sierra-Franco, D. y Pereda-Solís, M. 2022. Prevalencia y parasitemia sanguínea de palomas turcas (Streptopelia decaocto) y huilotas (Zenaida macroura) en Durango, México. BANICO VETERINARIO ISSN 2448-6132. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.4
16. Salgado-Miranda C. Haemoparasites in endemic and non-endemic passerine birds from central Mexico highlands. Int J Parasitol Parasites Wildl. 2020 Jan 7;11:88-92. doi: 10.1016/j.ijppaw.2019.12.007. PMID: 31956482; PMCID: PMC6962636.
17. Valkiūnas, G., Iezhova, T.A. Keys to the avian Haemoproteus parasites Haemosporida, Haemoproteidae). Malar J 21, 269 (2022). https://doi.org/10.1186/s12936-022-04235-1
18. Valkiūnas, G., Iezhova, T.A. Keys to the avian malaria parasites. Malar J 17, 212 (2018). https://doi.org/10.1186/s12936-018-2359-5
19. Van Riper, C. III, C.T. Atkinson y T.M. Seed. 1991. Pathogenicity and epizootiology of avian haematozoa: Plasmodium, Leucocytozoon, and Haemoproteus. Pp. 19-48 en Bird-Parasite Interactions. Ecology, Evolution and Behaviour. Oxford Ornithology Series. https://www.researchgate.net/publication/285026286
20. Villalva-Pasillas D, Medina JP, Soriano-Vargas E, Martínez-Hernández DA, García-Conejo M, Galindo-Sánchez KP, Sánchez-Jasso JM, Talavera-Rojas M,

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124105

RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL VOLCÁN OJO DE MAR, CAMPO VOLCÁNICO MICHOACÁN-GUANAJUATO

Iván Alejandro Naranjo Romero[1], Esmeralda Gómez Raya[2], Boris Chako Tchamabe[3]

1 Programa Institucional de la Licenciatura de Ingeniería Ambiental (UMSNH) 1628754b@umich.mx

2 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (UMSNH), 1717743k@umich.mx

3 Instituto de Investigaciones de Ciencias de la Tierra (UMSNH) boris.chako@umich.mx

Palabras Clave: ojo de mar, volcán maars, reconstrucción de sistema de alimentación

RESUMEN. Gracias a un análisis estratigráfico y una caracterización petrográfica en 6 muestras representativas de capas, fue posible encontrar 3 fragmentos juveniles diferentes en brillo y color. Estos los nombramos como Juveniles negros, juveniles verdes y juveniles verdes cristalinos. El análisis de la distribución de los tipos de componentes en las capas analizadas indica que predominan los fragmentos líticos en las primeras capas, pero con más de 34% de juveniles negros, significando una explosión cerda de la superficie. Luego sigue un dominio de los juveniles negros, pero va desapareciendo y es remplazado por más fragmentos juveniles verdes o verdes cristalinos indicando una posible variación en el proceso eruptivo, así como explosiones aún más someras. El cambio en el color y tipos y tamaños de minerales sugieren pausas en la evolución de la actividad. El análisis petrográfico muestra un desarrollo mineral diferente en los 3 fragmentos y esto también puede explicar su color. La variación estratigráfica en porcentaje de los tipos de juveniles refleja distintos procesos de fragmentación del magma en el conducto y una mezcla de tres estilos eruptivos (estromboliano + freatomagmatica + vulcaniano).

INTRODUCCIÓN. Los volcanes de pequeño volumen son considerados morfológica y geoquímicamente simples (Brenna et al., 2010). Sin embargo, su formación puede involucrar diferentes baches de magma que entran en erupción al mismo tiempo. Dado que el proceso de fragmentación de estos magmas puede ser diferentes, un análisis detallado de los materiales juvenil de los depósitos puede ayudar a identificar estos volcanes que cuenten con un proceso eruptivo y un sistema de alimentación complejo (Chako-Tchamabé et al., 2015) Presentamos aquí el caso del volcán Ojo del Mar localizado en el municipio de Villa Jiménez, Michoacán (Siebe et al., 2012) donde se realizó un estudio de la variabilidad composicional de los fragmentos de rocas en los depósitos mediante una caracterización física y petrográfica de los granos de ceniza de las diferentes capas de depósitos que componen el volcán, con el objetivo de reconstruir el proceso eruptivo y el sistema de alimentación del volcán.

ANTECEDENTES. Los estudios realizados sobre el volcán han sido más relacionados al cambio sufrido en la zona tras la erupción y como genero condiciones para los encentamientos humanos (Siebe, Pereira, & al., 2023) más sin embargo no se ha hecho ningún trabajo sobre el sistema de alimentación de este volcán.

OBJETIVOS. Estudiar la variabilidad composicional de los fragmentos del magma en los depósitos. Caracterización física y petrográfica de los granos de ceniza de las diferentes capas

de depósitos que componen el volcán. Reconstrucción del proceso eruptivo y del sistema de alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se procedió a un análisis de componentes que consistió en separar bajo un microscopio los fragmentos considerados juveniles, juveniles reciclados, y líticos de 6 muestras representativas de las capas que conforman los depósitos del volcán hasta tener un aproximado de 500 juveniles por muestra. Una vez hecho eso, se agruparon los juveniles con base a su color y brillo, y se seleccionaron algunos fragmentos de cada grupo para la preparación de láminas delgadas y poder observar sus microminerales (análisis petrográfico). Esto fue posible con la ayuda de un microscopio petrográfico y una cámara infinity 1 para la captura de las imágenes.

RESULTADOS OBTENIDOS. Durante la separación de fragmentos, se encontraron 3 fragmentos de tipo juvenil. Los cuales nos basamos en su color y brillo. Estos los nombramos como Juveniles negros, juveniles verdes y juveniles verdes cristalinos. Los juveniles negros tiene un color negro y un brillo metálico, los juveniles verdes un color verde arena o grises blanqueados con brillo mate o metálico, y los juveniles verdes cristalinos color ámbar o grises oscuros con brillo cristal. También se identificaron fragmentos de juveniles reciclados basado principalmente en la cantidad de lodo pegados en ellos, el brillo, y la forma del grano. Los líticos fueron los fragmentos con más variedades encontradas en las muestras, identificadas por varios colores como rojo, negro, gris oscuro, café oscuro, naranja, amarillo, y blanco transparente.

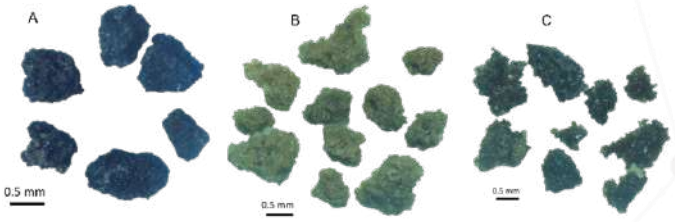


Fig. 1. *Juveniles negros (A), Juveniles verdes (B), y juveniles verdes cristalinos (C)*

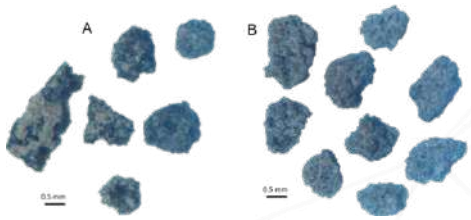


Figura 2. *Juveniles reciclados negros (A) y juveniles reciclados verdes (B*

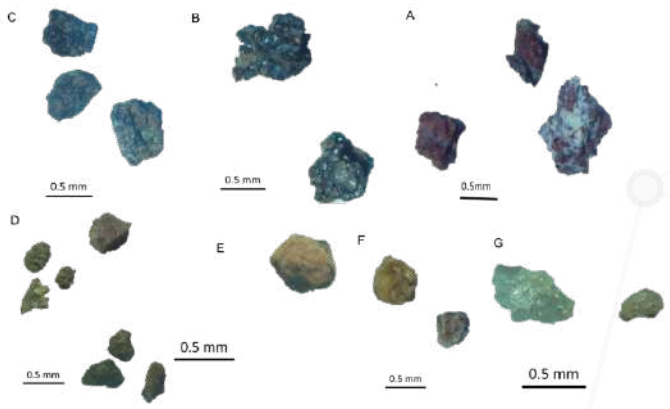
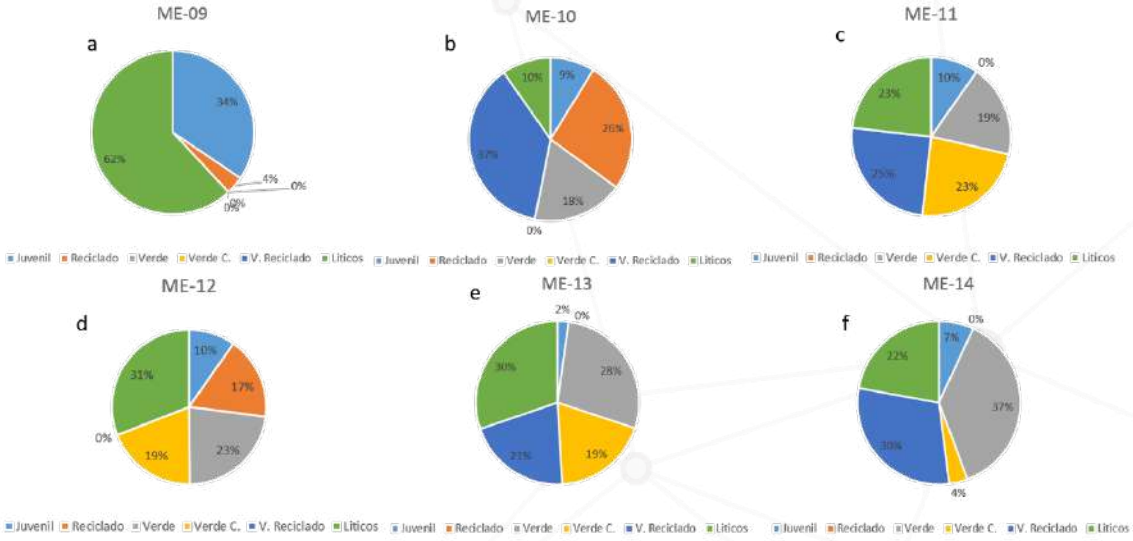


Fig. 3. *Variedad de líticos rojos (A), negro (B), gris oscuro (C), café oscuro (D), naranja (E), amarillo (F), y blanco transparente (G).*



Grafica 1. *Muestra la distribución de los 3 fragmentos en las muestras analizadas.*

El análisis de la distribución de los tipos de componentes en las capas analizadas indica que predominan los fragmentos líticos en las primeras capas, pero con más de 34% de juveniles negros, significando una explosión cerda de la superficie. Luego sigue un dominio de los juveniles negros, pero va desapareciendo y es remplazado por más fragmentos juveniles verdes o verdes cristalinos indicando una posible variación en el proceso eruptivo (Yamanoi et al., 2008), así como explosiones aún más someras (ChakoTchamabe et al., 2015). El cambio en el color y tipos y tamaños de minerales sugieren pausas en la evolución de la actividad. El análisis petrográfico mostro que los 3 tipos de juveniles comparten los mismos microminerales, siendo estos: plagioclasas, albitas y magnetitas. Los que los diferencia es la cantidad que posee cada uno. Siendo los juveniles negros los que poseían más magnetita, los juveniles verdes tenían las plagioclasas más desarrolladas y los juveniles verdes cristalinos tenían más albitas con plagioclasas muy desarrolladas.

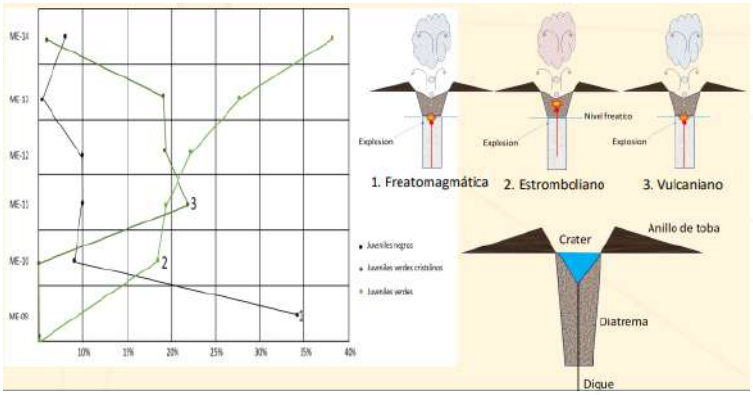


Fig. 3. *Modelo de la explosión basado en la distribución de los juveniles.*

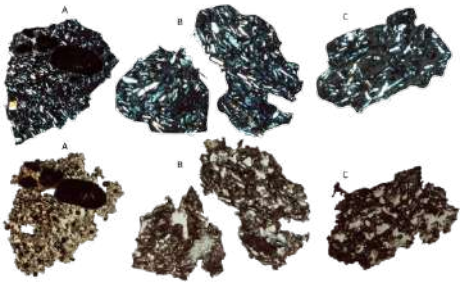


Fig. 3. *Fotos tomadas con un enfoque de 5X, las 3 imágenes superiores son con nicoles cruzados, mientras que las 3 imágenes de abajo son con nicoles paralelos. Las imágenes A son de los juveniles negros, las imágenes B son de los juveniles verdes y las imágenes C son de los juveniles verdes cristalinos. En las imágenes con nicoles paralelos podemos apreciar diferencia del desarrollo de los cristales de plagioclasas.*

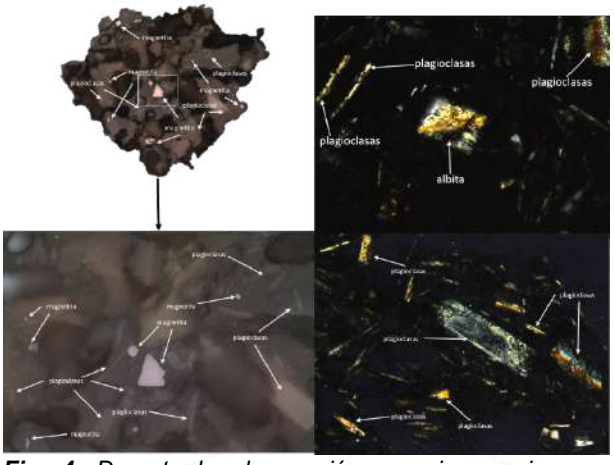


Fig. 4. *Durante la observación en microscopio, se vio que los 3 tipos de juveniles comparten los mismos microminerales, siendo estos: plagioclasas, albitas y magnetitas. Los que los diferencia es la cantidad que posee cada uno. Siendo los juveniles negros los que poseían más magnetita, los juveniles verdes tenían las plagioclasas más desarrolladas y los juveniles verdes cristalinos tenían más albitas con plagioclasas muy desarrolladas.*

CONCLUSIONES. Se registraron 3 tipos de juveniles por su color y brillo con los mismos minerales, pero en distintas cantidades y tamaños. La variación estratigráfica en porcentaje de

los tipos de juveniles refleja distintos procesos de fragmentación del magma en el conducto y una mezcla de tres estilos eruptivos (freatomagmatica + estromboliano + vulcaniano). Esta distribución vertical de los diferentes grupos de juveniles en comparación con la proporción y tipos de líticos indica también que la fragmentación del magma se produjo muy cerca de la superficie desde un solo dique de alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Brenna, M., Cronin, S. J., Smith, I. E., Sohn, Y. K., & Németh, K. (2010). Mechanisms driving polymagmatic activity at a monogenetic volcano, Udo, Jeju Island, South Korea. Contributions to Mineralogy and Petrology, 160, 931-950.
2. Chako-Tchamabé, B., Ohb a, T., Kereszturi, G., Németh, K., et al. (2015). Towards the reconstruction of the shallow plumbing system of the Barombi Mbo Maar (Cameroon) Implications for diatreme growth processes of a polygenetic maar volcano. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 301, 293-313.
3. Siebe, C., Guilbaud, M. N., Salinas, S., & Chédeville-Monzo, C. (2012, February). Eruption of Alberca de Los Espinos tuff cone causes transgression of Zacapu lake ca. 25,000 yr BP in Michoacán, México. In IAS 4IMC Conference, Auckland, New Zealand (pp. 74-75).
4. Yamanoi, Y., Takeuchi, S., Okumura, S., Nakashima, S., & Yokoyama, T. (2008). Color measurements of volcanic ash deposits from three different styles of summit activity at Sakurajima volcano, Japan: Conduit processes recorded in color of volcanic ash. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 178(1), 81-93.
5. Siebe, C., Pereira, G., & al., e. (Febrero de 2023). Arqueología y vulcanismo reciente en la cuenca lacustre de Zacapu (Michoacán, México). Ciudad de Mexico, Mexico: UNAM. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/371945882_Arqueologia_y_vulcanismo_reciente_en_la_cuenca_lacustre_de_Zacapu_Michoacan_Mexico

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124107

¿LOS TRABAJADORES DE LAS HUERTAS DE AGUACATE EN MICHOACÁN REALIZAN BUENAS PRÁCTICAS EN LA APLICACIÓN DE AGROQUÍMICOS?

Gilda Josseline Vega Rodríguez [1], Rebeca Aneli Rueda Jasso [2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rebeca.rueda@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1587230F@umich.mx

Palabras Clave: Aguacate, agroquímicos (AGQ), ingrediente activo (IA), equipo de protección personal (EPP), efectos en la salud.

RESUMEN. México ha incrementado la exportación de aguacate hasta ser el principal exportador mundial. Este crecimiento ha ido de la mano con el uso de agroquímicos (AGQ). Estos productos brindan protección a la planta contra plagas y parásitos, sin embargo, su utilización requiere de la aplicación de las buenas prácticas de manejo (BPM). La falta de integración de estas puede ocasionar daños en la salud humana: intoxicaciones, enfermedades crónicas, cáncer y malformaciones congénitas; además de que su persistencia en el ambiente ocasiona efectos negativos en el ecosistema. A pesar de esto, en México son pocas las investigaciones que se han realizado para conocer cómo el uso de AGQ afecta la salud humana. Por ello, el presente trabajo se enfocó en (a través de encuestas) conocer y generar información de las prácticas de manejo en la aplicación de los AGQ, así como de los efectos percibidos en la salud de los trabajadores de las huertas de aguacate. Los resultados incluyen un listado de los ingredientes activos (IA) y sintomatologías asociadas al uso de AGQ. Los IA con mayor uso entre los sitios de estudio (Michoacán) fueron Zeta-Cipermetrina, Permetrina, Lamda Cyalotrina, Imidacloprid y Malatión, los cuales se encuentran prohibidos en Europa y están catalogados como sustancias altamente peligrosas y posiblemente cancerígenas. Entre los encuestados se registró un alto porcentaje de participantes con sintomatologías asociadas con los agroquímicos antes mencionados y que pueden estar relacionados a intoxicaciones crónicas. El 47% de los encuestados presentó irritación, 29% tos y 20% dolor de cabeza, además 22% reportó haber sufrido alguna intoxicación por AGQ, mientras que 53% indicó conocer a alguien que había presentado alguna intoxicación por AGQ.

INTRODUCCIÓN. México es un país megadiverso, con casi 70 % de la diversidad mundial, además, dentro de su territorio cuenta con 145 millones de hectáreas destinadas a la agricultura (Corona, 2016). Entre las diferentes especies que se cultivan dentro del territorio mexicano está el aguacate (Persea americana), árbol perteneciente a la familia Lauraceae, cuyo origen proviene de la parte central de México y de algunas partes altas de Guatemala (SAGARPA, 2011). En nuestro país existen alrededor de 20 especies diferentes de aguacate, lo que ubica a México como uno de los países con mayor diversidad en especies de este fruto (Bergh, 1992). Desde hace algunos años, México ha incrementado de forma significativa la exportación de aguacate, por lo que en la actualidad es el principal exportador para el mundo. En 2022, se alcanzó una producción de 1,904,604 ton, lo cual representa una forma de sustento económico significativa para numerosas familias del país y de Michoacán (Forbes, 2022). El incremento en la producción y exportación del aguacate se debe a varios factores, entre ellos la capacidad de producción que tiene el país, así como los costos de mano de obra y sobre todo las condiciones climáticas y

edafológicas adecuadas, además de la mejora de las prácticas agrícolas. No obstante, dichas prácticas están enfocadas principalmente a mejorar los rendimientos. El crecimiento en el cultivo de aguacate ha ido de la mano con el uso de agroquímicos, los cuales también han tenido un aumento importante. A nivel nacional, entre 2000 a 2012, el uso de AGQ pasó de 62,062 a 116,478 tons (Esquivel et al. 2019). Estos productos suelen se aplican para contrarrestar las plagas y parásitos que generan pérdidas en la producción. Sin embargo, la potencia de los AGQ y el inadecuado uso de los mismos provocan riesgos relacionados con la salud humana y el ambiente, que superan los beneficios que brindan, ya que pueden ocasionar desde intoxicaciones hasta enfermedades crónicas, neurodegenerativas, cáncer y malformaciones congénitas (Ordoñez et al. 2019). Además de que por su persistencia en el ambiente ocasionan problemas en los cuerpos de agua, el suelo y la atmósfera. En 2015, la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud de México reportó 4,025 casos de intoxicaciones por agroquímicos, cuya población más afectada fue aquella entre los 20 a 44 años de edad (Esquivel et al. 2019). Por lo anterior, el presente estudio se enfocó en detectar la aplicación de las buenas prácticas de manejo (BPM) y los efectos percibidos en la salud que las personas que trabajan en los cultivos de aguacate en Michoacán.

ANTECEDENTES. En las últimas décadas, el aumento de la población mundial se ha sostenido por el mejoramiento agrícola, a través del diseño de nuevos agroquímicos que buscan garantizar e incrementar la producción. Sin embargo, son escasas las investigaciones que se han centrado en dar a conocer cómo la falta de BPM y los efectos en la salud humana por el uso directo o indirecto de agroquímicos. Estas investigaciones son aún más escasas en Latinoamérica. En la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango se realizó un estudio para conocer las prácticas de manejo de plaguicidas en cultivos de hortalizas (sandía, melón, entre otras) a partir de encuestas a 90 trabajadores. Los resultados evidenciaron que 100 % de los trabajadores no utilizaba el equipo de protección (EPP) para la correcta aplicación de los pesticidas, aún cuando 25 % contaba con todo el EPP. Por su parte, 34 % refirió haber sufrido intoxicaciones, con síntomas como mareos, dolor de cabeza y fiebre; además de que 80 % de las intoxicaciones fueron causadas por pesticidas cuyo ingrediente activo fue el carbofurano (químico altamente tóxico) (Esquivel et al. 2019). Simultáneamente en Chihuahua se hizo una investigación donde se aplicó una encuesta sobre el conocimiento de los efectos negativos por la aplicación de agroquímicos a 58 agricultores y productores. El 92 % de los encuestados nunca hacía uso de EPP, además 17 % consideraban que sabían lo suficiente o mucho sobre los agroquímicos que aplicaban y su potencial efecto en la salud; 48 % sabía poco y 34 % desconocían en su totalidad los productos aplicados. De los 58 encuestados, el 56 % tuvo algún familiar cercano que falleció por algún tipo de cáncer (sobresaliendo el cáncer de estómago y pulmón) (Ordoñez et al, 2019). Para el estado de Michoacán son pocas las investigaciones relacionadas al uso de AGQ, sin embargo, en 2018 se llevó a cabo un diagnóstico sobre la percepción de algunos sectores importantes de la población del municipio de Tingambato de la cantidad y efectos potenciales que tienen los AGQ utilizados en las huertas de aguacate. Entre sus resultados se destaca el elevado porcentaje de AGQ organoclorados que se utilizan en la región, aun cuando estos ya se han retirado del mercado en diversos países. Además, fue muy común encontrar casos de intoxicación aguda como diarreas, migrañas severas y alergias, que son síntomas relacionados directamente al uso de AGQ en el municipio.

OBJETIVOS. Registrar el conocimiento y aplicación de las buenas prácticas de manejo del uso de agroquímicos que tienen los trabajadores de huertas de aguacate en Michoacán. Obtener un listado de los AGQ más utilizados en las huertas de aguacate. Identificar las afectaciones en la

salud que los trabajadores perciben. Generar una relación entre los IA presentes en los AGQ utilizados en las huertas de aguacate, las sintomatologías descritas en la bibliografía para estos productos y las afectaciones que perciben los trabajadores de las huertas de aguacate en Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para llevar a cabo el estudio descriptivo se diseñó un instrumento que constó de 42 ítems, con preguntas abiertas y cerradas, que se dividió en cuatro apartados (I. Datos generales, II. Conocimiento acerca de lo AGQ, III. Uso y manejo de AGQ y IV. Salud). Lo anterior con el fin de reunir información acerca de las prácticas de manejo, los AGQ que son utilizados y algunas sintomatologías que puedan percibir los encuestados. El instrumento se aplicó a 45 trabajadores, principalmente aplicadores de AGQ, en huertas de aguacate de diferentes localidades del estado de Michoacán, como Uruapan y San Juan Nuevo. Con la información obtenida en el apartado de Salud se realizó una búsqueda acerca de los AGQ utilizados y los IA que forman parte de su composición. A partir de los IA detectados se realizó una investigación exhaustiva sobre los posibles efectos adversos que puedan ocasionar en la salud humana para generar una base de datos con la información sintetizada.

RESULTADOS. El instrumento fue aplicado a 45 trabajadores, en su mayoría aplicadores o personal con contacto directo con AGQ, con un intervalo de edad entre los 18 y 64 años, que en su mayoría radica en Uruapan (22%) y San Juan Nuevo (22%). En el apartado acerca del Conocimiento y uso de los AGQ evidenció que 27% de los trabajadores encuestados no conoce que AGQ que está aplicando o manejando, y para el caso de los aplicadores, 24% nunca ha leído la etiqueta del producto que aplica. En cuanto al uso del EPP se encontró que más de la mitad de los trabajadores (53%) lo utiliza siempre durante la aplicación de AGQ; mientras que 28% mencionó utilizarlo “A veces”, 13% “Casi nunca” y 8% “Nunca”. El EPP con uso más utilizarse fue| la mascarilla (93%), seguido de los guantes y las botas (70% y 68%), mientras que los lentes y la capucha o gorra es lo que menos suelen utilizar (46% y 48%). Algunos de los motivos más mencionados para no utilizar o utilizar parcialmente el EPP fueron la incomodidad que sienten con los lentes ya que suelen empañarse y nublan la visión, el calor o que el AGQ no es muy fuerte y por ello no consideran necesario utilizar todo el EPP. En el apartado IV relacionado a la salud de los trabajadores se obtuvo que 62% no se ha realizado algún estudio médico que pueda evidenciar la presencia de AGQ en su organismo, además de que 20% de los encuestados no conoce cuales son los síntomas por una intoxicación con AGQ. El 23% de los encuestados ha sufrido alguna intoxicación por AGQ en algún momento de su vida y 9% desconoce si alguna vez pudo tener alguna intoxicación. El 56% de los trabajadores ha conocido a alguien que ha presentado alguna intoxicación por AGQ y solo 41% reconoce que su trabajo podría tener implicaciones en su salud a corto o largo plazo. Se reportaron 60 agroquímicos utilizados pertenecientes en su mayoría a AGQ organofosforados, piretroides, neonicotinoides y triazoles, entre otros. En estos se detectaron 33 ingredientes activos, cuyas afectaciones a la salud, sintomatologías y/o efectos retardados, así como afectaciones al ambiente y prohibiciones en diferentes países se resumen en la Tabla 1. Además se encontraron algunas sintomatologías persistentes en varios encuestados como irritación (47%), tos (29%), dolor de cabeza (20%) y náuseas (16%) que pueden estar relacionadas al uso de AGQ.

Ingrediente activo	Grupo	Afectaciones a la salud, sintomatologías y/o efectos retardados	Sintomatologías y/o efectos retardados	Afectaciones al ambiente	Prohibiciones	FR
Zeta-cipermetrina	Piretroide	La EPA lo catalogó como una sustancia posiblemente cancerígena, aunque no hay suficientes estudios que avalen dicha información.	En animales los síntomas de toxicidad incluyen temblores, convulsiones, pérdida de control, hipersensibilidad entre otros.	Altamente toxico para ecosistemas acuáticos	No aprobado por la UE	13
Lambda cyalotrina	Piretroide	Puede generar alteraciones en el sistema endocrino	Puede ocasionar irritación en la piel y vías respiratorias	Altamente toxico para aves y polinizadores, así como en ecosistemas acuáticos	Catalogado como PAP / Aprobada en la UE	8
Permetrina	Piretroides	Puede ocasionar afectaciones al sistema nervioso, además de estar catalogado como posible cancerígeno	Puede generar reacciones alérgicas como ardor y comezón en la piel y mucosas	Altamente toxico para ecosistemas acuáticos y polinizadores	Incluido en la lista de plaguicidas altamente peligrosas (PAN Internacional) / Prohibido en 31 países incluyendo la UE	6
Propiconazol	Triazoles	Puede generar afectaciones en el desarrollo embrionario además de estar catalogado como posible sustancia cancerigena	Puede generar irritación en la piel	Altamente toxico para ecosistemas acuáticos	No se encuentra aprobado por la UE / Dentro de la lista de PAP	6
Malatión	Organofosforados	Posible sustancia cancerígena.	Ocasiona afectaciones en el sistema nervioso, dolor de cabeza, vértigo, nauseas, secreción de mucosas y temblores	Altamente tóxico para polinizdores y ecosistemas acuáticos	Catalogado como PAP/Prohibido en 32 países	6

Tabla 1. *Ingredientes activos de mayor prevalencia y sus efectos en la salud.*

CONCLUSIONES. Las prácticas de manejo de AGQ que se realizan en cultivo del aguacate en el estado de Michoacán son pobres e ineficientes, lo que se refleja en sintomatologías relacionadas con los IA presentes en los AGQ. No obstante, que se brindan capacitaciones para el correcto uso del EPP, es necesario buscar alternativas para reforzar actitudes responsables de protección personal y dar un seguimiento que garantice el uso adecuado del EPP. En la actualidad la información que se tiene al alcance acerca de los peligros que conlleva el inadecuado uso de los AGQ es escasa y de difícil acceso para la población a la que debería estar dirigida la información. Por lo anterior se necesitan buscar estrategias de divulgación que pueda generar el interés en las poblaciones objetivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bergh, B. O. (1992). The origin, nature and genetic improvement of avocado. California Avocado Society Yearbook 76, 61-75.
2. Esquivel-Valenzuela, B.: Cueto-Wong, J. A.; Valdez.Cepeda, R. D. et al (2019) Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la comarca laguera, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35 (1), 25-33
3. Forbes (2022). El aguacate, un “oro verde” que inunda México con millones de dólares. https://www.forbes.com.mx/el-aguacate-un-oro-verde-que-inunda-mexico-con-millones-de-dolares
4. Mireles-Bernabe, I. Y. (2018). Uso de Pesticidas en huertas tradicionales y de exportación del municipio de Tingambato, Michoacán [Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia]. https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000784010
5. Ordoñez.Beltrán, V; Frías-Moreno, M. N.; Parra-Acosta, H. et al (2019). Estudio sobre plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. Revista de Toxicología de la Asociación Española de Toxicología, 36 (2).
6. Salamanca-Castillo, G. F. (2020). Efectos de los agroquímicos en salud pública y medio ambiente. Universidad Militar de Nueva Granada. Recuperado en marzo del 2022 de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36092/SalamancaCastilloGilmarFabian2020.pdf?sequence=1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124109

FENOLOGÍA DEL CANTO MATUTINO DEL RASCADOR VIEJITA (MELOZONE FUSCA) EN POBLACIONES URBANAS Y SILVESTRES

***Bianca América Villalobos Ponce*[1], *Javier Salgado Ortiz*[2]**

1 Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1541918f@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Javier.salgado@umich.mx

Palabras Clave: Fenología, urbanización, cantos

RESUMEN. Las distintitas condiciones dentro de las ciudades como el ruido, densidad de vegetación, competencia etc. puede estar provocando frecuencias de canto más altas y de manera más frecuentes en las aves; algunos machos que habita en los lugares altamente urbanizados comienzan el coro del amanecer antes y logran tener un canto más prolongado que sus congéneres en el bosque; por lo que surge la pregunta de si existen diferencias en la hora de inicio de los cantos, así como la frecuencia de los mismo entre poblaciones urbanas ysilvestres. Planteamos la hipótesis de que en las zonas urbanas comenzaran a cantar más temprano y con mayor frecuencia. Colocamos dispositivos de grabación automática en distintos puntos dentro de la ciudad de Morelia y en zonas rurales aledañas, con la finalidad de obtener el registro vocal a partir de las 4:00 am y hasta las 6:30 am. Encontramos que los machos dentro de la ciudad inician a cantar más temprano y de manera más frecuente que en zonas silvestres.

INTRODUCCIÓN. La transformación del paisaje natural ha estado presente a lo largo de la historia de la humanidad, sin embargo, no fue hasta iniciado el periodo Antropoceno que el fenómeno de urbanización mostro un crecimiento exponencial (Isaksson, 2018). La urbanización es el proceso de transformación de un lugar, con la construcción de infraestructura de servicios (drenaje, agua potable, electrificación, pavimentación, transporte, etc.) ade mas de edificaciones y con más de 2500 habitantes (Dumouchel, 1975; INEGI, 2024). Dentro de estos ambientes urbanos, las especies responden de diferentes formas para poder sobrevivir a los factores de selección natural, diferentes a los que se presentan en los hábitats naturales (Montague et al., 2023) ya que en el proceso de urbanización, no solo se pierde hábitat nativo, sino que se crean nuevas condiciones ambientales, a las cuales una diversidad significativa de organismos no puede adaptarse, por lo que se extinguen localmente, sin embargo, otros son resilientes y adaptables a las nuevas condiciones (Abilhoa y Amorin 2017; Franzoi et al., 2020). Dentro de las 10 mil especies de aves descritas en el mundo, el 20% de estas están asociadas a hábitats urbanos (Aronson et al., 2014). Las áreas urbanas se pueden considerar como islas, en las cuales las poblaciones de animales y de plantas remanentes quedan separadas de poblaciones en áreas silvestres aledañas (Faeth et al., 2011), y a consecuencia se pueden predecir cambios en la genética, morfología y comportamiento animal a consecuencia de las presiones de selección natural propias de áreas urbanas (Shochat et al., 2006; Seress y Liker, 2015). Los principales estresores para la avifauna directamente relacionados con la urbanización; la contaminación química, el ruido, la luz artificial nocturna LAN y la presencia humana, estas fuentes de contaminación están vinculadas a cambios fenotípicos, fisiológicos y conductuales (Isaksson, 2018).

ANTECEDENTES. Las aves dependen en general de la comunicación acústica para atraer pareja, defender territorios o mediar conflictos y se ha demostrado que el ruido de las ciudades les afecta negativamente (Slabbekoorn, 2013) provocando cantos más fuertes o frecuencias más altas en las vocalizaciones en comparación con sus congéneres en los bosques, quienes cantan a frecuencias más bajas y con intervalos más largos entre cantos (Nemeth y Brumm 2009), a su vez las hembras podrían estar asociando un territorio ruidoso con baja calidad ya que el canto de los machos es significativamente menos exitoso para atraerlas que en aquellos sitios tranquilos (Slabbekoorn 2013). El canto es en general un carácter aprendido, como tal, se espera que poblaciones de aves urbanas que se encuentran distantes o aisladas de las silvestres, presenten variaciones en el repertorio del canto o llamados (Slater 1986). Además de variaciones en las vocalizaciones, se ha documentado que diversas especies de aves urbanas presentan frecuencias más altas acorde al nivel de ruido, estructura de la vegetación y las diferentes condiciones ambientales (Slabbekoorn y den Boer-Visser 2006; Juárez et al., 2020; Bonilla-Badilla 2021). Los factores en sitios urbanos que más afectan directamente los patrones conductuales de vocalización de aves, son la luz nocturna artificial (LAN); (Castillo y Chamba 2021); y el ruido antropogénico de una ciudad (Slabbekoorn y den Boer-Visser 2006; Pacheco-Vargas y Losada-Prado 2015). Por ejemplo, en el Mosquero Cardenalito (Pyrocephalus rubinus) que habita en los lugares altamente urbanizados se ha registrado que los machos comienzan el coro del amanecer mucho antes y logran tener un canto más prolongado que en zonas menos urbanizadas (Moller et al. 2015; Sánchez-González et al. 2021). Esta conducta no se relaciona directamente con la ALAN en las especies diurnas (Marín y Fors 2019) pero si en el comportamiento del canto nocturno en Rhipidura leucophrys, reduciendo la tasa de canto (Dickerson 2022). En otras especies se ha registrado un aumento en la frecuencia mínima del canto en áreas urbanas donde además del efecto del ruido antropogénico, también se asocia a cambios morfológicos en el pico (Giraudeau et al., 2014; Juárez et al. 2020).

OBJETIVOS. Conocer los horarios de canto en ambos ambientes, urbanos y surales. Comparar la fenología y frecuencia de los cantos del Rascador Viejita entre poblaciones urbanas y silvestres.

MATERIALES Y MÉTODO. Se grabó de manera continua de las 04:00:00 y hasta las 06:30:00 horas durante dos días, los cantos del Rascador Viejita (M. fusca) por medio de dispositivos de grabación automática (Audiomoth) que fueron colocados en distintos lugares dentro del área urbana de la ciudad de Morelia (19°41'20"N 101°12'21"W) así como en las zonas silvestres del área voluntaria para la conservación “El Tocúz” (19°29'04"N 101°21'46"W) y la comunidad de Atecuaro (19°34'56"N 101°11'19"W). Para el análisis de los datos se realizó un promedio de la frecuencia de cantos en cada uno de los intervalos de tiempo, así como una prueba comparativa para las diferencias entre la frecuencia de cantos entre la poblaciones urbanas y silvestres.

RESULTADOS. Nuestros resultados muestran que la población urbana comienza el coro del amanecer más temprano (en promedio a las 04:36:46 a. m.), mientras que en zona silvestre comienzan a cantar hasta 26 minutos más tarde (05:02:57 a. m.); la duración de los cantos puede durar en promedio hasta 45 minutos en la zona silvestre (05:02:57-05:48:21 a. m.) mientras que en la ciudad puede durar en promedio 1 hora y 27 minutos dentro de la ciudad (04:36:46-06:03:24 a. m.). La frecuencia con la que cantan es mayor en la zona urbana ($\bar{x}$= 31.885 cantos/15 minutos) que en la zona silvestre ($\bar{x}$= 17.718 cantos/15 minutos) Fig.1.

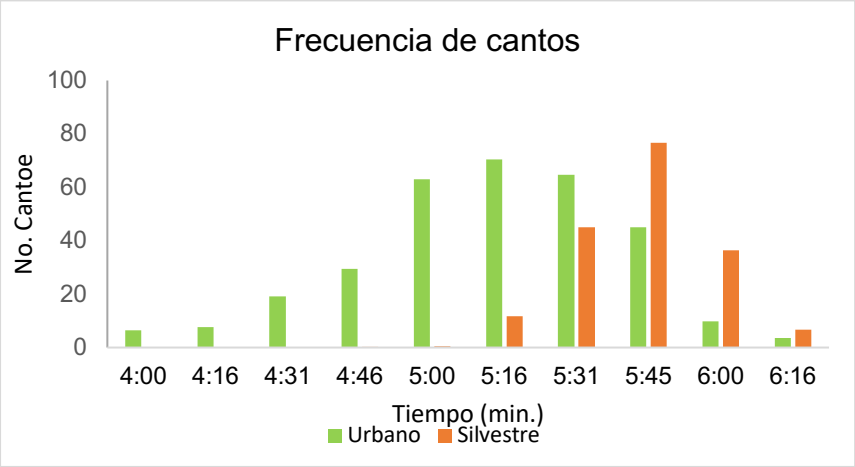


Figura 1. *Frecuencia de los cantos de dos poblaciones del Rascador Viejita (M. fusca)*

CONCLUSIONES. Las poblaciones urbanas de Melozone fusca al estar bajo condiciones ambientales distintas y en contacto con estresores como por ejemplo las distintas fuentes de ruido antropogénico y la luz artificial a diferencia que en las zonas silvestres generan cambios en la conducta vocal, así como en la fenología de los cantos; ocasionando que los machos se anuncien a través del coro del amanecer de manera más pronta en la ciudad y al ser un ambiente con ruido podría generar que los cantos sean más frecuentes. Esta información genera la oportunidad de explorar la conducta vocal en otras especies que al igual que el Rascador viejita habitan tanto en zonas urbanas y silvestres, nuestros resultados forman parte de un avance en el conocimiento de los impactos del fenómeno de urbanización, que va en aumento en todo el mundo, sobre la avifauna.

REFERENCIAS

1. Abilhoa, V., Amorin, R. (2017). Effects of urbanization on the avian community in a southern Brazilian city. Revista Brasileira de Ornitología, 25, 31-39.
2. Aronson, M. F. J., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A., Winter, M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281(1780), 20133330–20133330.
3. Bonilla-Badilla K. 2021. Variación cultural en los cantos del pinzón orejiblanco a través del tiempo. San Pedro, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
4. Castillo Carrasco, A., y Chamba Flores, Y. (2021). Impacto de la contaminación lumínica en la diversidad de aves: una revisión. Innova Biology Sciences.1(2), 33-49.
5. Dickerson, A. L., Hall, M. L., y Jones, T. M. (2022). The effect of natural and artificial light at night on nocturnal song in the diurnal willie wagtail. Science of The Total Environment, 808, 151986.
6. Dumouchel, J. R. (1975). Dictionary of development terminology; the technical language of builders, lenders, architects and planners, investors, real estate brokers and attorneys, appraisers, land taxing and zoning authorities, government officials, community organizers, housing managers, urban renewal specialists.
7. Faeth, S. H., Bang, C., y Saari, S. (2011). Urban biodiversity: patterns and mechanisms. Annals of the New York Academy of Sciences, 1223(1), 69-81.
8. Farrell, A. M., Banelyte, G. G., Rogers, H. M., Lehikoinen, P., Kerdraon, D., y Hardwick, B. (2023). Lifeplan Audio Recording Protocol.
9. Franzoi D. G., Suertegaray F. C., de Sales D. C., (2021) Estimating the impacts of habitat loss induced by urbanization on bird local extinctions. Biological Conservation,256.
10. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. Trends Ecol. Evol. 21 (4), 186-191.
11. Giraudeau, M., Nolan, P.M., Black, C.E. Song characteristics track bill morphology along a gradient of urbanization in house finches (*Haemorhous mexicanus*). Front Zool 11, 83 (2014).
12. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 2024. En www.inegi.org.mx.

13. Isaksson, C. (2018). Impact of urbanization on birds. In D. T. Tietze (Ed.), Bird species: How they arise, modify and disappear. Springer Nature. 235-252).
14. Juárez, R., Araya-Ajoy, Y. G., Barrantes, G., y Sandoval, L. (2020). House Wrens Troglodytes aedon reduce repertoire size and change song element frequencies in response to anthropogenic noise. Ibis.
15. Nemeth, E., y Brumm, H. (2010). Birds and Anthropogenic Noise: Are Urban Songs Adaptive? The American Naturalist, 176(4), 465–475.
16. Marín-Gómez O. H. y MacGregor-Fors. 2019. How Early Do Birds Start Chirping? Dawn Chorus Onset and Peak Times in a Neotropical City. Ardeola 66(2), 327-341
17. Montague H.C.; Neate-Clegg; Tonelli B. A., Youngflesh C., Montgomery A., Şekercioğlu C., Tingley M. W. (2023). Traits shaping urban tolerance in birds differ around the world. 33 (9), 1677-1688.
18. Møller AP, Díaz M, Grim T, Dvorská (2015). Effects of urbanization on bird phenology: a continental study of paired urban and rural populations. Clim Res. 66,185-199.
19. Pacheco-Vargas G, Losada-Prado S. (2015). Efecto del ruido del tráfico vehicular en cantos de Hylophilus flavipes y Cyclarhis gujanensis. Revista Ciencia en Desarrollo 6:117–183.
20. Sánchez-González, K., Aguirre-Obando, O. A., y Ríos-Chelén, A. A. (2020). Urbanization levels are associated with the start of the dawn chorus in vermilion flycatchers in Colombia. Ethology Ecology & Evolution, 33(4), 377-393.
21. Seress, G., y Liker, A. (2015). Habitat urbanization and its effects on birds. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 61(4), 373-408.
22. Shochat E., Warren P. S., Faeth S. H., McIntyre N. E., Hope D. (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. Trends Ecology y Evolution. 21 (4), 186-191.
23. Sorace, A. (2002). High density of bird and pest species in urban habitats and the role of predator abundance. Ornis Fennica, 79(2), 60–71.
24. Slater, P. J. B. (1986). The cultural transmission of bird song. Trends in Ecology y Evolution, 1(4), 94-97.
25. Slabbekoorn, H. (2013). Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds. Animal Behaviour, 85(5), 1089-1099.
26. Slabbekoorn, H., y den Boer-Visser, A. (2006). Cities change the songs of birds. *Current biology*, *16*(23), 2326-2331.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124112

SÍNTESIS DE CATALIZADORES Ni_XMoW, SOPORTADOS EN γ-ALÚMINA PARA LA REACCIÓN DE HDS DE DBT

Stephanie Betancio Gaitan[1], Francisco Ramirez Cardoso[2], Edgar Arevalo Basañez[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2002127g@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; francisco.ramirez@umich.mx
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1024195f@umich.mx

Palabras Clave: Catalizadores trimetálicos soportados, hidrodesulfuración, Dibenziotofeno.

RESUMEN. En el presente trabajo se estudió la reacción de Desulfuración (DBT) para la molécula de Dibenziotofeno (DBT) utilizando un catalizador trimetálico de 3.5 a base de $Ni_xMoW/\gamma\text{-}Al_2O_3$. Se evaluó la actividad catalítica del sistema utilizando como molécula modelo el Dibenziotofeno, que es una molécula que se encuentra en diésel. Las reacciones se llevan a cabo en un reactor de acero inoxidable por lotes, operando a condiciones de temperatura y presión similares a las utilizadas en sistemas de hidrotratamiento a escala industrial. La incorporación de las fases activas se realizó por el método de impregnación incipiente por llenado de poro, manteniendo una concentración de 3.5 %, en peso de NiO, 6 % en peso de MO3 y 9.7 % WO3 en el catalizador. La caracterización del soporte y catalizador preparado fue llevada a cabo mediante las siguientes técnicas: Fisisorción de N_2, Difracción de rayos X (DRX), Espectroscopia Raman y Reflectancia Difusa UV-VIS.

INTRODUCCIÓN. En el presente trabajo se estudió la reacción de Desulfuración (DBT) para la molécula de Dibenziotofeno (DBT) utilizando un catalizador trimetálico de 3.5 a base de $Ni_xMoW/\gamma\text{-}Al_2O_3$. Se evaluó la actividad catalítica del sistema utilizando como molécula modelo el Dibenziotofeno, que es una molécula que se encuentra en diésel. Las reacciones se llevan a cabo en un reactor de acero inoxidable por lotes, operando a condiciones de temperatura y presión similares a las utilizadas en sistemas de hidrotratamiento a escala industrial. La impregnación de las fases activas se realizó por el método de impregnación incipiente de llenado de poro, manteniendo una concentración de 3.5 % en peso de NiO, 6 % en peso de MO_3 y 9.7 % WO_3 en el catalizador. La caracterización del precursor del catalizador fue llevada a cabo mediante las siguientes técnicas: Fisisorción de N2, Difracción de rayos X (DRX) y Espectroscopia Raman.

ANTECEDENTES. Los óxidos metálicos constituyen una familia importante de materiales solidos debido a su gran numero de aplicaciones, muchas de las cuales son operaciones a gran escala o tienen importancia tecnológica [1]. Varias de estas aplicaciones están asociadas con la actividad superficial que exhiben muchos óxidos metálicos, como por ejemplo la adsorción, la detección y la catálisis [2]. Entre óxidos metálicos tensioactivos, el oxido de aluminio (III), más conocido como “alúmina”, es particularmente relevante. Las alúminas gozan de una amplia aplicación en proceso catalíticos y tecnologías de adsorción. Además, las alúminas se han convertido en materiales de referencia en la química del estado solido y la ciencia de superficies de los óxidos: gran parte del conocimiento actual se remota al trabajo pionero sobre las alúminas. Los hallazgos se extrapolaron posteriormente a otros óxidos, o los conceptos se ampliaron para incluir otros materiales. A pesar de la gran cantidad de conocimiento, hay muchas preguntas abiertas y

también un desacuerdo significativo en la literatura [3]. Los catalizadores para el hidrotratamiento se basan principalmente en Co-promovido por Ni (o Sulfuro de Mo (o W)) soportado sobre alúmina o sílice-alúmina. Está ampliamente aceptado que los átomos promotores (es decir, Co o Ni) están ubicados en los bordes de la estructura MoS2 (o WS2), de acuerdo con el modelo de fase propuesto por Topsøe y colaboradores [4, 5]. También que Ni- Los catalizadores de sulfuro de Mo promovidos (o W) favorecen la vía de hidrogenación en relación con los catalizadores de sulfuro de Mo promovidos por Ni Catalizador de sulfuro de Mo, que facilita la escisión del enlace C-S (vía de desulfuración directa). Este comportamiento catalítico diferente y también la dependencia de los parámetros aparentes de Arrhenius en la formulación del catalizador se atribuyó a la mayor proporción del borde Mo (o W) para los catalizadores promovidos con Ni y la ventaja S para el catalizador de sulfuro de Mo copromovido. [6].

OBJETIVOS. Obtener un catalizador trimetálico de 3.5 (Ni_xMoW), soportado en alúmina que sea activo para reacciones de Desulfuración (DBT). Determinar las propiedades fisicoquímicas del catalizador fases activas, acidez superficial, propiedades texturales, estructurales y electrónicas. Mediante diferentes técnicas analíticas para determinar dichas propiedades: Fisisorción de N_2 (BET), difracción de rayos X (DRX), Espectroscopia Raman y Reflectancia Difusa UV-VIS. Evaluar los catalizadores en reacciones de Desulfuración utilizando una molécula modelo el Dibenziotofeno, que es una molécula que se encuentra en diésel. Establecer la relación entre las propiedades fisicoquímicas y la actividad catalítica y selectividad.

MATERIALES
Heptamolibdato de amonio tetrahidratado (NH4)6$Mo_7O_{24}.6H_2O$
Metatungstato de amonio $(NH_4)6W_{12}O_{39}.xH_2O$
Nitrato de Níquel NiO

METODOLOGÍA
Síntesis del soporte catalítico. La pseudo-boehmita es un precursor que requiere de la eliminación de agua por calcinación a aproximadamente 450º C para la obtención de γ-Al_2O_3 (soporte). En este trabajo, la síntesis de pseudo-boehmita fue llevada a cabo por el método de precipitación desarrollado por Toledo-Chávez y col. [7,8].
Síntesis del catalizador. En primer lugar, se preparó una solución acuosa de $(NH_4)6Mo_7O_{24}.6H_2O$ (6.0 wt% MoO_3), $(NH_4)6W_{12}O_{39}.xH_2O$ (9.7 wt% WO_3) y acetato de níquel (2.5 wt% NiO) en 5 ml de agua (basado en experimentación previa). Posteriormente la solución es incorporo al soporte de alúmina mediante el método de impregnación incipiente de llenado de poro, para tal fin se colocó el soporte impregnado en una capsula de porcelana y se mantuvo a temperatura ambiente por 24 h. Una vez transcurrido el tiempo se procedió a calcinar a 500ºC por 4h con una velocidad de calentamiento de 5º C/min [9,10]. La activación del catalizador se realizó a una temperatura de 400ºC usando una mezcla de gas H_2S/H_2 con un flujo de Hidrogeno y tiempo de activación de 4 hr. La reacción de HDS de las corrientes de gasóleo primario se realizó a 320ºC durante un tiempo de 6 hr tomando muestras cada 1 hora. Para analizar la remoción de azufre se utilizó un cromatógrafo de gases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Fisisorción de N_2 (BET). En la Fig. 1, se muestran las isotermas de adsorción–desorción de N_2 para el catalizador NiMoW/ γ-Al_2O_3. De acuerdo a la IUPAC, la forma de la isoterma del catalizador es de tipo IV, relacionada con materiales mesoporosos. La isoterma del catalizador presenta histéresis del tipo H3, relacionadas con poros en forma de rendija de tamaño uniforme y poros con forma de rendija no uniformes, respectivamente.

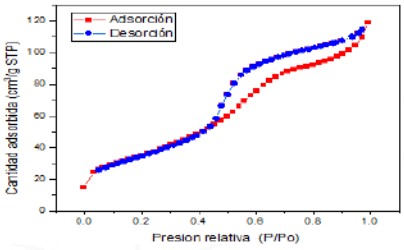
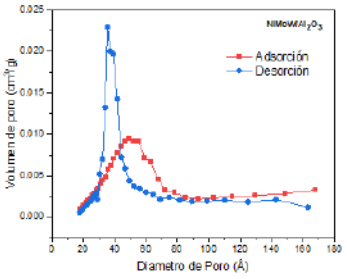


Figura 1. *Isotermas de adsorción-desorción de N2 para el Catalizador NiMoW/γ-Al_2O_3.*



En la Fig. 2, se muestra que la distribución de tamaño de poro para el catalizador es unimodal. De forma adicional, se aprecia que el catalizador presenta un intervalo de tamaño de poros amplio entre 18-30 Å con un máximo en aproximadamente 35 Å.

Figura 2. *Distribución de tamaño de poro para el catalizador NiMoW/γ-Al_2O_3*

Difracción de rayos-X (DRX). Para estudiar las fases cristalinas presentes en el catalizador preparado, los materiales fueron analizados mediante la técnica DRX. Los resultados de DRX del catalizador NiMoW mostraron únicamente la presencia de reflexiones asociadas al soporte de alúmina en su fase cristalina gamma-alúmina fueron los patrones de DRX del soporte y los catalizadores se muestran en la Fig. 3. Los patrones de DRX del catalizador no se mostraron picos distintos a lo de γ-Al_2O_3. Lo que indica que además de los compuestos de sulfuro amorfo, se encuentra otras especies metálicas como Ni2P y Ni metálico, altamente dispersos sobre el soporte y sus tamaños de partículas son por debajo del límite de detección de DRX [11].

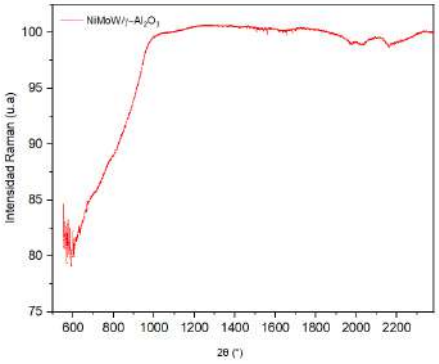


Figura 3. Diagrama de difracción del catalizador trimetálico NiMoW/γ-Al_2O_3

Espectroscopía Raman. Los catalizadores sintetizados se analizaron mediante espectroscopía Raman para proporcionar información sobre las especies presentes en la superficie de los catalizadores soportados. El espectro Raman revela bandas distintivas del catalizador trimetálico NixMoW/γ-Al2O3. En la Fig. 4 se muestra un Especto Raman en NixMoW/γ-Al_2O_3, se aprecia un pico a 990 nm^{-1}, que es característico del oxido de níquel de tamaño nanométrico teniendo en cuenta los datos anteriores [12, 13]. Para el siguiente pico mostro una banda principal de 350 nm-1 atribuido a los modos simétricos y de flexión de el enlace terminal Mo=O de las especies de Mo con coordinación octaédrica para el unión hidratado Mo_7O_{246}. La de convolución de la banda principal resulto en dos picos a 894 nm^{-1} y 965 nm^{-1}, que se atribuye a los estiramientos simétricos de enlaces poliméricos W-O-W y W=O terminal de unidades WO_6 coordinadas octaédricas presentes en estructuras de politungstato hidratadas respectivamente [14, 15].

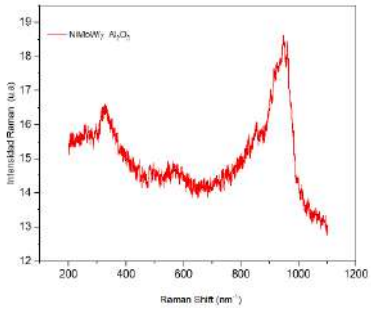


Figura 4. *Espectro Raman del catalizador trimetálico: NiMoW/γ-Al_2O_3*

Reflectancia Difusa UV-VIS. Los espectros UV-vis de los catalizadores en estado oxidado se registraron en el rango de 200 nm a 400 nm se observa el borde correspondiente a la transición de transferencia de carga entre el oxígeno y molibdeno $O^{2-} \rightarrow Mo^{6}$. Entre la región de 280 nm – 330 nm que se asigna a especie octaédrico y tetraédrico, presente en todos los catalizadores. En la zona 300 nm a 800 nm, las bandas asignadas por Scheffer et al (1987) en 395 nm o 635 nm para especies de níquel octaédrico Ni(Oh) o níquel tetraédrico Ni(Th) respectivamente, se ha identificado la presencia de níquel tetraédrico en el catalizador convencional. Liu Z. et al (1998) y Torres M. et al (2006).

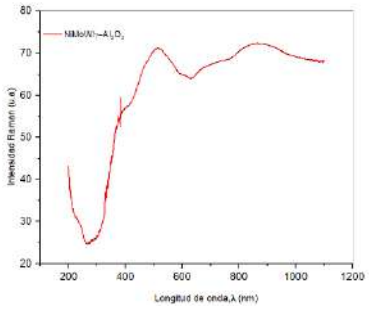


Figura 5. *Patrones de reflectancia difusa del catalizador trimetálico: NiMoW/γ-Al_2O_3*

CONCLUSIONES. La presencia de níquel tetraédrico en el catalizador convencional. Se sabe que Ni(Th) o Mo(Th) dan lugar a especies fuertemente unidas al soporte o especies que se pierden en la red de soporte, por lo que se esperaría una baja concentración de especies en fase activa tras el proceso de sulfuración. Y para el difractograma DRX se puede concluir que los materiales presentan una buena dispersión de las especies metálicas con respecto a la superficie del soporte o bien, los posibles cristales formados tienen un tamaño inferior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fierro, JLG Ed.; Óxidos metálicos: química y aplicaciones; Taylor & Francis: Boca Ratón, Florida, 2005.
2. Rouquerol, J.; Sing, KSW; Llewellyn, P. Adsorción por polvos y solidos porosos, 2. Ed.; Elsevier: Ámsterdam, 2014; pags, 393-465.
3. Jackson, SD, Hargreaves, JSJ Eds.; Catálisis de oxido metálico, Wiley-VCH: Weinheim, 2008.
4. H. Topsøe, B.S. Clausen, F.E. Massoth, in: J.R. Anderson, M. Boudart (Eds.), Hydrotreating Catalysis, Science and Technology, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
5. Henrik Topsøe,The role of Co–Mo–S type structures in hydrotreating catalysts,Applied Catalysis A: General,Volume 322,2007,Pages 3-8,ISSN 0926-860X,
6. Gilberto toledo-chávez, juan-carlos paniagua-rodríguez, juan zárate-medina, rafael maya-yescas, reactions analysis during the synthesis of pseudo-boehmite as precursor gamma-alumina, catalysis today, volume 271, (2016), pages 207-212m r akbarpour, e salahi, f alikhani hesari, a simchi, h s kim. ceramics international, (2014), 40, p. 951-960.
7. Gilberto toledo-chávez, juan-carlos paniagua-rodríguez, juan zárate-medina, rafael maya-yescas, reactions analysis during the synthesis of pseudo-boehmite as precursor gamma-alumina, catalysis today, volume 271,

(2016), pages 207-212m r akbarpour, e salahi, f alikhani hesari, a simchi, h s kim. ceramics international, (2014), 40, p. 951-960.
8. Huirache-acuña, r., rivera-muñoz, e.m., pawelec, b., ostrooumov, m., maya-yescas, r. & rico, j.l. (2014). the use of a natural mexican zeolite as support of nimow sulphide hydrotreating catalysts. catalysis today 220-222 (0), 301-309.
9. Hydrodesulfurizationand hydrodenitrogenation, chemistry and engineering. kodansha and wiley-vch. tokyo, 4-16, 36-37, 350-352. inecc. (2017). informe nacional de calidad del aire 2016, méxico.
10. Gabriel alonso nuñez, trino armando zepeda, sergio fuentes moyado, elena smolentseva, jorge noé diaz de león hernández, patent 2015/0306585 a1. a.
11. Facultad de Ingeniería química, Universidad del Petróleo de China, Beijing 102249, China; Instituto de Investigación Petroquímica, PetroChina Company Limited, Beijing 100195, China. Síntesis de catalizadores trimetalicos NiMoW/γAl2O3 promovidos por Ni2p para hidrotratamiento del aceite diesel. 2010.
12. N. Mironova-Ulmane, A. Kuzmin, I. Steins, J. Grabis, I. Sildos, M. Pärs, J. Phys. Conf. Ser. 93 (2007), http://dx.doi.org/10.1088/ 1742-6596/93/1/012039/012039.
13. R.E. Dietz, G.I. Parisot, A.E. Meixner, Phys. Rev. B: Condens. Matter 4 (1971) 2302–2310.
14. S.L. González-Cortés, T. Xiao, P.M.F.J. Costa, B. Fontal, M.L.H. Green, Appl. Catal., A 270 (2004) 209–222.
15. G. Mestl, J. Mol. Catal. A: Chem. 158 (2000) 45–65.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124113

ASPECTOS TRÓFICOS Y REPRODUCTIVOS DE UN PEZ NATIVO (*GOODEA ATRIPINNIS*) EN LOS MANANTIALES DE "LA ZARCITA", ZACAPU, MICHOACÁN, MÉXICO

***Enid Michelle Escamilla Espejo*[1], *Omar Domínguez Domínguez*[2], *Arely Ramírez García* [3]**

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1719906g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; omar.dominguez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; arelyr@umich.mx

Palabras Clave: Índices reproductivos, dieta alimenticia, manantiales antropizados, Goodeidae.)

RESUMEN. Los peces de la familia Goodeidae son endémicos a la región del centro de México, las especies de esta familia presentan características únicas, considerados como peces vivíparos verdaderos. Una de estas especies es Goodea atripinnis, la cual es de los goodeinos con amplia distribución en el país. Una zona donde se distribuye esta especie es en la región de Zacapu en una zona de manantiales conocida como la Zarcita, la cual, en conjunto con el Lago Zacapu pertenecen a un Área Natural Protegida. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue describir los aspectos reproductivos y tróficos de la especie G. atripinnis de manera temporal en los manantiales de la Zarcita. Se realizó una colecta bimestral de febrero a diciembre del 2023, se realizaron estudios reproductivos, tales como identificación de los estadios gonadales, estructura de tallas, fertilidad, proporción de sexos, talla de primera madurez, índice gonadosomático, factor de condición y tipo de crecimiento, así como también análisis alimenticios como índice de importancia de presa específica, amplitud de nicho, amplitud de dieta, y nivel trófico. Los resultados muestran que la especie presenta un solo pico reproductivo durante todo el año, el cual ocurre en febrero, su fertilidad promedio es de 38 embriones, presenta crecimiento alométrico positivo, proporción sexual de 1:1 (hembra: macho), madura a los 90 mm, ambos sexos. Presentó un factor de condición bajo comparado la misma especie del Lago de Zacapu, se obtuvieron mayor número de hembras juveniles (estadio I) y machos en estadios adulto (III y IV) a lo largo del ciclo anual. Su dieta es detritívora, se considera un consumidor primario y especialista. Se concluye que G. atripinnis presenta una estructura de tallas completa que va desde organismos pequeños, hasta organismos grandes, sin embargo, su fertilidad es baja comparada con la misma especie en el Lago Zacapu.

INTRODUCCIÓN. Los goodeinos, una subfamilia de peces endémica del centro de México con 21 géneros y 40 especies aproximadamente (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007). Estas especies presentan fertilización interna y son considerados como peces vivíparos verdaderos, con adaptaciones reproductivas únicas como los gonopodios en los machos y los ovarios fusionados en las hembras que permiten el desarrollo embrionario. La mayoría de los goodeinos se encuentran en peligro crítico de extinción debido a la sobreexplotación del agua, la introducción de especies exóticas, la destrucción del hábitat y la contaminación del agua (Domínguez-Domínguez et al., 2005).

Goodea atripinnis es una de las especies con mayor distribución en México y se encuentra en varias cuencas importantes del país. Aunque se ha investigado en otras regiones, no se han realizado estudios específicos en los manantiales de "La Zarcita" en Zacapu, un área natural protegida afectada por actividades humanas como la descarga de drenajes y la introducción de especies no nativas (Ramírez-García et al., 2023). Este estudio es necesario para comprender los aspectos tróficos y reproductivos de G. atripinnis, y su papel en la comunidad de peces dentro de los manantiales.

ANTECEDENTES. Ramírez-García et al. (2020) evaluaron los aspectos reproductivos de tres especies de goodeinos (Goodea atripinnis, Ameca splendens y Zoogoneticus purhepechus) del río Teuchitlán, ubicado en Jalisco, México. Las variables evaluadas fueron la fertilidad, la talla de primera madurez, la proporción sexual, los estadios gonádicos y el índice gonadosomático. Sus resultados mostraron que las especies nativas presentan dos picos reproductivos, de enero a marzo y de julio a septiembre. La proporción sexual fue de una hembra por un macho, y la fertilidad fue baja de todas las especies comparado con otros cuerpos de agua. Ramírez-García et al. (2023) determinaron aspectos de la alimentación de toda la fauna íctica en el lago de Zacapu, basados en el contenido estomacal y análisis de isótopos estables, sus resultados mostraron que la dieta de los peces consistía principalmente en macroinvertebrados acuáticos. La mayoría de las especies fueron consumidores secundarios y generalistas tróficos. La superposición de la dieta trófica fue mayor entre especies nativas (especialmente entre especies de la misma familia) que entre especies no nativas. Entre las especies, se encuentra G. atripinnis, la cual se consideró una especie generalista, ya que se alimenta de una gran cantidad de artículos, entre los más importantes fueron las algas filamentosas, las diatomeas y los copépodos.

HIPÓTESIS. La especie nativa G. atripinnis presentara dos picos reproductivos, y alta fertilidad, similar a lo reportado para la misma especie en el Lago de Zacapu, lo cual, en conjunto con su dieta, tomando en cuenta que es una especie omnívora, será una especie generalista alimentándose de varios artículos alimenticios.

OBJETIVOS. Describir los aspectos reproductivos y tróficos de la especie G. atripinnis de manera temporal en los manantiales de “La Zarcita” en Zacapu

OBJETIVOS PARTICULARES. Analizar la fertilidad, época reproductiva, talla de primera madurez y proporción sexual de G. atripinnis en el manantial de la Zarcita en Zacapu de manera temporal. Determinar los hábitos alimenticios y la amplitud de la dieta de G. atripinnis en el manantial de la Zarcita en Zacapu de manera temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS. La zona de manantiales se encuentra en el parque La Zarcita ubicado en la localidad de Zacapu, en el estado de Michoacán, México (Figura 1). Está conformado por tres estanques modificados, cada uno cercado con una protección de herrería, uno grande y los otros más pequeños, los cuales están rodeados de asentamientos urbanos.

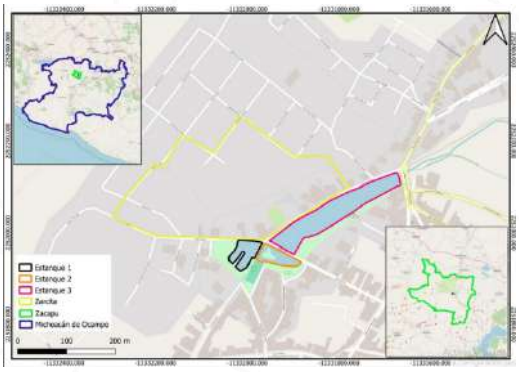


Fig 1. *Ubicación del parque natural “La Zarcita” y los sitios de muestreo (estanques 1, 2 y 3).*

Se realizaron muestreos bimensuales de febrero a diciembre de 2023 en tres estanques. Se midieron variables fisicoquímicas del agua con una sonda multipametrica y se capturaron especímenes de G. atripinnis utilizando nasas y chinchorros con la ayuda de pescadores locales. Se midieron las longitudes y pesos de los especímenes, y se evaluaron las gónadas para determinar los estadios de madurez. Se realizaron análisis estomacales para identificar los artículos alimenticios consumidos por la especie. Los análisis realizados fueron Fertilidad, Índice gonadosomático, Talla de primera madurez, proporción de sexos, estructura de tallas: Se realizó una tabla de frecuencia acumulada para mostrar el número de organismos de cada talla, factor de condición: con la fórmula de Fulton (F) y tipo de crecimiento. Importancia de presa especifica, nivel trófico, amplitud de dieta Levin.

RESULTADOS. Durante el año de muestreo las variables ambientales mostraron que la temperatura mínima fue de 15.19 °C en el mes de febrero y la máxima de 21.55 °C en el mes de junio. El pH fue de 6.7 a 7.3. En el caso del ORP el valor máximo que se presento fue de 159.1 en el mes de agosto, y el mínimo fue de 67.16 en febrero. El valor de NH3 fue de 0.6 a 0.8 Mg-L -1, mientras que el NO3 fue de 8.6 a 10.2 Mg-L -1. Por último, el TDS mínimo fue 104.18 en octubre y el máximo fue 153.83 en agosto. Se analizaron un total de 234 individuos de G. atripinnis, de los cuales 112 son hembras y 121 son machos. Las hembras de Goodea atripinnis presentaron mayor cantidad de organismos en el estadio I en el mes de octubre y en el estadio II en los meses de febrero y agosto, en cambio los machos presentan más organismos en los estadios III y IV en los meses de agosto y abril respectivamente. Las hembras y los machos de G. atripinnis presentaron un pico reproductivo de febrero a junio, siendo mayor en el mes de febrero, mientras que su pico más bajo fue en el mes de junio para ambos sexos (Figura 2).

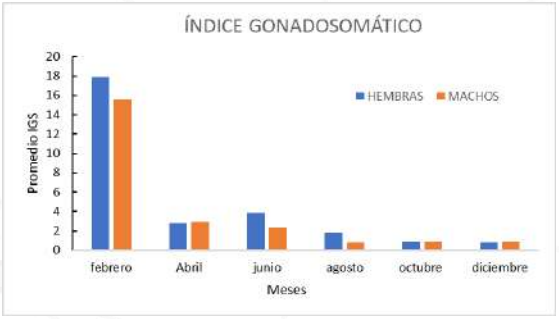


Fig 2. *Promedio del Índice Gonadosomático (IGS) de Goodea atripinnis de manera bimestral durante un año de colecta en los manantiales de la Zarcita, Zacapu, Michoacán.*

Se presentó la talla de primera madurez en las hembras de G. atripinnis a los 91.19 milímetros, mientras que en los machos fue a los 90.62 milímetros. La fertilidad promedio fue de 38 embriones por hembra, con un rango de 17 a 50 embriones. La proporción sexual en la mayoría de los meses fue de 1:1, salvo en octubre, cuando fue de 2:1 (hembras). La talla menor en las hembras fue de 21 mm y la talla mayor fue de 119 mm, mientras que en los machos la talla menor fue de 18 mm y la mayor de 129 mm (Figura 3).

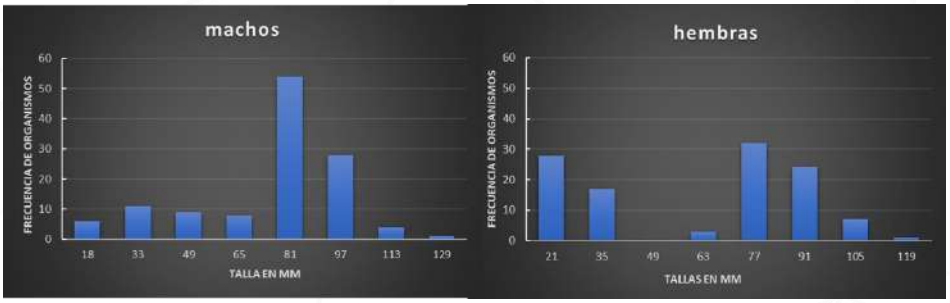


Fig 3. *Estructura de tallas en hembras y machos de G. Atripinnis en los manantiales de la Zarcita, Zacapu, Michoacán.*

Las hembras presentaron el valor más alto en el mes de febrero (0.41565713) mientras que en los machos fue en junio con (0.441360023). El valor más bajo para ambos sexos se dio en el mes de abril con (0.000480725 y 0.001266976) hembras y machos respectivamente. La especie G. atripinnis mostró un crecimiento alométrico positivo, con un aumento en peso mayor que en longitud. Se identificaron 12 tipos de artículos alimenticios en el contenido estomacal, con el detritus y las diatomeas como los más dominantes. El índice de omnivoría reveló que G. atripinnis es un consumidor primario especializado. Importancia de presa específica PSIRI indica que lo que más consume es detritos (52.69%) y diatomeas (24.01%) (Figura 4).

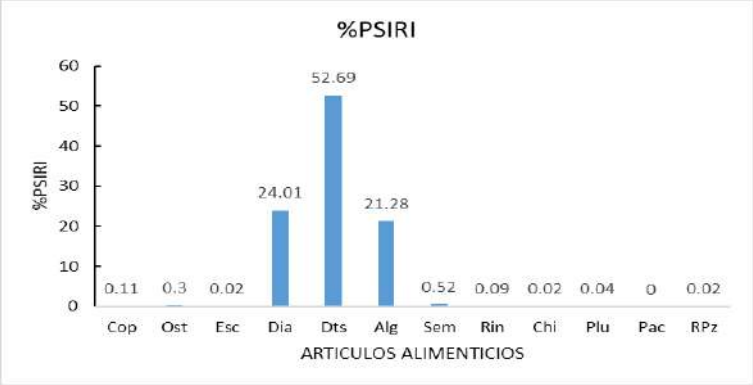


Fig 4. *Índice estandarizado de importancia de presa específica (%PSIRI).*

CONCLUSIÓN. Los resultados indican que G. atripinnis en La Zarcita presenta un solo pico reproductivo en febrero, con una fertilidad promedio de 38 embriones, menor que la registrada en el Lago de Zacapu. Estos hallazgos sugieren que la baja fertilidad podría estar relacionada con la calidad ambiental de La Zarcita, donde la contaminación y la falta de vegetación acuática limitan los recursos alimenticios y afectan la salud reproductiva de la especie. La dieta de G. atripinnis en La Zarcita está dominada por detritos y diatomeas, lo que indica un comportamiento alimenticio especializado en comparación con su dieta más variada en otros cuerpos de agua. Los índices tróficos y de omnivoría refuerzan la idea de que es un consumidor primario y especialista, contrario a la hipótesis planteada. Este estudio subraya la necesidad de gestionar y conservar los manantiales de La Zarcita para proteger a las especies nativas.

LITERATURA CITADA

1. Domínguez-Domínguez, O., Mercado Silva N., Lyons J., Grier H. J. (2005). Los peces goodeidos vivíparos. Pp 525-569. En: Uribe M.C., Grier H.J. (eds.) Viviparous fishes. New Life Publications, Homestead FL, Estados Unidos.
2. Domínguez-Domínguez, O. y Pérez-Ponce de León, G. (2007). Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. CONABIO. Biodiversitas 75:12-15
3. Ramírez-García, A., Piller, K., Ramírez-Herrejón, J. P., Medina-Nava, M., Hernández-Morales, R. y Domínguez-Domínguez, O. (2020). Reproductive biology of three native livebearer fish species (Actinopterygii: Cyprinodontiformes: Goodeidae) in the Teuchitlán River, Mexico. Acta Ichthyol. Piscat. 50 (1): 1–12. Doi. 10.3750/AIEP/02513.
4. Ramírez-García, A., Jeppesen, E., Moncayo-Estrada, R., Mercado-Silva, N. y Domínguez-Domínguez, O. (2023). Dieta y estructura trófica de los peces Comunidad en un Pequeño Lago Subtropical en el Centro de México. Agua, 15, 1301. Doi. 10.3390/w15071301.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124115

LOS HONGOS MACROMICETOS DEL ÁREA VOLUNTARIA PARA LA CONSERVACIÓN (AVC) "BOSQUE UAKUSI" EN EL MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN

Justin Alexis Rodriguez Rodriguez[1], Víctor Manuel Gómez Reyes[2], Gilberto Sosa Rangel[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Facultad de Biología, 1628916g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.gomez.reyes@umich.mx

3 3Directon General Del Bosque Uakisi; xilbertososa@gmail.com

Palabras Clave: Funga, inventario taxonómico, micetismos

INTRODUCCIÓN. Los hongos macromicetos se constituyen en una agrupación convencional de aquellos hongos que desarrollan esporomas conspicuos, de más de 1mm de longitud y en el que se incluyen tres de los grupos más grandes y mejores estudiados del reino Fungi: los zigomicetos, ascomicetos y basidiomicetos, estos grupos presentan una gran importancia para el hombre, ya que se encuentran especies comestibles, toxicas, medicinales, degradadores de la materia orgánica, especies que establecen relaciones mutualistas con las raíces de árboles de interés forestal llamadas micorrizas y especies entomoparásitas (Valenzuela, 2009). En México, como en otras partes del mundo tanto hongos como líquenes han sido sumamente importantes y aún se consideran sagrados en diversas culturas, ya que estos organismos siguen siendo esenciales en la vida de muchos pueblos, sobre todo para las comunidades marginadas que carecen de servicios institucionales de salud, constituyendo a una parte significativa de su dieta, su medicina tradicional y su economía, pues varias especies de hongos se comercializan o intercambian por otros productos. México se sitúan a la vanguardia en investigación, enseñanza y difusión de este universo, ya que es el país en el que se realizan más estudios etnomicológicos y donde residen más investigadores interesados en esta disciplina, a través de investigación-acción, estos buscan integrar conocimientos científicos y tradicionales para mejorar la calidad de vida de las personas y conservar el patrimonio biocultural. Además, el descubrimiento de sus beneficios en la salud humana y ambiental ofrece esperanzas para mejorar las condiciones de la vida en todo el mundo (Gonzales y Campos, 2003). Los hongos macromicetos son organismos aun poco estudiados, y dado a la pérdida de cobertura vegetal en el país, así como el desaparecer de los saberes tradicionales de las comunidades indígenas, ha cobrado importancia, el recabar la información de este grupo. En el trabajo en cuestión se conocerá la diversidad de macromicetos en el área voluntaria para la conservación "Bosque Uakusi", así como los grupos funcionales presentes y el uso potencial que representen, aportando información al área de estudio, y a la comunidad de Morelia, ya que el área en cuestión se realizan recorridos micoturísticos, apoyando al cuidado de los bosques y proporcionando la importancia que los listados taxonómicos representan, dando bases para futuros trabajos a realizar en el área.

ANTECEDENTES. Hawkworth y Lücking (2017) presentan una estimación de 2.2 a 3.8 millones de especies, siendo las estimaciones más aceptadas en la comunidad científica, realizando extrapolaciones proporcionales planta: hongo, además tomándose en cuenta especies cripticas, sitios inexplorados, así como en la recuperación de ADN. Mientras que para México, Guzmán (1997), mediante la revisión de literatura sobre la biodiversidad de hongos, incluida la evaluación de diversidad global del trabajo de Heywood y Watson y sobre los hongos clasificados en México del siglo pasado hasta la actualidad, para México se estiman 200,000 especies tanto Micromicetos como Macromicetos, aunque para los Macromicetos se estiman la cuarta parte, es decir más de 50, 000 especies de las cuales se tiene registro 4, 5000 especies. Para Michoacán Gómez-Reyes y Gómez-Peralta (2019) registran 688 especies clasificados en ascomicetos y basidiomicetos. En cuanto al área de estudio, el único registró es el de Joselyne (2023) con el estudio técnico justificativo para que el Cerro del Águila fuera catalogado como una ANP se llegaron a registrar 12 familias y 20 especies de hongos, entre ellos dos especies fitopatógenas.

OBJETIVO. El objetivo del trabajo fue conocer la diversidad de macromicetos del área voluntaria para la conservación (AVC) “Bosque Uakusi” perteneciente en el municipio de Morelia, además se analizó la diversidad funcional y usos potenciales de los macromicetos en los diferentes tipos de vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizaron 8 muestreos durante el periodo de julio a septiembre del 2023, en el área de estudio, se recorrieron diferentes tipos de vegetación como lo son: bosque de pino-encino, bosque de pino y las cañadas que representan elementos de bosque mesófilo de montaña. Para la recolecta de los hongos se realizaron recorridos al azar, se registraron la información relevante para su posterior identificación, como el sustrato donde se encuentra creciendo, el tipo de vegetación dominante y grupos tróficos (saprobios, micorrizicos y parásitos), así como la toma de fotografías en campo, las muestras se transportaron al laboratorio, en donde se realizaron fichas de los esporomas siguiendo las propuestas de Cifuentes et al, (1988), describiendo caracteres morfológicos tanto Basidiomicetos como Ascomicetos, una vez que se tomaron los datos morfológicos, se llevaron al deshidratador para su previa conservación en bolsas herméticas con las esferas de silica. Para la identificación se basó en caracteres macroscópicos y microscópicos mediante el uso de microscopio, navajas, agujas de disección, portaobjetos, cubreobjetos, agua destilada y colorante (Melzer, Rojo Congo, Azul de Cresil, Azul de Algodón e Hidróxido de Potasio) para la tinción de estructuras específicas y se utilizó la literatura especializada correspondiente para cada grupo taxonómico, el material ya identificado y procesado se incorporó a la colección de Macromicetos en el Herbario EBUM de la Facultad de Biología de la UMSNH.

RESULTADOS. Se realizaron 230 colectas correspondientes a los 81 Taxa en dos divisiones (Ascomycota y Basidiomycota), de estas se identificaron 68 a nivel especie y 13 a nivel de género, en relación a los grupos tróficos se reportan 39 especies micorrizicas, 25 especies saprobias, tres parasitas y una incierta. De las especies identificadas 32 son comestibles, 10 que pueden ser consumidas, pero con precaución, cuatro sin interés culinario, 16 toxicas, una mortal, una medicinal y 8 sin algún uso conocido. De acuerdo con la revisión bibliográfica, se consideran como registros nuevos para México a *Inocybe bakeri* y *Russula aff. ilota*, mientras que para el estado de Michoacán a *Exidia thuretiana*.

Familia	Especie
Agaricaceae	*Echinoderma asperum (Pers.) Bon , Docums Mycol. 21 (núm. 82): 62 (1991)*
	Leucoagaricus sp.
	Coprinus comatus (O.F. Müll.) Pers., Tent. disp. meth. fung. (Lipsiae): 62 (1797)
Amanitaceae	*Amanita muscaria (L.) Lam., Encycl. Méth. Bot. (Paris) 1(1): 111 (1783)*
	Amanita basii Guzmán & Ram.-Guill., Biblthca Mycol. 187: 11 (2001)
	Amanita gemmata (Fr.) Bertill., Dict. Encyclop. Sci. Médic. (Paris) 1(3): 496 (1866)
	Amanita onusta(Howe) Sacc., Syll. fung. (Abellini) 9: 1 (1891)
	Amanita rubescens Pers., Tent. disp. meth. fung. (Lipsiae): 67 (1797)
	Amanita fulva Fr., Observ. mycol. (Havniae) 1: 2 (1815)
	Amanita rhacopus Y. Lamoureux, in Lambert, Fortin, Labbé, Labrecque, Bérubé, Landry, Ilyukhin, Margaritescu, Moncalvo & Lamoureux, MycoKeys 38: 50 (2018)
	Amanita vaginata (Bull.) Lam., Encycl. Méth. Bot. (Paris) 1(1): 109 (1783)
	Amanita crocea (Quél.) Singer, Lilloa 22: 386 (1951) [1949]
Albatrellaceae	*Albatrellus subrubescens (Murrill) Pouzar, Česká Mykol. 26(4): 196 (1972)*
Boletaceae	*Retiboletus griseus (Frost) Manfr. Binder & Bresinsky, Feddes Repert. Spec. Nov. Regni veg. 113(1-2): 37 (2002)*
	Strobylomices strobilaceus (Scop.) Berk., Hooker's J. Bot. Kew Gard. Misc. 3: 78 (1851)
	Exudoporus frostii (J.L. Russell) Vizzini, Simonini & Gelardi, Index Fungorum 183: 1 (2014)
	Suillus granulatus (L.) Roussel, Fl. Calvados: 34 (1796)
	Suillellus luridus (Schaeff.) Murrill, Mycologia 1(1): 17 (1909)
	Leccinum griseum (Quél.) Singer, Die Pilze Mitteleuropas, Band VI: Teil 2, Die Boletoideaea und Strobilomycetaceae 6: 89 (1966)
	Porphyrellus sordidus (Frost) Snell, Mycologia 37(3): 382 (1945)
	Boletus reticulatus Schaeff., Fung. bavar. palat. nasc. (Ratisbonae) 2: tab. 108 (1763)
	Boletus variipes Peck, Rep. (Annual) Trustees State Mus. Nat. Hist., New York 41: 76 (1888)
	Xerocomellus chrysenteron(Bull.) Šutara, Czech Mycol. 60(1): 49 (2008)
Gomphidiaceae	*Chroogomphus vinicolor (Peck) O.K. Mill., Mycologia 56(4): 536 (1964)*
	Chroogomphus sp
Cortinariaceae	*Cortinarius sp.*
	Entoloma lividoalbum (Kühner & Romagn.) Kubička, Česká Mykol. 29(1): 27 (1975)
Geastraceae	*Geastrum sp.*
Gomphaceae	*Ramaria stricta (Pers.) Quél., Fl. mycol. France (Paris): 464 (1888)*
	Ramaria botrytis (Pers.) Bourdot, Rev. Sci. Bourb. Centr. Fr. 7: 119-126 (1894)
	Ramaria flava (Schaeff.) Quél., Fl. mycol. France (Paris): 466 (1888)
Hygrophoraceae	*Hygrocybe conica (Schaeff.) P. Kumm., Führ. Pilzk. (Zerbst): 111 (1871)*

	Hygrocybe acutoconica (Clem.) Singer, Lilloa 22: 153 (1951) [1949
	Hygrocybe sp.
Hygrophoropsidaceae	*Hygrophoropsis aurantiaca (Wulfen) Maire ex Martin-Sans , L'Empoisonnem. Morder. : 99 (1929)*
Hydnangiaceae	*Laccaria laccata (Scop.) Cooke, Grevillea 12(no. 63): 70 (1884)*
Inocybaceae	*Inocybe bakerii Peck, Bull. Torrey bot. Club 36(6): 332 (1909)*
	Inocybe lilacina (Peck) Kauffman, Publications Mich. geol. biol. Surv., Biol. Ser. 5 26: 466 (1918)
Mycenaceae	*Mycena pura (Pers.) P. Kumm., Führ. Pilzk. (Zerbst): 107 (1871)*
Omphalotaceae	*Gymnopus confluens (Pers.) Antonín, Halling & Noordel., Mycotaxon 63: 364 (1997)*
	Gymnopus sp.
Psathyrellaceae	*Coprinopsis sp.*
Russulaceae	*Russula emética (Schaeff.) Pers., Observ. mycol. (Lipsiae) 1: 100 (1796)*
	Russula aff. xerampelina (Schaeff.) Fr., Epicr. syst. mycol. (Upsaliae): 356 (1838) [1836-1838
	Russula sanguinea Fr., Epicr. syst. mycol. (Upsaliae): 351 (1838) [1836-1838]
	Russula aff. Illota Romagn., Bull. mens. Soc. linn. Soc. Bot. Lyon 23: 175 (1954)
	Russula torulosa Bres., Iconogr. Mycol. 9: tab. 433 (1929)
	Russula aff. cyanoxantha (Schaeff.) Fr., Monogr. Hymenomyc. Suec. (Upsaliae) 2(2): 194 (1863)
	Russula foetentula Peck, Bull. N.Y. St. Mus. 116: 85 (1907)
	Russula sororia (Fr.) Romell, Öfvers. K. Förh. Kongl. Svenska Vetensk.-Akad. 48(no. 3): 177 (1891)
	Russula aff. rubroalba (Singer) Romagn., Russules d'Europe Afr. Nord (Bordas): 780 (1967)
	Russula brevipes Peck, Ann. Rep. Reg. N.Y. St. Mus. 43: 66 (1890)
	Lactarius indigo (Schwein.) Fr., Epicr. syst. mycol. (Upsaliae): 341 (1838) [1836-1838]
	Lactarius chrysorrheus Fr. [as 'chrysorheus'], Epicr. syst. mycol. (Upsaliae): 342 (1838) [1836-1838]
	Lactarius deliciosus (L.) Gray, Nat. Arr. Brit. Pl. (London) 1: 624 (1821)
	Lactarius salmicolor R. Heim & Leclair, Revue Mycol., Paris 18(3): 221 (1953)
Tremellaceae	*Tremella mesentérica J.F. Gmel., Syst. Nat., Edn 13 2(2): 1447 (1792)*
	Tremella foliacea Pers., Observ. mycol. (Lipsiae) 2: 98 (1800) [1799]
Tapinellaceae	*Tapinella panuoides (Fr.) E.-J. Gilbert, Les Livres du Mycologue Tome I-IV, Tom. III: Les Bolets: 68 (1931*
Lyophyllaceae	*Lyophyllum connatum (Schumach.) Singer, Schweiz. Z. Pilzk. 17: 55 (1939)*
	Lyophyllum decastes
Lycoperdaceae	*Lycoperdon perlatum Pers., Observ. mycol. (Lipsiae) 1: 4 (1796)*
Sclerodermataceae	*Scleroderma sp.*
Polyporaceae	*Trametes versicolor (L.) Lloyd, Mycol. Writ. (Cincinnati) 6(note 65): 1045 (1921) [1920]*
	Echinochaete brachypora (Mont.) Ryvarden, Bull. Jard. Bot. natn. Belg. 48: 101 (1978)

	Ganoderma sp.
Physalacriaceae	*Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm., Führ. Pilzk. (Zerbst): 134 (1871)*
	Armillaria tabecens
Tricholomataceae	*Tricholoma sp.*
	Tricholoma aff. Imbricatum
Incertae sedis	*Floccularia albolanaripes (G.F. Atk.) Redhead, Can. J. Bot. 65(8): 1556 (1987)*
	Lepista nuda (Bull.) Cooke, Handb. Brit. Fungi 1: 192 (1871)
Helvellaceae	*Helvella crispa Bull., Herb. Fr. (Paris) 10: pl. 465, fig. 1 (1790)*
	Helvella lacunosa Afzel. , K. svenska Vetensk-Akad. Manejar. , ser. 2 4 : 304 (1783)
	Helvella acetabulum
	Helvella macropus(Pers.) P. Karst., Bidr. Känn. Finl. Nat. Folk 19: 37 (1871)
	Helvella sp.
Pezizaceae	*Peziza sp.*
	Peziza sp.
Pyronemataceae	*Sowerbyella rhenana (Fuckel) J. Moravec, Mycol. helv. 2(1): 96 (1986)*
Hypoxylaceae	*Annulohypoxylon thouarsianum (Lév.) YM Ju, JD Rogers y HM Hsieh , Mycologia 97 (4): 861 (2005)*
Ophiocordycipitaceae	*Tolypocladium capitatum (Holmsk.) C.A. Quandt, Kepler & Spatafora, in Quandt, Kepler, Gams, Araújo, Ban, Evans, Hughes, Humber, Hywel-Jones, Li, Luangsa-ard, Rehner, Sanjuan, Sato, Shrestha, Sung, Yao, Zare & Spatafora, IMA Fungus 5(1): 126 (2014)*

Tabla 1. *Listados de especies y géneros identificados*

CONCLUSIONES. De acuerdo a los resultados se observa una alta diversidad fúngica a pesar de solo realizarse la recolección en una temporada, asimismo , resaltando los nuevos registros, indicando que los hongos macromicetos siguen siendo un grupo poco estudiado, representando así la importancia de los listados taxonómicos y siendo la base para futuros trabajos de interés.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bocco, G., M.E. Mendoza, A., Valázquez y A., Torres. (1999). La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. Investigaciones Geográficas. 40:7-22
2. Cornejo-Tenorio, G., Sánchez-García, E., Flores-Tolentino, M., Santana-Michel, F. J., & Ibarra-Manríquez, G. (2013). Flora y vegetación del cerro El Águila, Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982013000200004
3. Gastón-Guzmán, (1998). Inventorying the fungi of Mexico. Biodiversity and Conservation 7, 369-384
4. Gómez-Reyes, V.M. y M. Gómez-Peralta. (2019). Hongos macromicetos. En: La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado 2, vol. II. CONABIO. México, pp. 53-62.
5. Gonzáles, J. y Campos, M. (2003). Hongos y líquenes de México: una herencia biocultural. Revista de la Universidad de México.
6. Hawksworth DL, Lücking R. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. Microbiol Spectrum 5(4): FUNK-0052-2016. doi:10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016.
7. IMPLANM. (2018-2021). Estudio Técnico Justificativo del Polígono Denominado “Cerro del Águila” como Propuesta Para su Declaratoria como Área Natural Protegida, Morelia, Michoacán.
8. Smith, J. y Mueller, G., (2007). An estimate of the lower limit of global fungal diversity. Biodivers Conserv 16:99–111

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124116

ESTUDIO ANATÓMICO DE: PERSEA AMERICANA MILL

María José Garfías Cázares[1], Pablo López Albarrán[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1808634j@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; plopez@umich.mx

Palabras Clave: Estudio anatómico, Persea americana, madera

RESUMEN. El aguacate (Persea americana Mill) es una especie originaria de México y Centroamérica y la única de importancia comercial, dentro de la familia Lauraceae, la cual comprende alrededor de 2,200 especies. Su fruto es bien conocido por el ser humano desde hace milenios, y más allá de su uso comestible se emplea como materia prima para la extracción de aceite el cual es utilizado en la industria cosmética, entre otras. Sin embargo, el uso de su madera se restringe al poco estudio que se tiene sobre ella, por ello el estudio anatómico es un área de investigación que se emplea por varias razones, que abarcan desde la identificación de la especie hasta la optimización de su uso en diferentes aplicaciones industriales. Así mismo, el estudio anatómico de la madera conlleva la caracterización y cuantificación de diferentes células como vasos, fibras y parénquima. Esto ayuda a predecir de manera más certera cómo se comportará la madera bajo diversas condiciones, influenciando sus propiedades físico-mecánicas y determinando el uso específico en el cual se puede implementar. El objetivo de este proyecto es realizar el estudio anatómico de la madera para interpretar su estructura interna y posteriormente proponer una innovación de uso.

INTRODUCCIÓN. El bosque de Michoacán ha sufrido un cambio drástico por los intereses agroforestales en la producción de aguacate, cambiando la flora natural por el monocultivo. Estás plantaciones solo son aprovechadas por su fruto y no forestalmente. Sin embargo, estas sufren podas constantes para el mantenimiento de los árboles, representando un gran porcentaje de biomasa lignocelulósica la cual se cataloga como desperdicio ya que solo es utilizada como composta orgánica y fuente de energía, esto localmente. Anualmente se estima una producción de entre 4.75 a 7.36 m3 de madera proveniente de las podas, considerando un 10% de árboles en poda y una densidad de 125 árboles por hectárea, (Fuentes-Talavera et al,2011). Por ello es necesario fomentar las investigaciones sobre la madera de Persea americana Mill (aguacate), entre ellas los estudios anatómicos, esto conlleva la caracterización y cuantificación de diferentes células como vasos, fibras y parénquima principalmente, los cuales ayudan a determinar sus características morfológicas y así estipular los usos más idóneos para ser aprovechada. El presente trabajo describe anatómicamente la madera de Persea americana proveniente de podas en una plantación de la localidad de La Palma de Altamira del municipio de Ario de Rosales en Michoacán.

ANTECEDENTES. La mayor parte de la investigación sobre Persea americana se ha centrado en mejorar la producción agrícola, la resistencia a plagas y la calidad del fruto. Estos estudios han priorizado aspectos agronómicos y comerciales, dejando en segundo plano el análisis detallado de la anatomía de la madera.

De acuerdo con la investigación documental realizada, se encontró relativamente poca información acerca de estudios anatómicos de esta madera, sin embargo;

- Rogel (1982) reporta un estudio sobre las características anatómicas de la madera de Persea americana y señala algunos usos potenciales de la madera.
- Guzmán, et al. (1999) mencionan que la madera sólida puede ser utilizada para elaborar artesanías.
- Anzaldo et al. (2004) mencionan que la madera de Persea americana se utilice como materia prima para la fabricación de papel corrugado, dando a conocer un análisis químico de dicha madera.

OBJETIVOS. Realizar la descripción anatómica de la madera de Persea americana mediante microscopia óptica. Identificar sus características estructurales. Analizar su estructura interna y proponer los usos más adecuados para su aprovechamiento.

MATERIALES Y MÉTODO. Las muestras utilizadas fueron recolectadas en la plantación el rancho “El cerrito de la joya” ubicada en la comunidad de La Palma de Altamira, municipio de Ario de Rosales, Mich. Se seleccionaron ramas provenientes de las podas, de las cuales se obtuvieron tablillas de 1.5 X 7 X 15 cm, con las que se definieron las características macroscópicas. Del mismo material se habilitaron en cubos de 2x2x2 cm con caras representativas, transversal (X), tangencial (Tg) y radial (R) respectivamente. De acuerdo con Kukachka (1977), los cubos se sometieron a un proceso de ablandamiento por medio de cocción durante 400 horas aproximadamente a ebullición normal. Los cortes se obtuvieron en un micrótomo Leitz Wetzlar ® a un grosor de 30-40 micras. Una parte de los cortes se blanquearon con una solución de ¼ de hipoclorito de sodio al 5% y ¾ partes de agua destilada, se lavaron y se tiñeron con safranina por 10 minutos, y luego se lavaron con alcohol al 60%. La otra mitad se dejó al natural. Ambos grupos de cortes se deshidrataron gradualmente con alcoholes al 70% y 80% durante 1 hora en cada concentración, al 96% durante 50 minutos y al 100% durante 5 minutos. Posteriormente, se aclararon con xilol durante 1 minuto y finalmente, se aplicó resina de montaje. Para la elaboración de material disociado de obtuvieron astillas de la cara radial de los cubos previamente ablandamos, y se utilizó el método de Jeffrey (Johansen, 1940), para disociar el tejido, posteriormente se tiño con pardo de Bismarck durante 15 minutos y se volvió a lavar con alcohol al 60%, posteriormente se vertió en una caja Petri con alcohol al 70% para después montarse en un portaobjetos y aplicar resina de montaje. La denominación de las características macroscópicas se hizo siguiendo las tablas de Tortorelli (1956) y la nomenclatura utilizada en las descripciones microscópicas fue la de IAWA Committee (1989).

RESULTADOS

Características organolépticas. La madera no presenta diferencia de color entre albura y duramen, clasificándose como color blanco rosado (Hue 7-5YR-8/2) según la tabla Munsell (1975). El sabor es ligeramente dulce mientras que el olor es característico estando este recién cortado, ya que una vez seco no se percibe. Su textura es fina tendiendo a media, con hilo ligeramente ondulado y entrecruzado. El veteado varía de liso a suave con diseño liso y en caras radiales espigado presentando un brillo bajo.

Características macroscópicas y microscópicas. La madera de Persea americana presenta una densidad de 0.41 g/cm3. Su zonación es ligeramente definida por fibras de pared más gruesas, la porosidad es difusa heterogénea sin acomodo alguno siendo a su vez muy dispersos. Los poros en su mayoría son solitarios, múltiples radiales de 2,3,5, agrupados de 3,4, y escasos de

5, y múltiples tangenciales de 2. Los poros son de diámetro pequeño teniendo un promedio de 70.33 µm (40-90 µm) y moderadamente numerosos presentando un promedio de 10.63 por mm2 (6-16 poros/mm2). El parénquima leñoso es de tipo paratraqueal vasicentrico y escaso paratraqueal unilateral. Los elementos de vaso son moderadamente cortos con longitud promedio de 337.68 µm (202-565.6 µm) con perforación simple y lígula corta, las puntuaciones en las paredes de los vasos son areoladas alternas. La madera presenta radios múltiples agregados, poliseriados y escasos uniseriados, biseriados y triseriados. Los radios uniseriados presentan de 2 a 8 células de alto. Los radios presentan composición heterogénea, siendo estos muy angostos con un ancho de 17.25 µm (10-25 µm) y muy bajos con altura de 91.42 µm (42.5-225 µm). Mientras que los radios por mm lineales son pocos numerosos encontrándose en promedio 6.63 µm (5-9 µm). Las fibras son de tipo libríforme y escasa escaleriformes, de longitud son moderadamente cortas con 813.54 µm (646.4-1010 µm), con diámetro mediano de 31.96 µm (22.5-50 µm), de pared delgada 11.29 µm (6.25-20 µm) y con diámetro de lumen 20.67 µm (10-35 µm). De igual manera, se observan abundantes inclusiones en células oleíferas, canales gomíferos (gomas) en los radios y ceras en los poros, así como tilósis.

Índice	Clasificación
Coeficiente de rigidez	Muy gruesa: 0.7065
Coeficiente de flexibilidad	Media: 0.6467
Coeficiente de esbeltez	No existe clasificación: 25.4549
Relación Runkel	Grado IV: Regular para papel: 1.092

Tabla 1. *Índices de calidad de pulpa para la especie Persea americana*

CONCLUSIONES. De acuerdo con la relación Runkel se determinó que esta madera es regular para la fabricación de papel. Sin embargo, al ser rica en ceras y aceites, estas sustancias dificultan el proceso de elaboración de papel. Por ello, se recomienda utilizar mezclas que incluyan pequeñas cantidades de astilla de madera de Persea americana junto con otras especies. Además, dado que las fibras son moderadamente cortas, se sugiere que la madera sólida se utilice para la elaborar artesanías y diversos artículos de cortas dimensiones que no estén sometidos a grandes esfuerzos de resistencia mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anzaldo Hernández J, Vargas Radillo J, Fuentes Talavera F, Silva Guzmán J A, Rutiaga Quiñones J G, San Juan Dueñas R. (2004). La madera de aguacate (Persea americana Mill) como materia prima para la fabricación de papel corrugado. Ciencia Nicolaíta 39:207-216.
2. FUENTES-TALAVERA, F. J., J. A. SILVA-GUZMÁN, R. RODRÍGUEZ-ANDA, M. G. LOMELÍ-RAMÍREZ, R. SANJUÁN-DUEÑAS, AND H. G. RICHTER. 2011. STRENGTH PROPERTIES AND NATURAL DURABILITY OF AVOCADO (PERSEA AMERICANA MILL.) BRANCH WOOD. MADERA Y BOSQUES 17: 37-48.
3. Guzmán, J. A. S., Talavera, F. J. F., Richter, H. G., Álvarez, G. A., & Dueñas, R. S. (1999). Estructura de la madera de Persea americana var. guatemalensis Mill (Hass). Madera y Bosques, 5(1), 53-59.
4. IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bull. n.s. 10(3): 219-332
5. Johansen, A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill. New York. 523 pp
6. Kukachka, B. 1977. Sectioning refractory woods for anatomical studies. Forest Service Research Note FPL-0236: 1-9
7. Munsell Color Company (1975). Munsell soil color charts. Munsell Company.
8. Rogel G., Ma. de los A. (1982). Estudio anatómico de la madera de 6 especies tropicales. Bol. Tec. Inst. Nal. Invest. For. 89:37–41.
9. Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. Acme. Buenos Aires. 910 pp

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124117

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE CATALIZADORES TRIMETALICOS FeMoW, SOPORTADOS EN γ-Al2O3 PARA LA HIDRODESULFURACION DEL DIBENZOTIOFENO

Joan Alicia Sánchez Montaño[1], Edgar Arévalo Basáñez[2], Francisco Ramírez Cardoso[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2125482ª@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1024195f@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; francisco.ramirez@umich.mx

Palabras Clave: Hidrodesulfuración, dibenzotiofeno, catalizadores trimetálicos FeMoW.

RESUMEN. En este estudio, la hidrodesulfuración (HDS) reacción del dibenzotiofeno (DBT) fue investigado usando un catalizador trimetálico compuesto de FeMoW/ γ-Al2O3. La reacción se llevó a cabo en un reactor discontinuo de acero inoxidable, replicando las condiciones típicas encontradas en los sistemas de hidroprocesamiento a escala industrial. La incorporación de la fase activa se logró por el método de impregnación inicial mediante el relleno de los poros, con una carga del 2.5% en peso de Fe2O3, 6% en peso de MO3 y 9.7% en peso de WO3. La caracterización del soporte preparado y los catalizadores implicados: fisisorción N2, difracción de rayos X, espectroscopía Raman y reflectancia difusiva UV-VIS. Para conseguir diésel con bajos aromáticos, alto índice de cetano y valor S extremadamente bajo, se requieren condiciones de funcionamiento más estrictas (es decir, alta presión de hidrógeno, alta temperatura de reacción y corto tiempo de contacto con el líquido). La presencia de tungsteno en el catalizador NiMo aumenta selectivamente la velocidad de reacción de la reacción HDS, especialmente para compuestos S refractarios.

INTRODUCCIÓN. La creciente demanda del mercado de combustible ultralimpio para el transporte en muchos condados, combinada con los mayores contenidos de azufre en las reservas de petróleo crudo y el creciente consumo de combustibles para el transporte, representan un problema económico y operativo significativo. Desafío para la industria de la refinería de petróleo. Hoy en día, el mercado mundial de destilados medios está aumentando constantemente, mientras que la calidad de las corrientes de alimentación disponibles está disminuyendo drásticamente. Es posible que sea necesario procesar materias primas o incluso materias primas alternativas para satisfacer el volumen adicional de combustible ultralimpio necesario para el transporte. En este sentido, las reacciones de hidrotratamiento (HDT) juegan un papel importante no solo en la reducción de la contaminación ambiental sino también en el proceso de mejora de la materia prima de baja calidad. En el que se deben considerar una serie de variables como la formulación del catalizador, las condiciones de operación y la calidad de la alimentación (es decir, concentraciones y tipo de aromáticos, compuestos que contienen S y N, su reactividad, efectos inhibidores, etc.) para producir ultra- combustible de transporte limpio [1]. De hecho, las propiedades de la materia prima dependen marcadamente de sus fuentes (es decir, la ubicación, el corte de destilación y los componentes de la mezcla) y juegan un papel importante en la selección de las condiciones operativas para producir combustible de transporte con contenido ultrabajo de azufre. en un catalizador de hidrotratamiento específico [2–4]. Los

catalizadores para el hidrotratamiento se basan principalmente en co-promovido por Ni (o Sulfuro de Mo (o W)) soportado sobre alúmina o sílice-alúmina. Está ampliamente aceptado que los átomos promotores (es decir, Co o Ni) están ubicados en los bordes de la estructura MoS2 (o WS2), de acuerdo con el modelo de fase propuesto por Topsøe y colaboradores [5, 6], y también que Ni- Los catalizadores de sulfuro de Mo promovidos (o W) favorecen la vía de hidrogenación en relación con los catalizadores de sulfuro de Mo promovidos por Ni Catalizador de sulfuro de Mo, que facilita la escisión del enlace C-S (vía de desulfuración directa). Este comportamiento catalítico diferente y también la dependencia de los parámetros aparentes de Arrhenius en la formulación del catalizador se atribuyó a la mayor proporción del borde Mo (o W) para los catalizadores promovidos con Ni y la ventaja S para el catalizador de sulfuro de Mo co-promovido. [7].

ANTECEDENTES. La hidrodesulfuración (HDS) es un proceso químico muy importante en la refinación de petróleo, ya que permite la eliminación de compuestos sulfurados de corrientes de hidrocarburos [8]. El principal objetivo de este proceso es cumplir con las estrictas regulaciones ambientales que limitan el contenido de azufre en los combustibles, como el diésel y la gasolina, debido a su contribución a la emisión de óxidos de azufre (SO_x), que son precursores de la lluvia ácida y otros contaminantes nocivos para la salud humana y el medio ambiente en general [9-11]. Los catalizadores más comunes en los procesos de HDS incluyen Níquel-Molibdeno (NiMo) y Cobalto-Molibdeno (CoMo), ambos soportados en alúmina (γ-Al_2O_3) [12]. Estos catalizadores son efectivos para la eliminación de azufre de hidrocarburos livianos, pero su eficiencia disminuye frente a compuestos sulfurados refractarios, como el dibenzotiofeno (DBT) y sus derivados alquilados, que son más difíciles de desulfurar [13]. La adición de tungsteno (W) a sistemas de Mo y Fe ha mostrado mejorar la actividad catalítica en la HDS. Con esta investigación se busca optimizar la composición y las condiciones de operación del catalizador trimetálicos FeMoW para obtener combustibles más limpios, con bajo contenido de azufre, lo que contribuiría a mejorar la calidad de los productos refinados y reducir el impacto ambiental de los combustibles fósiles.

OBJETIVOS. Sintetizar y caracterizar el catalizador trimetálico FeMoW soportado en γ-Al_2O_3 con las composiciones óptimas de Fe_2O_3 (2.5%), MoO_3 (6%) y WO_3 (9.7%).

OBJETIVOS PARTICULARES. Caracterizar el catalizador y el soporte mediante técnicas de fisisorción de N_2, difracción de rayos X (XRD), espectroscopía Raman y reflectancia difusa UV-VIS para determinar su estructura y propiedades superficiales. Evaluar el rendimiento del catalizador FeMoW/γ-Al_2O_3 en la reacción de HDS del DBT en un reactor discontinuo bajo condiciones controladas de alta presión de hidrógeno y alta temperatura. Lograr tener las bases de reacción para un sistema real con gasóleo crudo para comprobar la efectividad del catalizador en la industria petroquímica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis del soporte catalítico. La pseudo-boehmita es un precursor que requiere la remoción de agua mediante calcinación aproximadamente a 450°C para obtener γ-Al_2O_3 (soporte). La síntesis de la pseudo-boehmita se llevó a cabo por el método de precipitación desarrollado por Toledo-Chávez et al. [8].

Preparación del catalizador. Primeramente, en una solución acuosa de $(NH_4)6Mo_7O_{24}.6H_2O$ (6.0% MoO3 en peso), (NH_4) 6W12O39.xH_2O (9.7% WO3 en peso), $Co(NO_3)2.6H_2O$ y $Fe(NO_3)3{\cdot}9H_2O$ (Fe_2O_3 2.5% en peso) fue preparado en 5 ml de agua (basado en

experimentación previa). Subsecuentemente, la solución es incorporada en el soporte de alúmina mediante el método de relleno de poros por impregnación incipiente, para ello el soporte impregnado fue colocado en una cápsula de porcelana y se mantuvo a temperatura ambiente por 24 hrs. Una vez transcurrido el tiempo, se calcinó a 500°C durante 4 hrs con una tasa de calentamiento de 5°C/min. Finalmente, el catalizador trimetálico fue etiquetado como FeMoW y conservado en un vial [14-17]. La activación del catalizador se llevó a cabo a una temperatura de 400°C utilizando una mezcla de gas H2S/H2 con un flujo de hidrógeno y un tiempo de activación de 4 hrs.

Estudios de reacción. La reacción HDS de las corrientes primarias del gasóleo se llevó a cabo en un reactor discontinuo modelo parr instrument Co 4842 a 320-380°C con una presión de 60-80 bar y una relación volumen de H2/hidrocarburo de 150-350, durante un período de 6 hrs, tomando muestras cada hora y utilizando 1 g de catalizador. La cantidad de azufre total se determinó utilizando un analizador de azufre total (Analytic Jena, multi EA5000) utilizando un ASTMD5453 estándar (para azufre inferior a 200 ppm) y ASTM D4294 (para azufre total superior a 200 ppm).

RESULTADOS

Fisisorción N2 (BET). En la Figura 1, se muestran las isotermas de adsorción–desorción de N_2 para el soporte γ-Al_2O_3. De acuerdo con la IUPAC, la forma de la isoterma del soporte es de tipo IV, relacionada con materiales mesoporosos. La isoterma del soporte γ-Al_2O_3 presenta histéresis del tipo H_2, relacionadas con poros cilíndricos de tamaño uniforme con cuello de botella no uniformes, respectivamente.

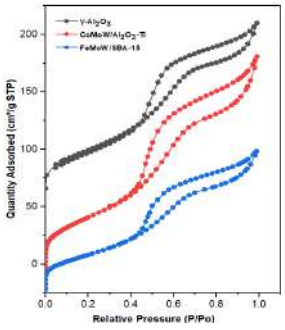


Figura 1. *Isotermas de adsorción-desorción de N_2 para el soporte γ-Al_2O_3.*

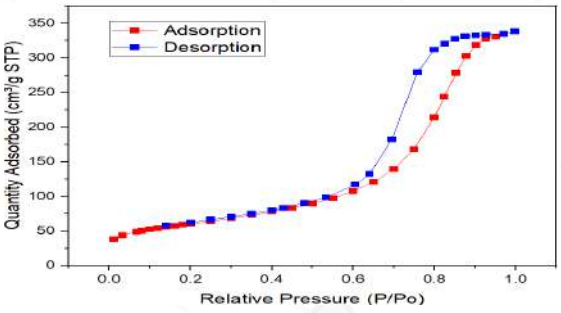


Figura 2. *Isotermas de adsorción-desorción de N_2 para el soporte γ-Al_2O_3, y catalizadores CoMoW/ Al_2O_3 y FeMoW/SBA-15.*

Difracción de rayos-X (XRD). Para estudiar las fases cristalinas presentes en el catalizador preparado, los materiales fueron analizados utilizando la técnica XRD. El patrón XRD del soporte γ-Al_2O_3 y el catalizador FeMoW/γ-Al_2O_3 exhibieron amplios picos de difracción alrededor de 37.74º, 46.12o, 67.05º y se identificaron los planos de una estructura cristalina cúbica (Fd-3m) de fase de transición γ-Al2O3 (tarjeta cristalina # 00-050-0741) como se observa en la Fig. 3 [18]. Esto podría estar asociado a una adecuada dispersión de los precursores de las fases activas en su estado de óxido y/o a un tamaño de cristal inferior a 4 nm. Los resultados obtenidos revelan una notable similitud en las señales adquiridas tanto para el soporte como para el catalizador, lo que indica una notable alta dispersión de la fase activa. Este nivel de dispersión es muy deseable, especialmente en aplicaciones catalíticas. Además, la intensidad y amplitud relativamente bajas de las señales sugieren un grado reducido de cristalinidad y/o un tamaño de cristal reducido. Este fenómeno es prometedor para el desarrollo de una mayor densidad de sitios activos, mejorando

así la eficacia catalítica del material. En el catalizador CoMoW/ γ-Al_2O_3 exhibió un pico de difracción alrededor de 26° correspondiente a la fase $CoMoO_4$ [19].

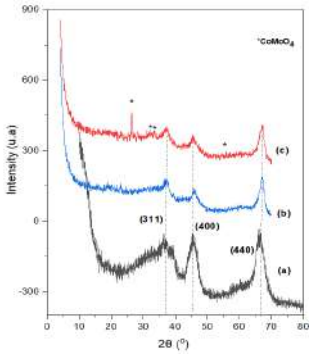


Figura 3. *Diagramas de difracción del soporte γ-Al_2O_3 (línea negra); y del catalizador trimetálico FeMoW γ-Al_2O_3 (línea azul), CoMoW/γ-Al_2O_3 (línea roja).*

Espectroscopía Raman. Los catalizadores sintetizados se analizaron mediante espectroscopía Raman para proporcionar información sobre las especies presentes en la superficie de los catalizadores soportados. El espectro Raman revela bandas distintivas del catalizador trimetálico FeMoW/γ-Al2O3 y el FeMoW/γ-Al2O3 a los 300, 663, 816 y 996 cm-1. Estas bandas se atribuyen a la presencia de cristales de MoO3 en la superficie de Al2O3 [20]. Además, la espectroscopia Raman detecta la presencia de trazas de WO3 cristales en el γ-Al2O3 soporte en el catalizador. En las regiones; 400-800 cm^{-1} representan vibraciones asociadas a la alúmina y los enlaces Fe-O y Co-O, en 800-1000 cm^{-1} son vibraciones correspondientes a Mo=O y W=O mientras que para 1000-2000 cm^{-1}: Esta región muestra un aumento en la intensidad, posiblemente debido a modos vibracionales de superficies activas o interacciones complejas en el catalizador.

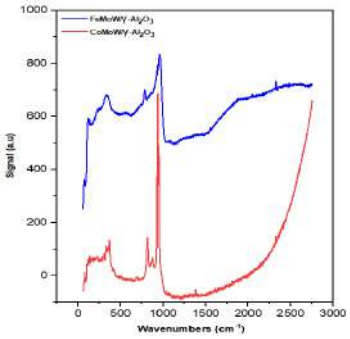


Figura 4. *Diagrama Espectroscopía de Raman del catalizador trimetálico FeMoW γ-Al_2O_3 (línea azul) y el CoMoW/γAl_2O_3 (línea roja).*

Reflectancia difusiva UV-VIS. Los espectros DRS UV-vis de los catalizadores en estado oxidado se registraron en el rango de 200 a 880 nm para determinar la simetría de las especies de Fe, Co, Mo y W soportadas en los catalizadores. Como se muestra en la figura 5. En las bandas a 220-250 nm se atribuyen comúnmente a la señal de molibdato tetraédrico, mientras la banda de 320 nm esta asignada al enlace puente de Mo-O-Mo de la coordinación octaédrica [21, 22]. Las bandas de 260-340 nm se le atribuyen al MoO_4^(+2) tetraédrico aislado y a especies octaedricas Mo+6 respectivamente

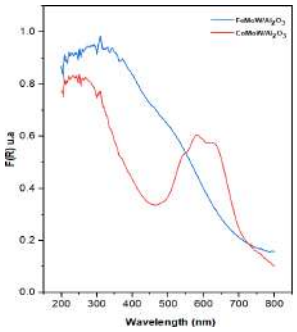


Figura 5. *Diagrama Reflectancia difusiva UV-VIS del catalizador trimetálico FeMoW γ-Al_2O_3 (línea azul) y el CoMoW/γAl_2O_3 (línea roja).*

CONCLUSIONES. En el difractograma XRD podemos concluir que los materiales presentan una buena dispersión de las especies metálicas con respecto a la superficie del soporte o bien, los posibles cristales formados tienen un tamaño inferior a 4 nm y no son detectados por el equipo. El catalizador presenta las tres señales características de la alúmina Gamma, plana (3 1 1), (4 0 0) y (4 4 0), que son propias de una simetría de 3 mm de una estructura cristalina hexagonal con poros ordenados.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), por la disponibilidad para el uso de los laboratorios, donde se realizó la síntesis de los soportes catalíticos. Al CONAHCYT por el apoyo económico brindado al proyecto. Al Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía (Unidad Asociada al ICP-CSIC), Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, España, por facilitarnos el uso de sus instalaciones para la caracterización de los catalizadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Stanislaus, A., Marafi, A. & Rana, M.S. (2010). Avances recientes en la ciencia y tecnología de la producción de diésel ultra bajo azufre (ULSD). Catalysis Today, 153 (1–2), 1-68.
2. J. Ancheyta-Juárez, E. Aguilar-Rodriguez, D. Salazar-Sotelo, G. Betancourt-Rivera, M. Leiva-Nuncio, Appl. Catal. 180 (1999) 195–205.
3. T.C. Ho, Appl. Catal., A 244 (2003) 115–128.
4. Al-Barood, A. Stanislaus, Proceso tecnológico de combustible. 88 (2007) 309–315.
5. H. Topsøe, B.S. Clausen, F.E. Massoth, in: J.R. Anderson, M. Boudart (Eds.), Catálisis de hidrotratamiento, ciencia y tecnología, Springer-Verlag, Berlin, 1996.
6. H. Topsøe, Appl. Catal., A 322 (2007) 3–8.
7. S.L. González-Cortés, React. Kinet. Catal. Lett. 97 (2009) 131–139.
8. Wang, J. (2021). Avances en los catalizadores de hidrodesulfuración para producir combustibles de azufre ultra bajo. Revista China de Catálisis, vol. 42, n.º 10. pp. 1599-1610.
9. García, M. E., Ramírez, H. U., Meulenert, Á. R., García, F. O., Alcalá, J., Arellano, J., ... & De la Torre, O. (2006). Influencia de los contaminantes SO2 y NO2 en la formación de lluvia ácida en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. e-Gnosis, (4), 0.
10. Saranova, A. A. (2018). Identificación de regiones de procedencia de precursores de lluvia ácida en el Estado de Veracruz para el establecimiento de estrategias de prevención, minimización y control.
11. Song, C. (2003). Una visión general de los nuevos enfoques para la desulfuración profunda para la gasolina ultralimpia, el combustible diésel y el combustible para aviones. Catalysis Today, vol. 86, no. 1-4, pp. 211-263.
12. Shafi, R. y Hutchings, G. J. (2000). Hidrodesulfuración de dibenzotiofeno: efectos promocionales y mecanismo de reacción. Catalysis Today, vol. 59, no. 3-4, pp. 423-437.
13. Toledo-Chávez, G., Paniagua-Rodrígueza, J., Zárate-Medina, J. y Maya-Yescas, R. (2016). Análisis de reacciones durante la síntesis de pseudo-boehmita como precursora de gama-alúmina. 208-212.
14. Huirache-Acuña, R., Albiter, M.A., Ornelas, C., Paraguay, F., Martínez, R., & Alonso, G. (2006). Catalizadores hds de sulfuro de Ni(Co)-Mo-W no soportados por descomposición ex situ de alquiltiomolibdotungstatos. Catálisis Aplicada A: Generalidades, 308, 134–142.

15. Gutiérrez, O.Y., Sinhg, S., SchachtL, E., Kim, J., Kondratieva, E., Hein, J., Lercher, J.A, (2014 Efectos del soporte en el rendimiento y la promoción de catalizadores de (Ni)MoSO2 para la hidrodesnitrogenación e hidrodesulfuración simultáneas, catálisis de ACS. vol. 4, pp. 1487-1499.
16. Hussain, M., Yun, J.S., Ihm, S.-K., Russo, N. & Geobaldo, F. (2010). Síntesis, caracterización y actividad de hidrodesulfuración de tiofeno de nuevos carbonos macroporosos y mesomacroporosos. Industrial & Engineering Chemistry Research, 50 (5), 2530-2535.
17. Pacheco, M.E., Martins Salim, V.M. & Pinto, J.C. (2011). Desactivación acelerada de catalizadores de hidrotratamiento por deposición de Coca-Cola. Industrial & Engineering Chemistry Research, 50 (10), 5975-5981.
18. Carrier, X., Marceau, E., Lambert, j-f., che, m. (2007). Transformaciones de γ-alúmina en suspensiones acuosas 1. Meteorización química de la alúmina estudiada en función del pH. Journal of Colloid and Interface Science, 308: 429- 437.
19. Al-Hammadi SA, Al-Amer AM, Saleh TA (2018) Compuesto de nanofibra de alúmina-carbono como soporte para catalizadores MoCo en reacciones de hidrodesulfuración.Chem Eng J 345:242–251
20. G. Lebourdon, F. Adar,M. Moreau, S. Morel, J. Reffner, A.S. Mamede, C. Dujardin, E. Payen, Phys. Quim. Fis. 5 (2003) 4441
21. Jos van Dillen, Robert J.A.M. Terörde, Dennis J. Lensveld, John W. Geus, Krijn P. de Jong, Síntesis de catalizadores soportados por impregnación y secado utilizando complejos acuosos de metales quelados, Journal of Catalysis, Volumen 216, Issues 1–2,2003,257-264,
22. MBreysse, Michèle & Afanasiev, Pavel & Geantet, Christophe & Vrinat, Michel. (2003). Descripción general de los efectos de soporte en catalizadores de hidrotratamiento. Catalysis Today - CATAL TODAY. 86. 5-16.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124118

OPTIMIZACIÓN Y PREDICCIÓN DE LA MORFOLOGÍA DE DEPÓSITOS DE UN ACERO ALEADO CON Mo SOBRE ACEROS BAJO CARBONO EMPLEANDO EL PROCESO SAW

José Alejandro Marin Peredo [1], Jairo Ahaed Estrada Huazano[1], Luis Emmanuel Reyes Gordillo[1]
1 Tecnológico Nacional de México Campus Instituto Tecnológico de Morelia; l19120496@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Optimización, SAW, Depósito, Soldadura, Arco eléctrico.

RESUMEN. En área de la ingeniería de la soldadura existen diversos procesos cuyo principio fundamental es el arco eléctrico como fuente de calor y la alimentación metálica constante. Cada uno de los procesos involucra una gama amplia de parámetros como intensidad de corriente eléctrica, voltaje, velocidad de alimentación, polaridad, frecuencia entre otras; así como variables operativas de velocidad de avance, especies químicas a depositar, atmósferas protectoras, entre otras. Encontrar la correlación entre cada uno de los parámetros operativos y de proceso con la morfología y características del depósito es el reto más grande para la ingeniería en soldadura. Existe un proceso de soldadura poco explorado por la gran cantidad de requerimientos operativos y metalúrgicos para su análisis empleado como proceso de recuperación, reingeniería y reparación de componentes de gran tamaño y susceptibles a choques térmicos. Este proceso es denominado soldadura por arco sumergido (SAW) emplea el calibre de alimentación más grande, y por lo tanto genera la pileta de mayor extensión de los procesos de arco eléctrico, motivo por el cual es necesario la adición de fundente que la proteja del ambiente. En este trabajo se describe la metodología experimental Taguchi y análisis estadístico para encontrar la correlación entre la intensidad de corriente, voltaje y polaridad con una velocidad de avance constante de 6 mm/s empleando un aporte SDXS3Mo-EA4 mediante el proceso SAW. La optimización fue definida bajo el principio de menos es mejor con respecto a la continuidad de ancho y de altura de cada deposito con una resolución medida de un centímetro. Adicionalmente, fue posible definir la penetración, y la dilución metalúrgica objetivo (4 mm y 30% respectivamente) para la garantía operativa de este proceso.

INTRODUCCIÓN. Dentro del área de la ingeniería de la soldadura existen diversos procesos cuyo principio fundamental es el arco eléctrico como fuente de calor y la alimentación metálica constante. Cada uno de los procesos involucra una gama amplia de parámetros de procesamiento como intensidad de corriente eléctrica, voltaje, velocidad de alimentación, polaridad, frecuencia entre otras; así como variables operativas como la velocidad de avance, especies químicas a depositar, atmósferas protectoras, etc. Encontrar la correlación entre cada una de las múltiples variables operativas y de proceso son hasta el día de hoy el reto más grande para el ingeniero especialista en soldadura. En este sentido, múltiples trabajos han reportado correlaciones en procesos de electrodo revestido (SMAW), en soldadura con filamento sólido continuo y protección gaseosa (GMAW), soldadura con núcleo-fundente (Flux-Core) y empleando arco con electrodo de tungsteno y atmósfera gaseosa (GTAW). En cada uno de ellos las características morfológicas y metalúrgicas del depósito base son relacionadas en la búsqueda constante de la optimización del proceso desde el punto de vista del producto.

Existe un proceso de soldadura cuyo desarrollo ha sido poco explorado por la gran cantidad de requisitos operativos y metalúrgicos requeridos para su análisis el proceso de arco por electrodo sumergido (SAW). Esta técnica, aunque poco explorada presenta una amplia aplicación por la factibilidad de ser empleada como proceso de recuperación, reingeniería y reparación de componentes de gran tamaño y susceptibles a choques térmicos característicos de los procesos de soldadura convencional. Este proceso a diferencia de los mayormente empleados usa un aporte sólido continuo de alambre metálico con el mayor diámetro de todas las técnicas de soldadura que va desde 1.6 a 6.4 mm de diámetro, este rango está relacionado y va acorde con la intensidad de corriente que se vaya a utilizar. El mayor aporte de material requiere condiciones de fusión críticas que solo pueden ser aportadas por la protección de un fundente alimentado de manera coaxial y que protege en su totalidad la pileta fundida por el arco eléctrico. Este fundente permite la interacción de tres tipos con la pileta fundida, control químico, indica el control que se lleva a cabo para una buena composición química del acero deseado, eliminando los elementos no deseados y llevados a la escoria; control físico, la escoria generada por el fundente protege a la pileta de soldadura para que esta no sea contaminada por el medio ambiente con humedad o el mismo aire; y por último el control térmico, hace referencia a la perdida de temperatura que pude haber si no hay una escoria, la escoria permite que no haya una pérdida de temperatura significativa al finalizar el soldeo si no se requiere, ya que pude afectar la solidificación y por ende a las propiedades mecánicas del depósito de soldadura y del sustrato. En este trabajo de describe la metodología para la optimización del proceso de arco sumergido empleando un sustrato de acero bajo carbono y un aporte SDX S3Mo-EA4. Fue empleado un método estadístico Taguchi como herramienta eficaz para optimizar el proceso de soldadura por arco. Transforma un proceso con parámetros no controlados en procesos robustos controlados por un número limitado de factores experimentales. Los parámetros del proceso son los factores controlables como lo puede ser la intensidad de corriente, el voltaje y la polaridad. Los factores incontrolables, como la temperatura ambiente, el operario y la iluminación, no se consideran parámetros del proceso. Así, los resultados favorables serán robustos independientemente de los factores no controlables. Esta metodología se complementa además con el Análisis Relacional Gris (GRA), una técnica avanzada experta en discernir relaciones entre factores de entrada y respuestas de salida en entornos complejos y dinámicos. Esta investigación tiene como objetivo la optimización del proceso SAW mediante la correlación de parámetros de soldadura utilizando la integración de dos metodologías, a saber, Taguchi y GRA.

ANTECEDENTES. La SAW se emplea habitualmente para unir componentes de gran tamaño y secciones de material grueso, en particular en industrias como la construcción naval, el petróleo y el gas y la fabricación estructural. Encuentra aplicación en diversos contextos, incluida la construcción de juntas de tubos y tuberías, recipientes a presión, contenedores nucleares, estructuras de torres eólicas, así como la fabricación de tanques de petróleo, agua o gas natural licuado. El proceso de arco sumergido es un proceso que permite soldar a relativamente altas velocidades y al mismo tiempo permite la automatización. Este proceso es efectivo para soldar espesores de 5 mm, o más ya que permite una muy buena penetración y además se protege del medio ambiente mediante la adición simultánea del fundente en forma granular que cubre por completo el arco eléctrico. Una de sus principales desventajas es que sirve únicamente para soldar en posiciones planas y horizontales (aun en circunferencias) por lo que es impráctico para otras posiciones. En este proceso se pueden emplear altas corrientes en la soldadura, sin experimentar un arco eléctrico violento. La corriente aplicada en este proceso es normalmente cuatro o cinco veces más alta de la que se aplica en los procesos SMAW o GMAW debido a que el arco eléctrico sumergido en el fundente permite una fusión suave sin experimentar explosiones

como en el caso de los procesos de protección gaseosa. En el presente trabajo se pretende hacer un análisis detallado del proceso SAW utilizado en la fabricación de tres de los subensambles principales: lados del chasis principal, eje trasero y eje delantero; en la construcción de camionetas para mina de alto tonelaje y determinar cuáles son los mecanismos que generan las discontinuidades y los constantes retrabajos durante el proceso actual y sugerir soluciones prácticas que permitan elevar los niveles de productividad en los procesos actuales La singularidad de la soldadura por arco sumergido reside en que el arco se sumerge debajo de una capa de fundente granular, almacenada en una tolva. Este fundente granular actúa como una capa protectora sobre el baño de fusión, protegiéndolo de la atmósfera circundante. Además, ayuda a reducir las salpicaduras y los humos, mejorando en última instancia las condiciones de trabajo en comparación con otras variantes de soldadura por arco. Es importante que el fundente tenga una temperatura de fusión y una densidad más bajas que el metal base. Durante el proceso, una parte del fundente se funde y se solidifica sobre el cordón de soldadura, mientras que el fundente granular restante se elimina a través de un sistema de aspiración al final de cada pasada y luego se puede reutilizar. El funcionamiento del motor eléctrico está controlado por una unidad que asegura un suministro continuo del alambre desde la bobina a través de rodillos de alimentación. Esta velocidad controlada del alambre garantiza que la velocidad de alimentación del alambre del electrodo coincida con su velocidad de fusión, lo que da como resultado un arco estable y controlado [12, 13]. El principio de funcionamiento de la soldadura por arco sumergido se muestra en la figura 1 a continuación.

OBJETIVOS. Optimizar el proceso de soldadura y predecir la morfología del depósito de soldadura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Definir variables significativas de proceso. Definir factores de depósito. Estandarizar y definir la configuración de los parámetros óptimos de proceso

Materiales y métodos



Figura 1. *Diagrama de lujo de la metodología del proyecto*

- SubArc AC/DC 1000/1250 Digital
- SubArc Interface Digital
- Wire Drive Assemblies
- SubArc Flux Hopper Digital Low Voltage
- OBT 1200
- Electrode SDX S3Mo-EA4
- Flux SWX 130

Se desarrollaron 5 pruebas preliminares a partir de los parámetros preestablecidos de inicio del equipo ilustrados en la fig. 2 los cuales fueron Intensidad de corriente, voltaje y velocidad de alimentación.

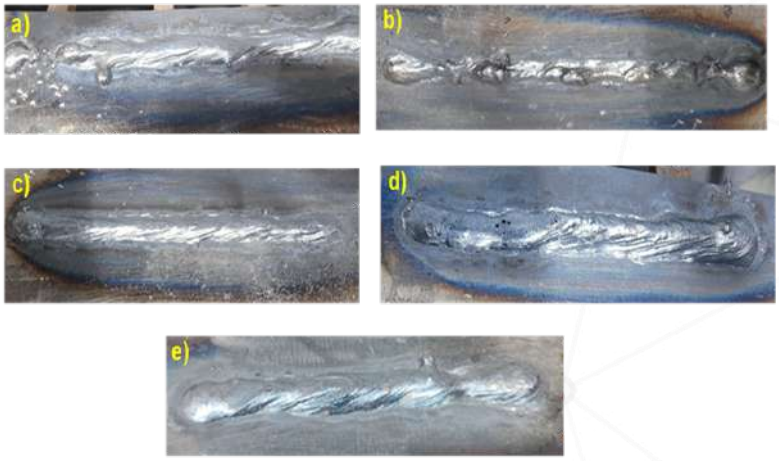


Figura 2. *Pruebas preliminares. A) 360 A, 28 Volts y 46 in/min. b) 300 A, 23 Volts y 38 in/min. c) 417 A, 32.5 Volts y 53 in/min. d) 380 A, 29.5 Volts y 48 in/min. e) 340 A, 26 Volts y 44 in/min.*

A partir de las pruebas preliminares se llevo acabo un diseño de experimentos Taguchi Ortogonal L9. Este diseño consta de 3 nivveles y de 2 a 4 factores, los cual nos arroja 9 corridas o pruebas como se muestra en la tabla 1.

Arreglo L_9 (fracción 3^{4-2})				
Núm. de corrida	Núm. de columna			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1
2 factores: columnas 1, 2.				
3 factores: columnas 1, 2, 3.				
4 factores: 1, 2, 3, 4.				

Tabla 1. *Arreglo ortogonal L9 para diseño de experimentos Taguchi*

En nuestro caso tenemos tres niveles bajo, medio y alto; tres factores intensidad de corriente, voltaje y velocidad de alimentación como se muestra en la tabla 2. Una vez que tenemos nuestros parámetros los relacionaremos con el arreglo ortogonal L9 en la tabla 1, siendo los factores el numero de columnas y los niveles los números 1, 2, 3. Ya que relacionamos las dos tablas tenemos como resultado nuestro diseño de experimentos Taguchi Ortogonal L9 mostrado en la tabla 3.

	BAJO	MEDIO	ALTO
Intensidad de corriente (A)	300	340	380
Voltaje (Volts)	23	26	29
WFS (in/min)	30	40	50

Tabla 2. *Paramentros y niveles para el diseño de ecperimentos*

Corridas	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (Volts)	WFS (in/min)
1	300	23	30
2	300	26	40
3	300	29	50
4	340	23	40
5	340	26	50
6	340	29	30
7	380	23	50
8	380	26	30
9	380	29	40

Tabla 3. *Diseño de experimentos Taguchi Ortogonal L9*

De acuerdo con el diseño de experimentos se llevaron acabo las nueve corridas mostradas en la fig. 3 siguiendo los parámetros, para esto se cortaron 9 sustratos de acero al carbono de 20 cm de longitud y 10 cm de ancho aproximadamente, para realizar los depósitos de alrededor de unos 15 cm.

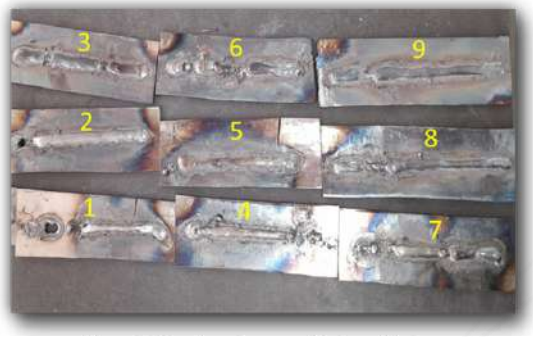


Figura 3. *Pruebas de operación de soldadura*

Ya realizadas las nueve corridas se procedió a marcar y cortar los depósitos cada centímetro de inicio a fin de este como se muestra en la fig. 4.



Figura 4. Corte de los depósitos de soldadura para su medición

Después de ser cortadas se midieron cada una de las secciones como en la fig. 5, con la ayuda de un vernier para realizar un perfil de altura y de ancho.



Figura 5. *Medición de las secciones de cada depósito para realizar los perfiles de ancho y altura*

El siguiente paso fue hacer la caracterización metalográfica como se ve en la fig. 6 de cada una de las secciones de los depósitos para medir su área diluida y ver su microestructura.



Figura 6. *Caracterización metalográfica para realizar macrografías. a) Desbaste. b) sección pulidas. c) secciones atacas*

RESULTADOS. A partir de la medición de ancho y de altura los datos se graficaron para ver la continuidad de cada depósito como se observa en la fig. 7 y fig. 8. Se caco el promedio de ambos junto con su desviación estándar para ver cual de los depósitos de soldadura era el mas continuo, los 9 depósitos se eligieron las tres mejores condiciones tanto de altura como de ancho como en la tabla 4 y tabla 5.

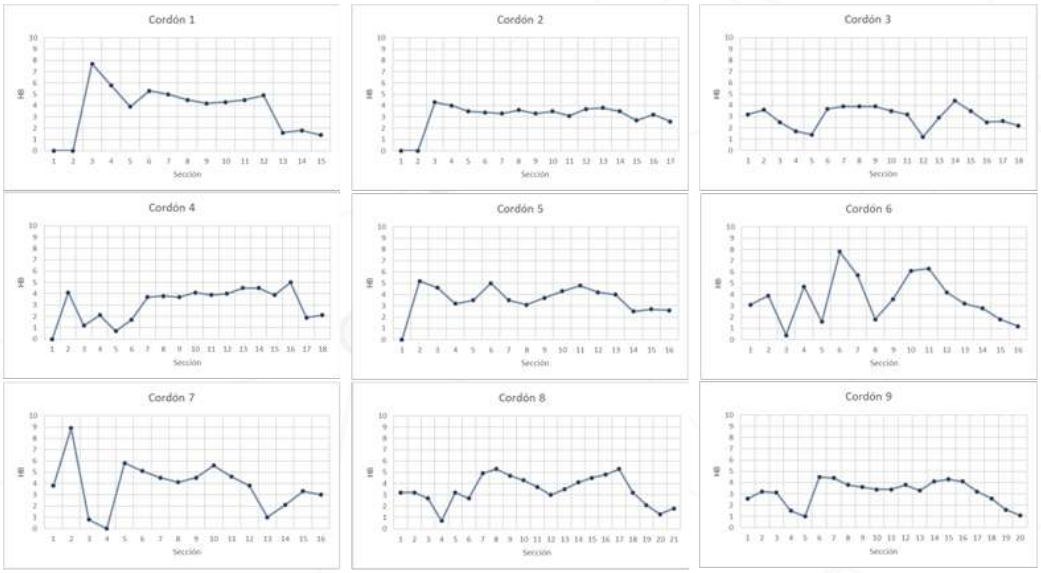


Figura 7. *Graficas de continuidad de ancho de cada depósito de soldadura*

3 mejores condiciones de ancho				
Cordón	Des. estandar	Parámetros		
		Intensidad de corriente (A)	Voltaje (volts)	WFS (in/min)
5	1.45	340	26	30
8	2.79	380	26	50
9	4.26	380	29	43

Tabla 4. *Mejores condiciones de ancho de los depósitos*

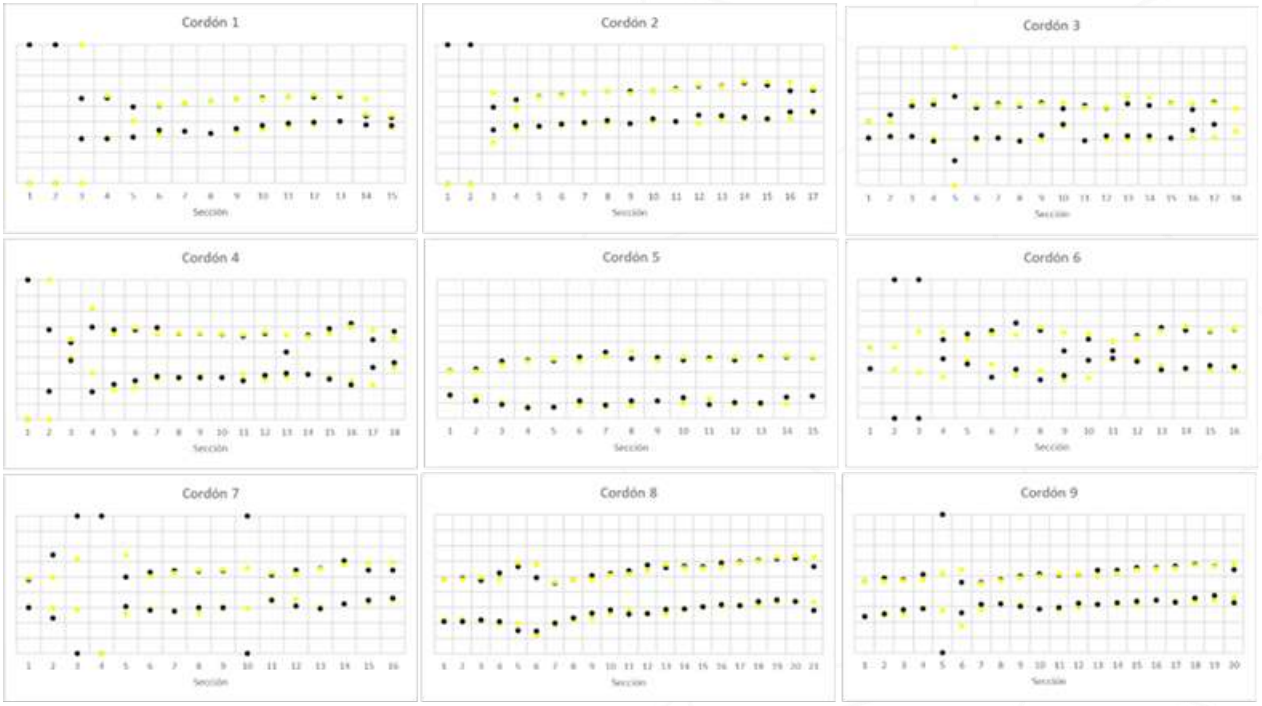


Figura 8. *Graficas de continuidad de altura de cada depósito de soldadura*

3 mejores condiciones de alto				
Cordón	Des. Estandar	Parámetros		
		Intensidad de corriente (A)	Voltaje (volts)	WFS (in/min)
2	1.21	300	26	32
3	0.92	300	29	30
9	1.08	380	29	43

Tabla 5. Mejores condiciones de altura de cada depósitos

En la fig. 9 se observan las macrografías de las de los depósitos con mejor continuidad tanto en ancho como en altura, vemos que los depósitos 2, 3 y 8 tienen muy poca dilución, pero mucha sobremonta, lo contrario a lo que vemos en el depósito 9, en este vemos mucha dilución y poca sobremonta, en el depósito 5 se observa un poco mas de proporción en dilución y sobremonta.

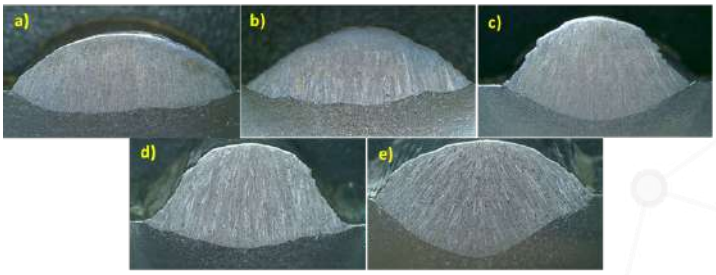


Figura 9. Macrografías de los depósitos. a) depósito 2. b) depósito 3. c) depósito 5. d) depósito 8. e) depósito 9.

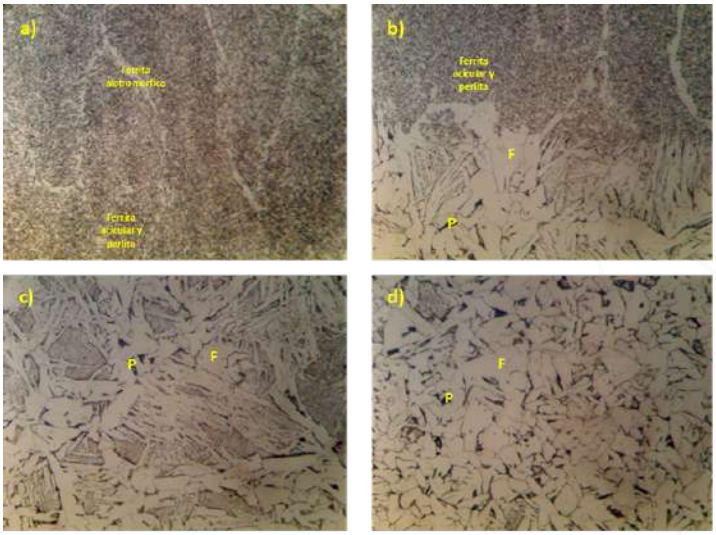


Figura 10. *Metalografías de las zonas del deposito de soldadura. a) metal de aporte. b) interfaz. c) ZAT. d) metal base*

En la fig. 10 se observan las metalografías de los de los depósitos de soldadura, cada metalografía muestra una zona diferente. E en la zona del metal de aporte vemos bordes de grano de ferrita alotromorfica también se observa ferrita acicular y perlita, en la zona de la interfaz se observa ferrita, ferrita acicular y perlita, en la zona ZAT vemos granos grandes de ferrita y perlita mientras que en la zona del metal base de igual manera se observa ferrita y perlita solo que los granos son más finos.

Se realizaron 3 más de control en el programa minitab y se ilustran en la fig. 11.

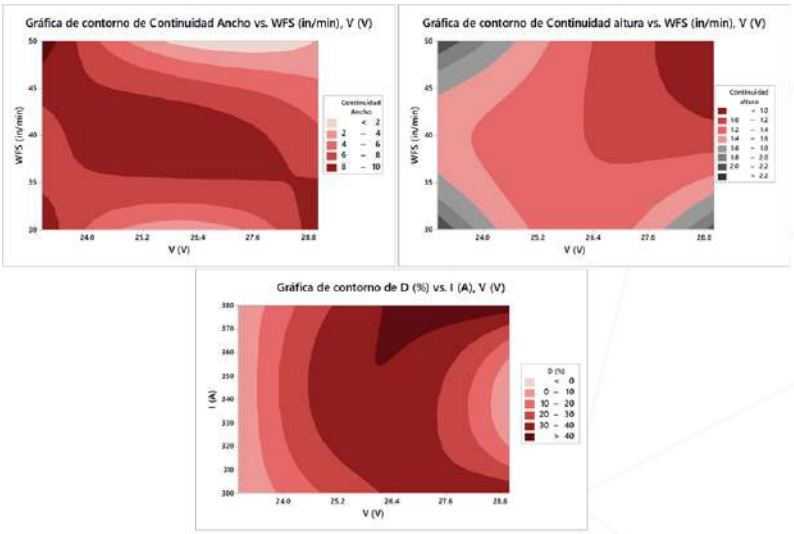


Figura 11. *Mapas de control*

CONCLUSIONES. La optimización fue definida bajo el principio de menos es mejor con respecto a la continuidad de ancho y de altura de cada deposito con una resolución medida de un centímetro. Adicionalmente, fue posible definir la penetración, y la dilución metalúrgica objetivo (4 mm y 30% respectivamente) para la garantía operativa de este proceso. Teniendo una intensidad de corriente de 380 A y un voltaje de 29 volts se obtiene un depósito de soldadura continuo tanto en ancho como en altura. Con una intensidad de corriente de 300 A, un voltaje de 26 ó 29 volts se obtuvo un depósito continuo en altura, y una intensidad de corriente de 340 ó 380 A y un voltaje de 26 volts se obtuvo un depósito continuo en ancho.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (n.d.). Análisis y diseño de experimentos. www.FreeLibros.org
2. Conte, R., Battista, F. R., & Ambrogio, G. (2024). Submerged Arc Welding process: enhancement of production performance based on metallurgical observations. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4384386/v1
3. Singh, A., & Singh, R. P. (2019). A review of effect of welding parameters on the mechanical properties of weld in submerged Arc welding process. Materials Today: Proceedings, 26, 1714–1717. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.361
4. Sailender, M., Suresh, R., Chandramohan Reddy, G., & Venkatesh, S. (2020). Prediction and comparison of the dilution and heat affected zone in submerged arc welding (SAW) of low carbon alloy steel joints. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 150. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107084
5. Wang, Z., Tang, J., Pan, X., Rao, J., Lin, S., & Xu, M. (2023). Digital High-power AC-Pulse Submerged Arc Welding Power Source. Jixie Gongcheng Xuebao/Journal of Mechanical Engineering, 59(2), 96–103. https://doi.org/10.3901/JME.2023.02.096
6. Sharma, H., Rajput, B., & Singh, R. P. (2019). A review paper on effect of input welding process parameters on structure and properties of weld in submerged arc welding process. Materials Today: Proceedings, 26, 1931–1935. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.422

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124119

EFECTOS DE UN CUELLO DE BOTELLA DEMOGRÁFICO SOBRE RASGOS MORFOMÉTRICOS Y REPRODUCTIVOS DE TORTUGA NEGRA (CHELONIA MYDAS AGASSIZII) EN MICHOACÁN, MÉXICO

Paulina Ortiz Chico[1], Samantha Caballero Camacho[1], Vanessa Osorio Barenas[1], Grecia Michel Arias Barajas[1], Ericka Janicua Jiménez Sandoval[1], Javier Santillán Soria[1], Carlos Delgado Trejo[2]

1 Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. paulinaortiz082@gmail.com , 2110474e@umich.mx , 1627812a@umich.mx , 2110466c@umich.mx , 2213673j@umich.mx , santillan.javiier@gmail.com

2 Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. carlos.delgado@umich.mx

Palabras Clave: Colola, tortuga negra, disminución, población, hembras anidadoras, longitud, reducción, frecuencia, nidada, pacifico oriental, talla, rasgos.

RESUMEN. La tortuga negra (Chelonia mydas agassizii) estuvo sujeta a explotación comercial a partir de la década de los sesentas y hasta la primera mitad de los ochentas y a pesar de su recuperación en los últimos 20 años, se encuentra en la categoría de especie en peligro de extinción por la NOM-059 en toda su área de distribución. Debido a la intensa cosecha de adultos reproductores, principalmente hembras y machos de gran tamaño durante el periodo de aprovechamiento, actualmente se ha observado que las tallas de las hembras anidadoras ahora son más pequeñas y es frecuente observar hembras anidadoras por debajo de los 70 cm de longitud curva de carapacho. Estas reducciones en las tallas de las hembras sugieren que es probable que el cuello de botella demográfico que sufrió la población de Michoacán, modificó la frecuencia de las tallas de las hembras que actualmente anidan en Colola, principal sitio de anidación de tortuga negra en el mundo. Esta reducción en la frecuencia de la talla de las hembras anidadoras tiene repercusiones importantes sobre otros aspectos de la historia de vida como el tamaño de la nidada debido a que el tamaño corporal de los vertebrados está relacionado o coadaptado con otros rasgos de historia de vida como la edad de madurez sexual, la inversión reproductiva entre otros. En este trabajo se hace una evaluación de los efectos de la reducción de la talla de las hembras reproductoras de tortuga negra sobre el tamaño de la nidada, en promedio el tamaño corporal medio 81.66 cm y las hembras depositan una media de 64.2 huevos por puesta, los valores son notablemente menores en comparación con estudios realizados en los ochentas.

INTRODUCCIÓN. La historia de vida de un organismo es el conjunto de sucesos típicos por los que pasa el miembro de una especie, rasgos como el crecimiento, fecundidad, madurez sexual, periodo reproductivo, envejecimiento, son solo algunos a resaltar, cada uno puede incluso variar según el entorno en el que se desenvuelva el organismo. Las amenazas que han enfrentado las tortugas marinas a lo largo de su supervivencia en la tierra, las han puesto al borde de la extinción. La caza dirigida de tortugas marinas adultas para el aprovechamiento humano llevó a una reducción del tamaño corporal de los individuos. El tamaño corporal es un rasgo de historia de vida que está estrechamente relacionado con las características reproductivas (Benabib, 1993). Los rasgos de historia de vida son caracteres coadaptados que se han ido adaptando en

respuesta a los diferentes entornos y cambios a los que se han visto sometidos. Evaluar las variaciones que hay en los rasgos morfométricos (tamaño corporal) y reproductivos (tamaño de nidada) en tortugas marinas es fundamental para comprender su ecología, que refleja las características que han ido evolucionando e interviniendo en el éxito de la especie. Tener conocimiento de las variaciones morfométricas y reproductivas que se presentan en tortugas marinas de igual manera es esencial para las estrategias de conservación, por tal motivo en este estudio se evalúa las variaciones que hay en los rasgos de historia de vida que nos proporciona información reciente que nos ayuda a redirigir los esfuerzos de conservación de una manera eficaz.

ANTECEDENTES. La tortuga verde del Pacifico Oriental (Chelonia mydas agassizii), es un grupo distinto con características diferentes a las tortugas verdes de otros lugares. Habitan aguas tropicales y subtropicales dentro del Pacifico Oriental. La especie tiene sitios de anidación desde las Islas Galápagos (Ecuador) hacia el norte hasta Michoacán y las Islas Revillagigedo (México), donde se le conoce como tortuga verde del Pacífico oriental o "tortuga negra". En Michoacán, se estima que 2,362 hembras anidan anualmente en las playas de Colola y Maruata (Chassin-Noria et al., 2004, Hart et al., 2015). Las tortugas marinas en general muestran algunas de las disminuciones poblacionales más pronunciadas de la historia, así lo demuestran los registros arqueológicos e históricos de la explotación humana de las tortugas marinas (Plot et al., 2012). Específicamente la tortuga negra ha exhibido una disminución extrema en números durante los últimos 30 años y está catalogada como en peligro de extinción en toda su área de distribución. Las amenazas a la tortuga negra en Michoacán fueron enumeradas por Cliffton et al. (1982) como: cosecha ilegal y legal de tortugas adultas (comercial y de subsistencia), caza furtiva de huevos (comercial y de subsistencia) y destrucción y degradación del hábitat de anidación (Alvarado-Díaz et al., 2001). Las hembras de tortuga negra (C. m. agassizii) de la población anidadora del Pacifico Oriental son más pequeñas en comparación con otras poblaciones de tortuga verde del mundo. La población de tortugas negras presenta rasgos de ciclo biológico más bajos en comparación con lo reportado en poblaciones fuera de la región del Pacifico Oriental. La reducción del tamaño corporal de las tortugas negras en la población anidadora está vinculada con el consumo de adultos grandes en el norte de México, esto podría haber afectado la fecundidad, el tamaño de la puesta y el tamaño de las crías (Bedolla-Ochoa et al., 2023).

OBJETIVOS. Conocer los efectos del cuello de botella demográfico ocurrido en la población de tortuga negra, sobre los rasgos morfométricos (tamaño corporal) y reproductivos (tamaño de la nidada, madurez sexual y proporción sexual operacional) de la población recuperada.

OBJETIVOS PARTICULARES. Evaluar las variaciones del tamaño corporal, tamaño de la nidada de tortuga negra desde 1978 hasta los registrados en 2021, 2022. Discutir las variaciones de los rasgos morfométricos y reproductivos en la población de tortuga negra y sus implicaciones en la conservación y recuperación de especies en peligro.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio se realizó en el área natural protegida santuario Playa Colola ubicada en el Municipio de Aquila, Michoacán, México, (18°30′0′-18°0′0′N, 103°40′0′-102°50′0″O) (Fig. 1). Para evaluar los efectos de cuello de botella demográfico en las hembras anidadoras de tortuga negra, se realizaron registros de tallas (Longitud curva de carapacho) en la temporada de anidación 2024 / 2025, en los meses de junio y julio, mediante recorridos nocturnos, en un horario de 10:00 pm a 1:00 am. Se tomaron medidas morfométricas y reproductivas de 100 hembras anidadoras, se tomaron dos medidas, Longitud Total de Carapacho

(LTC) y Ancho Curvo del Carapacho (ACC), las cuales fueron obtenidas con ayuda de una cinta métrica flexible, por otro lado, se registró el tamaño de la nidada de las hembras medidas. Los nidos fueron trasplantados en el vivero del campamento tortuguero de Colola.

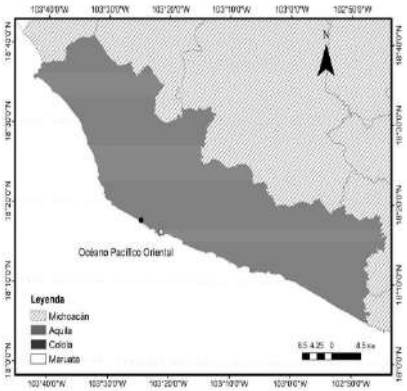


Figura. 1. *Zona de anidación de tortuga negra (C. m. agassizii) en Colola, Michoacán, México. (Bedolla-Ochoa et al., 2023).*

Análisis estadísticos. Se obtuvo la estadística descriptiva (tamaño promedio) de los datos obtenidos en campo durante la temporada de muestreo 2023/24, donde fueron examinados y comparados estadísticamente con el tamaño corporal y tamaño de la nidada de una muestra de 100 hembras que anidaron en la década de los ochentas, estos datos fueron obtenidos de la base de datos del proyecto tortuga marina de la UMSNH. Para evaluar las variaciones que hubo en el tamaño corporal (LCC) y en el tamaño de nidada entre ambos periodos de muestreo, se llevó a cabo una prueba de t student para identificar las diferencias significativas que hubo entre los dos periodos de muestreo

RESULTADOS. Como resultado de los muestreos realizados dentro de la temporada 23/24 de 100 hembras muestreadas se obtuvo un promedio de longitud curva de carapacho de 81.66 cm y un promedio de 64 huevos por nido. Con los análisis estadísticos (prueba de t) obtuvimos diferencias significativas entre el tamaño de las hembras anidadoras de la temporada de 2023/24 y las hembras que anidaron en los ochentas (p=<0.05) (Fig. 2a y 2b). Estos resultados indican que el cuello de botella demográfico que sufrió la población de tortuga negra que anida en Michoacán, tuvo efectos sobre la talla de las hembras anidadoras y en el tamaño de la nidada que ahora en promedio son más pequeñas que las que anidaron en la década de los ochentas (Fig. 3).

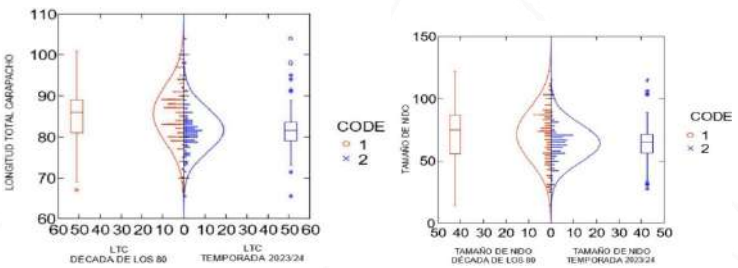


Figura 2. *Variación morfométrica y reproductiva; a) talla corporal de hembras anidadoras de tortuga negra de Colola, Mich. de la década de los 80s (rojo) y 24/25 (azul); b) tamaño de nidada de la década de los 80s (rojo) y 23/24 (azul).*

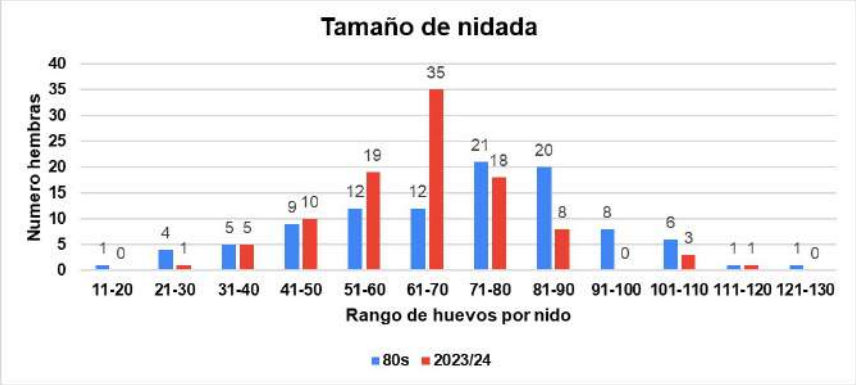


Figura 3. *Tamaño de nidada de hembras anidadoras de tortuga negra en Colola, Mich. década de los 80s (azul), 23/24 (rojo).*

CONCLUSIÓN. En base a los resultados obtenidos durante esta temporada de anidación 23/24 se observa que los rasgos morfométricos y reproductivos de la población anidadora de tortuga negra (Chelonia mydas agassizii) en Colola, Michoacán se redujeron de manera significativa. Esta reducción se puede atribuir a la explotación comercial intensiva a la que fueron sometidas durante la época de los sesentas, debido a que hembras y machos adultos de un mayor tamaño eran capturados, en donde las tallas pequeñas prevalecieron. Las variaciones reportadas podrían indicar que la reducción que hoy en día prevalece en hembras anidadoras más pequeñas, son en respuesta a los procesos adaptativos que se han enfrentado, por lo que se sugiere continuar con el análisis de las variaciones morfométricas y reproductivas, de tal forma que permita comprender las posibles causas que inciden en los rasgos de historia de vida y se desarrolle estrategias de conservación acorde a la situación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado-Díaz, J., Delgado-Trejo, C. y Suazo-Ortuno, I. (2001). Evaluation of the Black Turtle Project in Michoacán, México. Marine Turtle Newsletter. http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn92/mtn92p4.shtml
2. Bedolla-Ochoa, C, Reyes-Lopez, M. A., Rodríguez-González, H. y Delgado-Trejo, C. (2023). Black Sea Turtle (Chelonia mydas agassizii) Life History in the Sanctuary of Colola Beach, Michoacan, Mexico. Animals, 13(3), 406. https://doi.org/10.3390/ani13030406
3. Benabib, M. 1993. Los vertebrados y las historias de vida. Ciencias; No 007.
4. Chassin-Noria, O., Abreu-Grobois, A., Dutton, P. H., & Oyama, K. (2004). Conservation Genetics of the East Pacific Green Turtle (Chelonia mydas) in Michoacan, Mexico. Genetica, 121(2), 195-206. https://doi.org/10.1023/b:gene.0000040394.47843.e4
5. Hart, C. E., Blanco, G. S., Coyne, M. S., Delgado-Trejo, C., Godley, B. J., Jones, T. T., Resendiz, A., Seminoff, J. A., Witt, M. J., & Nichols, W. J. (2015). Multinational Tagging Efforts Illustrate Regional Scale of Distribution and Threats for East Pacific Green Turtles (Chelonia mydas agassizii). PLoS ONE, 10(2), e0116225. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116225
6. Plot, V., De Thoisy, B., Blanc, S., Kelle, L., Lavergne, A., Roger-Bérubet, H., Tremblay, Y., Fossette, S., & Georges, J. (2011). Reproductive synchrony in a recovering bottlenecked sea turtle population. Journal Of Animal Ecology, 81(2), 341-351. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01915.x

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124121

OPTIMIZACION DE UN PROCESO DE RECUPERACION DE MOLDES DE ACERO SKD61 CON APORTE CARBURANTE

Cinthia Joseline Velazquez Sanchez[1], Emmanuel Gordillo Reyes[2], Laura Del Cielo Rodríguez García[3], Adriana Plata Contreras[4]

1 Instituto Tecnológico de México; Campus Morelia I20120657@morelia.tecnm.mx

2 Instituto Tecnológico de México; Campus Morelia: reyes_le@morelia.tecnm.mx

3 Instituto Tecnológico de México; Campus Morelia; I20120649@morelia.tecnm.mx

4 Instituto Tecnológico de México; Campus Morelia. I21112059@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Proceso, Aleaciones, Optimizar Soldadura, Arco, Electrodo, Hierro.

RESUMEN. Los procesos de inyección a presión de aluminio y sus aleaciones es el método de manufactura más usado a nivel mundial conformado de componentes automotrices, aeronáuticos y aeroespaciales. Estos procesos utilizan un molde permanente de aleaciones base hierro regularmente sometidos a un calentamiento superior a 500 °C, además de la fatiga inclusiva por la presión de llenado por el aluminio fundido. Estas condiciones propician la caída en la dureza de los moldes en las zonas de contacto generando el fenómeno de adherencia de aluminio. El aluminio adherido representa una falla critica en el molde, además de promover un arranque de material en las piezas conformadas durante el desmoldeo. En este trabajo se establece una metodología para la recuperación de moldes con fatiga térmica propia de los procesos de inyección de aluminio definida mediante un análisis estadístico establecido por diseño de experimentos del tipo factorial completo. EL objetivo es optimizar la operación empleando la técnica de soldadura de arco con electrodo revestido maximizando la dureza del aporte por el depósito de un matriz metálica reforzada con carburos (M26 C6) de hierro y cromo.

INTRODUCCIÓN. Uno de los desafíos más persistentes que enfrenta la industria de la fundición de aluminio, especialmente en procesos que involucran moldes permanentes, ocurrirán los siguientes fenómenos soldadura. Este fenómeno ocurre cuando el aluminio fundido se adhiere a la superficie de la pieza de trabajo cavidad del molde durante la fundición, lo que resulta en la formación de defectos superficiales se llama soldadura. El efecto de soldadura del chip afectará la calidad y la integridad del chip la fundición de componentes y el paso requieren mantenimiento y plantean desafíos operativos. Repare los moldes con frecuencia. Por lo tanto, es crucial entender su mecanismo causas fundamentales de la soldadura en molde y desarrollo de estrategias de mitigación efectivas optimizar el proceso de fundición para asegurar la producción de piezas fundidas de aluminio alta calidad.

ANTECEDENTES. Estudio del estado arte. Estudio sobre el fenómeno de desgaste presente en moldes de fundición descrito como die soldering. Y análisis de mecanismo de reacción.

OBJETIVOS. Optimizar los parámetros de proceso de una recuperación por soldadura por arco metálico protegido (SMAW)de herramentales base SKD61 en desempeño dentro de una empresa de fundición para el proceso de moldeo de aluminio por inyección a baja presión.

OBJETIVOS PARTICULARES. Definir las características físicas óptimas para un cordón una capa depositada mediante técnica de soldadura con electrodo revestido (SMAW) para la recuperación de herramentales base SKD61. Optimizar los factores de control que garanticen la calidad deseada del producto depositado. Generar un mapa de procesamiento para la recuperación de herramentales base SKD61 de acuerdo con las necesidades físicas y geométricas de la recuperación. Caracterizar mecánicamente las condiciones de desempeño de los productos recuperados.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los daños generados, no pueden resolverse con la norma de proceso actual para la reparación por soldadura establecida por esta industria. Compromete la calidad y la integridad de los componentes fundidos.
Investigación de valore. Composición química del metal base, acero JIS SKD61 y metal de aporte AW H10. Tab 1 muestra los valores de composición química medidos para los insertos de entrada y fabricados con aceros JIS SKD61 y AWH10 respectivamente

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	N
0.032-0.42	0.80-1.20	0.20-0.50	4.75-5.50	1.10-1.75	0.80-1.20	0-0.30
2.63	1.34	1.09	30.99	0.03	0	0

Tabla 1. *Composición química (%en peso) de las condiciones básicas*

La tab. 2 define los cuatro niveles de los dos parámetros de operación de reparación de soldadura lo que permite 16 grados de liberación. Las variables de salida se denominan de la respuesta para su evaluación se midió la máxima penetración del cordón (Pmax) la microdureza trasverzal (HT) ; la relación de aspecto (AR= acho /alto) y la dilución metalúrgica(D%).

	Bajo	Alto
Intensidad de corriente (A)	90	110
Tratamiento Post-soldadura(PWTt min)	0	180
Deposición de sustrato (DT(°C))	25	200
Angulo de deposición (TA(°))	45	70

Tabla 2. *Los parámetros del proceso experimental*

Para este estudio la intensidad de corriente (A) la temperatura de deposición del sustrato (DT) y el tiempo de tratamiento post-soldaura (PWTt) y el agulo de deposición (TA) fueron los factores de definición del factorial complet0 El PWTt es un factor de entrada, esta es una de las condiciones críticas en un proceso de soldadura porque dependiendo de los parámetros correctos se modificarán correctamente las propiedades mecánicas del depósito. Sin embargo, la mayoría de los trabajos de investigación no han estudiado en detalle la influencia de este parámetro centrándose en las propiedades mecánicas del depósito y han estudiado el efecto directo sobre el metal base. Los parámetros de voltaje y velocidad de la antorcha permanecen constantes a 26 V y 5 mm/s.

Numero de corridas	I (A)	DT (°C)	PWt(min)	TA(°)
1	90	200	0	45
2	90	25	0	45
3	90	25	180	45
4	110	25	0	45
5	110	25	0	70
6	90	200	0	70
7	90	25	0	70
8	110	200	0	70
9	90	25	180	70
10	110	200	0	45
11	110	25	180	45
12	110	25	180	70
13	110	200	180	70
14	90	200	180	70
15	90	200	180	45
16	110	200	180	45

Tabla 3. *Matriz factorial completo 2^4 para el desarrollo de procedimiento experimental*

Limpieza de sustrato. Cortado para eliminar posibles restos de revestimiento y suciedad de proceso. Así como restos de pintura, moho o aluminio adherido.
Precalentamiento de sustratos según parámetros establecidos. (25 °C – 200 °C)
Deposición de electrodo Eutectrode AW H10
Uso de máquina de soldar CST 282 Miller en el modo de corriente continua de polaridad invertida (CC-IP) para el proceso de soldadura SMAW. Corriente eléctrica. (90 - 110A). Para cada conjunto de parámetros, se realizaron depósitos para asegurar los valores máximos y mínimos de operación se encuentren cerca de los límites definidos para este estudio, evitando producir soldaduras cuyas condiciones de calidad no fueran aceptables.
Post tratamiento soldadura a 500°C.
(0 - 180 min.).
Fraccionado de sustratos.
Las piezas son cortadas de manera transversal, formando pequeñas secciones denominadas probetas
Pruebas de dureza
La dureza se evaluó en microescala utilizando una máquina de durómetro con una carga de 125 g, empleando 16 valores dentro de la zona de deposición para cada conjunto de parámetros evaluados según la norma ISO 9015-1 para obtener datos de la Escala de Rockewell C a lo largo de la sección transversal del cordón.
Evaluación de depósito. Medidas morfológicas.
Los cordones se cortaron en la sección transversales media para el análisis. El criterio de evaluación de las variables de respuesta en un solo depósito fue propuesto previamente. La Fig.

1 muestra el AR, que es la relación entre el ancho del cordón (WB) y la altura del cordón (HB El porcentaje de dilución (D) es la relación entre el área del depósito en la superficie del sustrato proyectada (AD) y el área diluida en el sustrato, debajo de la superficie proyectada (Ad). Este valor de dilución se midió para observar la extensión y la forma en función de los parámetros del proceso y definir un valor nominal para trabajos posteriores. Estos valores se obtuvieron utilizando el software ImageJ

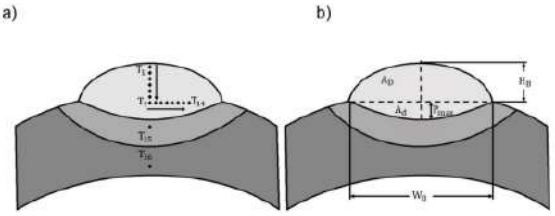


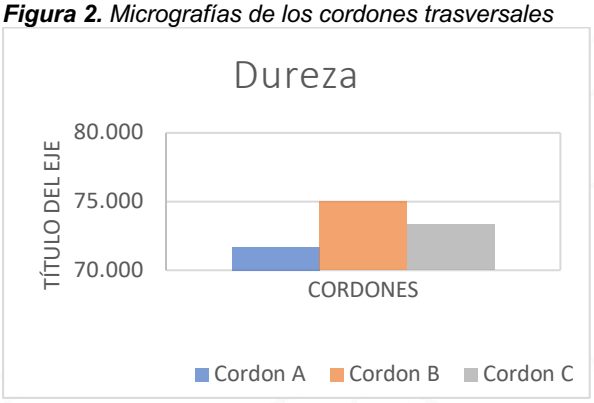
Figura 1. *criterios de evaluación de medidas de variables de respuesta a) rutas de pruebas de análisis de macro dureza b) Criterios de análisis geométricos*

Método de factorial completo. Se emplean técnicas de optimización para determinar los valores óptimos de los parámetros de procesamiento y su efecto en el producto final en el desarrollo de actividades de producción industrial. Basado en factores, tolerancia y diseño del sistema, el método de optimización Factorial completo.

RESULTADOS



Figura 2. *Micrografías de los cordones trasversales*



Los resultados de la medición de la dureza tomados del revestimiento duro aleación con diferente adición de grafito se muestran en la fig. Puede puede verse en la figura que los valores máximos de dureza fueron obtenido en la superficie aleada de la muestra a) De esta manera más alta la dureza en la superficie de la muestra c se asocia con una gran cantidad de (Cr,Fe)23C6 y (Cr,Fe)7C3, favorecidos por cantidad de carbono en comparación con los otros tres especímenes. Debido a la estabilidad termodinámica comparativamente alta de las partículas, propiedades del

material como dureza en caliente o corrosión Se espera que la resistencia dependa principalmente de la matriz metálica.
Resistencia al Desgaste
Estudios: El SKD61 muestra una excelente resistencia al desgaste comparado con otros aceros para moldes como el D2. Esta propiedad es crucial para aplicaciones que implican alta fricción y presión, como los moldes de inyección de plástico y de fundición a presión.
Resistencia a la Temperatura:
Ensayos: El SKD61 mantiene su dureza y resistencia a altas temperaturas mejor que algunos otros aceros para moldes en el rango de 200-300°C, lo que es esencial para procesos de moldeo que involucran ciclos térmicos severos.
Propiedades de Tratamiento Térmico:
Resultados: El tratamiento térmico del SKD61, que incluye el enfriamiento rápido y el templado, produce una estructura micrográfica homogénea con una dureza consistente. La capacidad de este acero para mantener sus propiedades a lo largo del tiempo, incluso después de ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento, es una ventaja significativa.
Durabilidad y Vida Útil
Estudios de Vida Útil: Los moldes fabricados con SKD61 tienden a tener una vida útil prolongada en comparación con otros aceros, debido a su alta resistencia al desgaste y a la corrosión. Esto se traduce en menos interrupciones para reemplazos o reparaciones y en una reducción general de costos operativos.
Comportamiento en Procesos de Recuperación:
Recuperación de Dureza: El SKD61 puede ser recuperado eficazmente mediante tratamientos térmicos adecuados. La capacidad de restaurar la dureza original del acero después del desgaste es una ventaja importante, y el proceso de recuperación generalmente resulta en un rendimiento de molde restaurado que puede aproximarse al de un molde nuevo.
Comportamiento en Procesos de Mecanizado:
Resultados de Mecanizado: El SKD61 es relativamente fácil de mecanizar en comparación con otros aceros de alta dureza, lo que facilita la fabricación de moldes con alta precisión. Sin embargo, se requieren herramientas de corte de alta calidad para evitar el desgaste prematuro de las herramientas.
El acero SKD61 se destaca por su alta dureza, resistencia al desgaste y buena tenacidad, lo que lo convierte en una opción preferida para aplicaciones exigentes en la fabricación de moldes y herramientas. Los resultados de las pruebas y estudios refuerzan su idoneidad para estas aplicaciones, mostrando su durabilidad y efectividad en condiciones de trabajo severas.

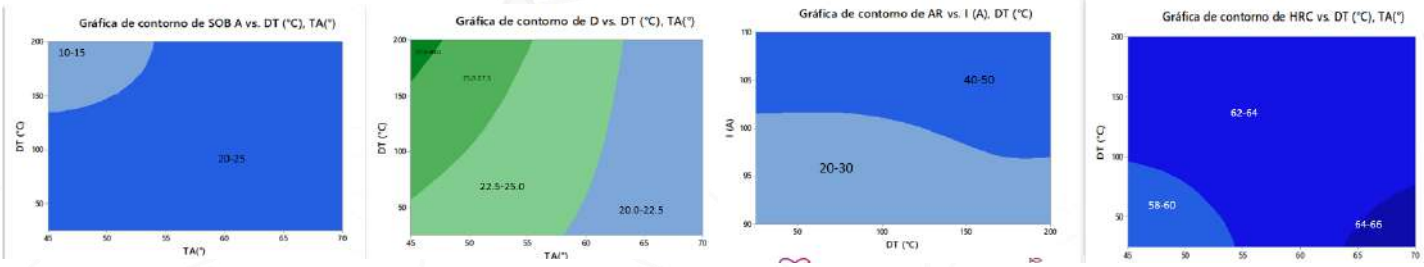


Figura 2. *Mapa de contorno*

La figura 2 muestra el mapa de contorno de la respuesta AR, que correlaciona directamente el ancho con la altura del depósito de Eutectrodo AWH10 en acero JIS SKD61. El valor AR determina las características geométricas de las perlas depositadas, que pueden definir el número de perlas

necesarias para una recuperación eficaz del volumen. Aunque la variable AR varía en las condiciones experimentales, para este trabajo se considera aceptable un valor de 5, que es el promedio obtenido experimentalmente. Se puede observar prudencialmente un aumento en el valor AR al aumentar la temperatura DT. Sin embargo, si el procesamiento emplea una corriente eléctrica de110 y la temperatura del sustrato se mantiene constante, el valor de AR será mayor que el generado por depósitos con los 90 A más bajos Figu2 Gráficos de contorno para cada variable de respuesta que son Sobre material (SOB A) Disolución metalúrgica (D%) Relación de Aspecto (AR) Dureza en Rockewell C (HRc)

CONCLUSIONES. Es una estrategia efectiva para maximizar la vida útil de las herramientas, optimizar los costos operativos y mantener un alto nivel de precisión y rendimiento. A través de un tratamiento térmico adecuado y un proceso de reparación meticuloso, los moldes de SKD61 pueden ser restaurados a su capacidad original, proporcionando una solución eficiente y económica frente a la sustitución completa. Elegir un proveedor con experiencia y asegurarse de que se sigan los procedimientos correctos es fundamental para asegurar el éxito en la recuperación de moldes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. E. Reyes-Gordillo et al., “Determination and effect of cold metal transfer parameters on Ti6Al4V multilayer deposit during wire arc additive manufacturing,” Weld. World, Mar. 2023, doi: 10.1007/s40194-023- 01511-9
2. T. Frango, M. Prabhakaran, S. Chinnasamy, K. Babu, and J. Vairamuthu, “Enhancement of welding strength on Eglin steel using MIG welding process,” Mater. Today Proc., vol. 33, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.198.
3. Y. Chen, S. Sun, T. Zhang, X. Zhou, and S. Li, “Effects of post-weld heat treatment on the microstructure and mechanical properties of laser-welded NiTi/304SS joint with Ni filler,” Mater. Sci. Eng. A, vol. 771, p. 138545, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138545.
4. T. E. Abioye, I. S. Omotehinse, I. O. Oladele, T. O. Olugbade, and T. I. Ogedengbe, “Effects of post-weld heat treatments on the microstructure, mechanical and corrosion properties of gas metal arc welded 304 stainless steel,” World J. Eng., vol. 17, no. 1, pp. 87–96, Jan. 2020, doi: 10.1108/WJE-11-2019-0323.
5. ISO 113581, “INTERNATIONAL STANDARD iTeh STANDARD iTeh STANDARD PREVIEW,” Int. Organ. Stand., vol. 10406–1:20, pp. 3–6, 2015
6. Do, Vinh & Dat, Phan. (2020). An empirical investigation of SIO2 nano concentration under MQL on surface roughness in hard milling of jis SKD61 steel. Journal of Applied Engineering Science. 18. 432-437. 10.5937/jaes18-27335.
7. Principios fundamentales de la Soldadura. Emanuele Stieri. Basic Welding Principles. 1953 Prentice – Hall, Inc. Englewoo Cliffs, N. j. E.U.A. Herrero Hermanos. Primera edición en español 1962. México.
8. R. Sasikumar, A.R. Kannan, S.M. Kumar, R. Pramod, N.P. Kumar, N.S. Shanmugam, et al., Wire arc additive manufacturing of functionally graded material with SS 316L and IN625: microstructural and mechanical perspectives, CIRP J. Manuf. Sci. Technol. vol. 38 (2022) 230– 242.
9. D.E.P. Klenam, G.S. Ogunwande, T. Omotosho, B. Ozah, N.B. Maledi, S.I. Hango, et al., Welding of magnesium and its alloys: an overview of methods and process parameters and their
10. S.O. Yilmaz, Surf. Coat. Technol. 195 (2001) 175. [3] Y. Matsubara, N. Sasaguri, K. Shimizu, K. Yu, Wear 250 (2001) 502.
11. A.F. Zhang, J.D. Xing, L. Fang, J.Y. Su, Wear 257 (2004) 198.
12. H. Berns, Wear 254 (2003) 47.
13. J.D. Xing, Y.M. Gao, E.Z. Wang, C.G. Bao, Wear 252 (2002) 755. [7] S. Aso, S. Goto, Y. Komatsu, W. Hartono, Wear 250 (2001) 511.
14. Q.Y. Hou, J.S. Gao, F. Zhou, Surf. Coat. Technol. 194 (2005) 238. [9] R.G. Wellman, J.R. Nicholls, Wear 242 (2000) 80.
15. M. Eroglu, N. Ozdemir, Surf. Coat. Technol. 154 (2002) 209.
16. Lesko, E. Navara, Mater. Charact. 36 (1996) 349.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124124

CAPACIDAD DE LA MICROBIOTA CUTÁNEA DE DOS ESPECIES DE Ambystoma EN PELIGRO CRÍTICO DE EXTINCIÓN PARA INHIBIR EL CRECIMIENTO DEL HONGO Batrachochytrium dendrobatidis

Fabiola Loeza- Torrero[1], Yunuen Tapia- Torres[2], Ireri Suazo- Ortuño[1], Eria Rebollar-Caudillo[3], Yurixhi Maldonado- López[1]

1 Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.

2 Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 62210 Cuernavaca, Mor., Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

f.loezatorero@gmail.com

3 Centro de Ciencias Genómicas Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelos.

Palabras Clave: Batrachochytrium dendrobatidis; quitridiomicosis; Ambystoma; microbiota cutánea; enfermedades infecciosas emergentes.

RESUMEN. *Ambystoma dumerilii y Ambystoma andersoni* son salamandras microendémicas de Michoacán, clasificadas como especies en peligro crítico de extinción debido a amenazas como las enfermedades emergentes, específicamente la Quitridiomicosis la cual es causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* que ha afectado a 501 especies de anfibios a nivel mundial. Sin embargo, la piel de los anfibios está asociada a una comunidad de bacterias con potencial para inhibir patógenos, a través de la capacidad de formación de biopelículas y movilidad por swarming, que les permite colonizar y proteger a estos anfibios. En nuestro estudio, aislamos e identificamos taxonómicamente a las bacterias cultivables de la piel de *Ambystoma dumerilii* y *Ambystoma andersoni* y analizamos la capacidad de estas cepas de inhibir el crecimiento de *Batrachochytrium dendrobatidis*, de formar biopelículas y de movilidad por swarming. Se cultivaron 16 muestras de A. *dumerilii* y 30 de A. *andersoni* de vida libre y se obtuvieron 59 cepas bacterianas de A. *andersoni* y 22 de A. *dumerilii* que fueron identificadas molecular y morfológicamente. Encontramos especies de bacterias como *Micrococcus luteus, Bacillus sp, Streptomyces sp*. que han demostrado previamente, la capacidad de inhibir el crecimiento de Batrachochytrium dendrobatidis. Treinta cepas de ambas especies de Ambystoma fueron capaces de formar biopelícula y 20 cepas de A. *dumerilii* y 15 de A. *andersoni* presentaron movilidad por swarming. Las pruebas de inhibición muestran que algunas cepas presentan inhibición anti-*Bd*, y en algunos casos, las cepas bacterianas fueron capaces de favorecer el crecimiento de este patógeno. Nuestros resultados sugieren que las bacterias cultivables de las especies de *Ambystoma* exhiben capacidades importantes que les permiten colonizar nuevos espacios y brindar protección contra patógenos.

INTRODUCCIÓN. Los anfibios son un grupo cuyo declive ha ido en aumento debido a factores como la pérdida de hábitat, introducción de especies invasoras a su hábitat y la presencia de enfermedades emergentes (Blaustein, et al, 2016), lo que ha dado como resultado que cerca del 41% de las especies de anfibios a nivel mundial se encuentren dentro de alguna categoría de peligro de extinción (Blaustein, et al., 2011; Krzikowski, et al., 2022; Whitfield, et al., 2016). Particularmente, las enfermedades infecciosas emergentes son uno de los factores de mayor relevancia, ya que muchas especies de anfibios son afectados por virus, hongos o bacterias

(Bosch, 2003). Una de las enfermedades más estudiadas es la Quitridiomicosis causada por el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis (Bd)*, el cual ha sido asociado al dramático declive de más de 501 especies de anfibios a nivel mundial (Alarcón et al., 2016). La enfermedad presenta erosión y ulceraciones en la piel, hiperqueratinización, presencia de ulceras en la piel, pérdida de apetito, heridas en la piel, incluso la muerte de los individuos (Figura 1) (Mendoza et al., 2015).



Figura 1. *Individuo de Alytes obstetricans infectado con Quitridiomicosis. Tomado de Fernández y Bosch, 2012.*

ANTECEDENTES. México cuentan con 376 especies de anfibios por lo que se posiciona en quinto lugar a nivel mundial en biodiversidad, de las cuales cerca del 67% son consideradas endémicas del país (Parra-Olea et al., 2014). En México se encuentran 16 especies del género *Ambystoma (Ambistomatidae*). En el estado de Michoacán se encuentran 6 especies de las cuales 3 son endémicas: *A. dumerilii, A. andersoni y A. amblycephalum* y otras 3 son endémicas a Michoacán y Estado de México: *A. rivulare, Ambystoma velasci y A. ordinarium* (Alvarado-Díaz et al., 2014). Este género es catalogado como depredador de especies de plancton, crustáceos, insectos y peces pequeños (Mendoza, 2012), mientras que las características morfológicas que se pueden observar es que son individuos los cuales carecen de parpados móviles, cabeza ancha, los dientes son vomerianos y cuentan con una cola aplanada (Sánchez, 2017). De las especies que se pueden encontrar en territorio mexicano 11 de ellas se encuentran catalogadas como especies en riesgo por lo que se encuentran bajo algún tipo de protección especies según la NOM-059-SEMARNAT-2010, entre las estrategias de protección que se han implementado para el desarrollo de la especie es la conservación ex situ. Dos de las especies las cuales son endémicas de Michoacán son *Ambystoma dumerilii* y *Ambystoma andersoni*, *A. dumerilii* es endémica del Lago de Pátzcuaro, considerada en peligro crítico según UICN (2019), además de ser catalogada como una especie de Protección Especial por SEMARNAT (NOM-ECOL-0592010). El hábitat de esta especie se ha deteriorado en gran medida por el cambio de uso de suelo y la contaminación. Huacuz (2008) ha reportado un área ocupacional menor a 10 Km2 (Huacuz, 2008). *A, andersoni* es una especie endémica del Lago de Zacapu la cual ha sido catalogada en peligro de extinción según la UICN (2015) y según la NOM059-SEMARNAT-2010 como una especie con Protección Especial. La población de esta especie se ha visto comprometida debido al crecimiento de la ciudad de Zacapu, la contaminación de la alguna derivado de actividades recreativas cerca de la zona y a la comercialización de individuos en mercados locales. Los estudios llevados a cabo para el estudio de la microbiota en el género de *Ambystoma* se han llevado a cabo en individuos de *Ambystoma tigrinum* en la cual se encontraron más de 12 familias bacterianas en las que destaca el filo *Bacteroidetes* (Mckenzie et al., 2012), en *A. mexicanum* en cautiverio. Los autores encontraron comunidades bacterianas diferentes dependiendo del origen de la muestra, y la etapa de desarrollo del organismo, siendo más abundantes *Proteobacteria, Bacteroidetes y Firmicutes*. Encontrando cepas pertenecientes a las especies *Arthrobacter, Pedobacter y Pseudomonas*, de estas las cepas de *Pseudomonas* han sido aislado de anfibios como las salamandras en donde se describió la capacidad de inhibición frente al hongo de *Bd* (Harris, et al, 2006). Las bacterias probióticas representan una herramienta prometedora para combatir las enfermedades infecciosas emergentes (Rebollar et al., 2018), reconociendo la importancia que tiene la microbiota cultivable en la protección de los anfibios contra patógenos. Por lo tanto, analizaremos la composición de la comunidad bacteriana cultivable de *A. dumerilii y A. andersoni*, así como sus capacidades de inhibición de *Bd*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Colecta de muestras. Las muestras de A. dumerilii se colectarán en tres sitios dentro del lago de Pátzcuaro situados en la parte norte, entre las localidades de San Jerónimo, Quiroga y Ojo de agua. En cada sitio de muestreo se coloca una línea de 250m con 70 trampas artesanales tipo nasa. Se considera una separación de 3-5m de distancia entre cada trampa y una profundidad de 5-8m en la columna de agua. Los muestreos se realizarán mensualmente de febrero 2022 a agosto del 2022 en los tres sitios. Se medirá la temperatura y penetración de la luz (HOBO Pendant 64k) a lo largo de la línea de pesca entre 1 y 3 m de profundidad. Las muestras de A. andersoni se colectarán en la laguna de Zacapu. En el sitio de muestreo se colocan redes tipo agallera cada 2-5 m y con una luz de malla de 1.5 m usando una red por sitio. Los muestreos se realizarán mensualmente de febrero 2022 a agosto del 2022 en los tres sitios. Se medirá la temperatura y penetración de la luz (HOBO Pendant 64k) a lo largo de la línea de pesca entre 1 y 3 m de profundidad.

Cultivo y aislamiento de bacterias e identificación molecular de cepas aisladas. Para llevar a cabo el cultivo y aislamiento de las cepas bacterianas se llevará a cabo con el uso del método desarrollado por Cruz Bernal en 2022, en donde se realizará un primer sembrado directamente de las muestras obtenidas en hisopos en medios R2-2 procurando que la estría se realiza en toda a placa. De igual manera el medio en el cual se tenia el hisopo se tomarán 50 µl y con ayuda de perlas de vidrio se llevará a cabo el estriado, en ambos procedimientos las muestras se tendrán por duplicado. Una vez obtenidas las muestras se mantendrán en incubación a una temperatura de 30°C durante 96 horas (4 días) y posteriormente se dejarán a temperatura ambiente por 72 horas. Una vez terminada la semana de incubación se llevará a cabo la identificación de las colonias tomando en cuenta el color y borde que presentes durante su desarrollo, en seguida se llevará a cabo una siembra en medio LB para observar el crecimiento y características de las colonias. Finalmente, para generar el cepario se llevará a cabo el desarrollo de las muestras en medio triptona-glicerol las cuales estarán en incubación de 1-2 días y se guardara primero a una temperatura de -20°C y después de unos días se resguardarán a una temperatura de -80°C. La extracción de ADN se realizó con la metodología PrepMan y se realizo la amplificación de la muestra con el uso de los cebadores 27 F y 1492 R, finalmente para la identificación se realizó la búsqueda en base de datos.

Swarming y biopelículas. Para la capacidad de movilidad por swarming, se inocularon en medio líquido Luria Bertani, y se incubarán por 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, un inóculo de cada cepa se colocará en el centro de una placa de Agar Soya Tripticaseína se dejará crecer de 24 a 72 hrs a 37 ºC. Después de las 72 horas de la incubación, las placas se fotografiarán sobre un fondo negro. Las fotos serán procesadas en el programa ImageJ (2.0.0) con el fin de determinar el diámetro formado por las cepas. La capacidad de formación de biopelículas se realizará de acuerdo a la metodología de O´Toole et al. (2011) de los aislados bacterianos obtenidos colocando en una placa con 96 pozos 100 µl de la cepa y se incubo y los cambios colorimétricos fueron medidos a una longitud de onda de 490 nm, la escala de clasificación de biopelículas se basará en la metodología de Stepanovic (2007).

Desafíos de inhibición del bd. Los desafíos de inhibición se llevarán a cabo con prueba de absorbancia in vitro. Se utilizará un método modificado de Bell, Alford, Garland, Padilla y Thomas (2013), Woodhams et al. (2014) y Becker et al. (2015). Del cepario se tomarán 50 µl del congelado y si adicionarán a 15 ml de triptona al 1 % e incubación a 18 °C durante 36 h hasta obtener turbidez (tres cultivos por cepa bacteriana). Los cultivos turbios se filtrarán a través de un filtro estéril de 0.22 um (Millipore, Irlanda) para eliminar las células vivas, dejando solo productos bacterianos (incluídos los metabolitos) en el filtrado. Se obtendrán cultivos de cepa de Bd, en caldo de triptona al 1% hasta el máximo de zoosporas (1 x106 zoosporas ml-1). Las zoosporas

se separarán de los esporangios mediante filtración a través de filtros de 20 µl estériles (Millipore, Irlanda). Para realizar la absorbancia basada en ensayos de inhibición del crecimiento, 50 µl de filtrado bacteriano y 50 µl de suspensión de B. dendrobatidis se pipetearán en placas de 96 pocillos. Cada combinación de B. dendrobatidis-bacteria se procesará por triplicado. Como control positivo se utilizará 50 µl de triptona al 1 % en lugar de bacterias. Los controles negativos se incluyeron usando 50 µl de triptona estéril más y 50 µl de suspensión de B. dendrobatidis tratado con calor para desnaturalizar al hongo. Las lecturas de las placas se realizarán a una longitud de onda de 492 nm.

RESULTADOS. Se aislaron 81 cepas bacterianas 59 de *A. andersoni* y 22 de *A dumerilii* entre las cepas identificadas se encuentran *Acinetobacter sp., Bacillus sp., Kocuria sp,* también pudimos observar que en su mayoría las bacterias presentaron capacidad de formar swarming así como biopelícula, finalmente en el análisis de inhibición de *Bd* se encontró que cepas como *Stenotrophomonas rhizophila, Bacillus thuringiensis, Kocuria sp.,* presentaron capacidad de inhibir el crecimiento de *Bd.*

CONCLUSIONES. El estudio de la microbiota cutáneo nos da la oportunidad de poder conocer como se encuentra conformado en ensamblaje microbiano y poder determinar que cepas presentan caracteristicas que pueden llegar a proteger al hospedero de las infecciones causadas por patógenos como el hongo *Bd*., esto ayuda a que se pueda seguir la línea de estudio y poder considerar el uso de las cepas como probióticos en anfibios y puedan inhibir el desarrollo de la enfermedad.

BIBLIOGRAFIA

1. Alarcón, T., D'Auria, G., D'Auria, S, Delgado, R Del Campo, M, Ferrer (2016). Microbiota. Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 01-43.
2. Alvarado-Díaz, J., I, Suazo-Ortuño, LD, Wilson, O, Medina-Aguilar. (2013). Patterns of physiographic distribution and conservation status of the herpetofauna of Michoacán, México. Amphib. Reptile Conserv. 128-170.
3. Blaustein, A. R., Searle, C., Bancroft, B. A., & Lawler, J. (2011). Amphibian population declines and climate change (pp. 29-53). Boca Raton: CRC Press.
4. Blaustein, A. R., Searle, C., Bancroft, B. A., & Lawler, J. (2016). 2 Amphibian Population. Ecological Consequences of Climate Change: Mechanisms, Conservation, and Management, 29.
5. Bosch, J., 2003. Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. MUNIBE 16, 56-73.
6. Harris, R.N., T.Y., James, A., Lauer, M.A., Simon, A., Patel. (2006). Amphibian Pathogen Batrachochytrium dendeobatidis Is Inhibited by the Cutaneous Bacteria of Amphibian Species. EcoHealth 3, 53-56. https://doi.org/10.1007/s10393-005-0009-1
7. Huacuz, D. C. (2008). Biología y conservación del género Ambystoma, en Michoacán, México. Tesis de Doctorado. Universidad de Salamanca. Salamanca. 378 pp
8. Krzikowski, M., Nguyen, T. Q., Pham, C. T., Rödder, D., Rauhaus, A., Le, M. D., & Ziegler, T. (2022). Assessment of the threat status of the amphibians in Vietnam-Implementation of the One Plan Approach. Nature Conservation, 49, 77-116.
9. McKenzie, V.J., Bowers, R.M., Fierer, N., Knight, R., Lauber, C.L., 2012. Co-habiting amphibian species harbor unique skin bacterial communities in wild populations. ISME J 6, 588–596. https://doi.org/10.1038/ismej.2011.129
10. Mendoza-Almeralla, C., P., Brurrowes, G., Parra- Olea. (2015) La quitridiomicosis en los anfibios de México: una revisión. Revista Mexicana de Biodiversidad. 86: 238-248.
11. Mendoza, T. V. (2012). Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (Ambystoma dumerilii) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Etnobiología, 10(2), 40-49.
12. Parra-Olea, G., O., Flores-Villela, C., Mendoza-Almeralla (2014) Biodiversidad de anfibios en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 460-466
13. Sánchez Manjarrez, D. (2017). Dimorfismo sexual en Ambystoma rivulare (Caudata: Ambystomatidae).
14. Whitfield, S. M., K.R., Lips, M.A., Donnelly (2016). Amphibian Decline and Conservation in central America. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 351-379.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124125

ALIMENTACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE UN PEZ NATIVO *Skiffia multipunctata* EN EL LAGO DE CAMÉCUARO, MICHOACÁN MÉXICO

Jonathan Cedric Ramírez Medina[1], Omar Domínguez Domínguez[1], Xavier Madrigal Guridi[1], Michael Köck[1], Carlos Ortega García[2], Arely Ramírez García[1]

1 Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1718800g@umich.mx omar.dominguez@umich.mx; xavier.madrigal@umich.mx; characodon68@gmail.com

2 Ayutamiento del municipio Tangancícuaro; calif.cor951@gmail.com

1 Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo; arelyr@umich.mx

Palabras Clave: Ictiología, Peces, Nativo, Dieta, Reproducción, Fertilidad, Camécuaro, Goodeidae, Micro plásticos.

RESUMEN. El Parque Nacional Lago de Camécuaro alberga al pez Skiffia multipunctata, de la familia Goodeidae, conocido por su importancia cultural y ecológica. Este estudio se enfocó en los aspectos reproductivos y alimenticios de esta especie nativa para evaluar su adaptación en los manantiales del lago. Se realizaron muestreos mensuales utilizando redes de mano, trampas tipo nasa y redes tipo chinchorro. Los peces recolectados fueron analizados en el laboratorio para examinar su dieta y desarrollo gonadal. Los resultados mostraron que los tamaños de Skiffia multipunctata varían entre 21.5 y 79.77 milímetros, con una mayor proporción de machos en comparación con hembras. Las hembras presentaron un rango de 4 a 75 embriones. La dieta de esta especie es predominantemente herbívora, compuesta principalmente de algas, diatomeas y restos vegetales, con una mínima ingesta de insectos y la presencia de micro plásticos en su contenido estomacal. Los hallazgos indican que *Skiffia multipunctata* está bien establecida a las condiciones actuales de los manantiales del Lago de Camécuaro, con individuos en todas las etapas de desarrollo. Este estudio es esencial para la ictiología y la conservación, resaltando la necesidad de estrategias adecuadas para preservar esta especie y su hábitat.

INTRODUCCIÓN. A nivel mundial la forma de la biodiversas no llega a distribuirse de uniformemente, esto ha generado que solo en ciertos países sean reconocidos por las especies que albergan en su territorio, dentro de estos países se encuentra México, el cual presenta un 1.4% de la superficie de la tierra en donde alberga 12% de todas las especies del planeta. Esta diversidad es debido a sus intricados relieves, sus variados climas, a su posición geográfica y a su historia geológica. Dentro de la riqueza biológica, destacan la presencia de los peses el cual llega a ser un numero de 2,695 especies en todo el país, en donde el solo 10% de estas llegan a ser endémicas. En parque Nacional de Camécuaro podemos encontrar un total de 76 especies, donde 13 son de peces las cuales 3 están en la NOM-0592010 y por último un total de 40 especies exóticas en donde 6 son de peces (Solis, 2022). Dentro de la diversa presencia de organismos se reconoce que está presente la familia Goodeidae perteneciente al orden Cyprinodontiformes, esta familia está conformada por dos subfamilias. La subfamilia Empetrichthyinae que mantiene poblaciones de especies y subespecies presentes al suroeste de Estados Unidos Americanos y luego está la subfamilia Goodeinae el cual registra especies vivíparas localizadas principalmente

en el centro de México (Lyons et al. 2019). Los Goodeidos llegan a presentar una gran diversidad de hábitats, llegando a altitudes de 1000 a 2300 metros sobre el nivel del mar, en lugares distintivos como manantiales, humedales, lagos, arroyos, ríos, canales e incluyendo a hábitats artificiales; presentan la estructura urogenital muscular que funcionaría como un órgano externo en los machos para la copula, otro aspecto es el desarrollo de trofotenias que le permite la trasferencia de nutrientes a los embriones, y finalmente se puede distinguir un dimorfismo sexual en donde los machos suelen ser más pequeños que las hembras (Miller et al. 2009). La subfamilia Goodeinae está conformada por 19 géneros y 41 especies, que se llegan a repartir desde el norte de México hasta el centro, y así mismo al oriente y al occidente. Uno de los miembros de la subfamilia Goodeinae es la especie *Skiffia multipunctata* el cual es conocido comúnmente como Tiro pintado (Fig.1).

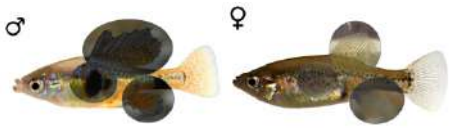


Figura 1. *Machos y las hembras de la Skiffia multipunctata*

Los ejemplares de esta especie suelen llegar una longitud total promedio de 5 a 7 centímetros. En las hembras se hace notorio una coloración verde olivo en tonos brillantes con un punto negro sobre el margen de cada escama y en los machos se logra visualizar un verde olivo con un margen amarillo en la aleta dorsal y anal (De Los Santos, 2013).

ANTECEDENTE. Ramírez-García y colaboradores (2020) realizaron un estudio en el río Teuchitlán, Jalisco, México, para investigar la biología reproductiva de tres especies de peces nativos vivíparos: *Goodea atripinnis*, *Ameca splendens*, y *Zoogoneticus purhepechus*. Durante dos años, se recolectaron y analizaron 872 ejemplares de estas especies en cinco sitios de muestreo, utilizando redes de arrastre y pesca eléctrica. Se evaluaron variables reproductivas como la fertilidad, tamaño a la madurez sexual (L50), proporción de sexos y el índice gonadosomático (GSI), además de variables ambientales. El estudio encontró que las tres especies presentaron dos periodos reproductivos (enero-marzo y julio-septiembre). *Goodea atripinnis* fue la más abundante, mientras que las especies endémicas, *Ameca splendens* y *Zoogoneticus purhepechus*, mostraron menor abundancia. El estudio concluye que la contaminación y la modificación del hábitat afectan la reproducción de estas especies. Ramírez-García y colaboradores (2021) realizaron un estudio en el Lago Zacapu, Michoacán, México, sobre el ciclo reproductivo de siete especies nativas de peces vivíparos de la subfamilia Goodeinae. Se realizaron muestreos bimestrales entre mayo de 2019 y marzo de 2020, evaluando variables como fertilidad, proporción de sexos, tamaño de la primera madurez sexual y el índice gonadosomático (GSI). Los resultados mostraron que las poblaciones de Goodeidos en el lago Zacapu presentaron una alta fertilidad, con machos alcanzando la madurez a tamaños menores que las hembras. Se observaron dos picos reproductivos, uno en primavera y otro en otoño, favoreciendo el éxito reproductivo en este lago subtropical de condiciones ambientales estables.

OBJETIVOS. Evaluar los aspectos alimenticios y reproductivos *de Skiffia multipunctata* en el Lago de Camécuaro, Michoacán, analizando su dieta, ciclo reproductivo y la influencia de las condiciones ambientales en su adaptación y establecimiento, con el fin de generar conocimientos

que contribuyan a la conservación de esta especie nativa y compararla con patrones observados en otras especies de peces nativos en ecosistemas acuáticos de México.

MATERIALES Y MÉTODOS. En el área de manantiales del Parque de Camécuaro (Fig.2) se determinaron áreas potenciales de muestreo. Se realizo muestreo durante un año, de enero de 2024 a diciembre de 2024, en el que mensualmente se obtuvieron 20 ejemplares.

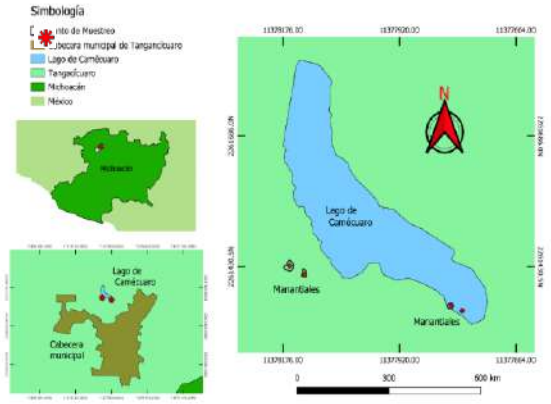


Figura 2. *Ubicación del parque Nacional Lago de Camécuaro*

Se registraron valores paramétricos del agua, como pH, salinidad, temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L), utilizando un equipo multiparamétrico Hanna, modelo HI 98280 GPS. Se emplearon diferentes artes de pesca, que incluyen trampas nasa, redes de mano con apertura de 9 mm y redes de arrastre con apertura de 5 mm. Los organismos capturados se fijaron inicialmente en formol al 5% y posteriormente, en alcohol al 70%. En el laboratorio, se realizaron mediciones de peso y longitud total, utilizando una báscula analítica con precisión de 0.01 g y un vernier digital. Además, se registraron el peso de las gónadas y del hígado. Las gónadas se analizaron para determinar el sexo y la fertilidad, aplicando el método descrito por Ramírez-Herrejón (2007), y la fertilidad se evaluó a través de un conteo de ovocitos maduros y embriones, generando un modelo de fertilidad (F = Ne + Nh), siguiendo a Schoenherr (1997) y Cabrera y Solano (1995). Posteriormente, se montó y analizo el contenido estomacal mediante un microscopio digital, utilizando guías de identificación para determinar el contenido estomacal.

RESULTADOS. Los hallazgos que se encontraron fue que *Skiffia multipunctata* (Fig.3) es un pez bien establecido en los manantiales del Lago de Camécuaro en donde las condiciones son homogéneas con una circulación continua de agua (Tabla 1).



Figura 3. *Skiffia multipunctata del Lago de Camécuaro*

Temperatura °C	Oxígeno disuelto mg/L	pH	Salinidad
19.81	3.07	7.57	0.11

Tabla 1. *Promedio de los datos paramétricos del agua*

La estructura de tallas de los organismos va de 21.5 milímetros y de 79.77 milímetros, con proporciones mayores sexuales de más machos que hembras; en donde las mismas hembras presentaron un número embrionario que varía desde 4 hasta 75 embriones. El contenido estomacal presenta tendencias a la herbívora, se alimenta principalmente de algas (Fig.4), diatomeas (Fig.5), restos vegetales (Fig.6), y ocasionalmente de restos de insectos (Fig.9); como de arena fina (Fig.8), este último debido a sus mecanismos de alimentación; así mismo análisis preliminares arrojaron la presencia de micro plásticos (Fig.9) al interior del contenido estomacal.

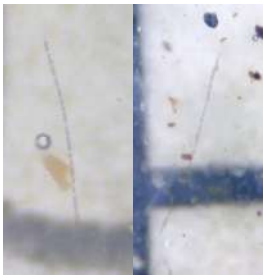


Figura 4. *Algas.*

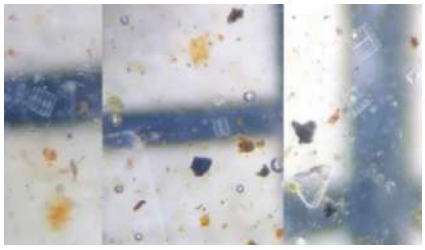


Figura 5. *Diatomeas.*

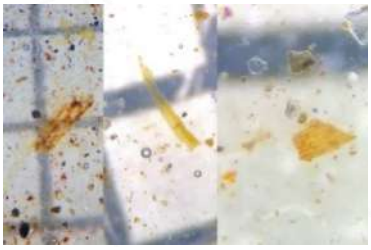


Figura 6. *Restos Vegetales.*



Figura 7. *Restos de insectos.*



Figura 8. *Arena.*

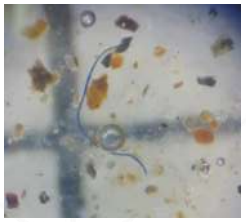


Figura 9. *Micro plásticos*

CONCLUSIONES. Los manantiales de del Parque Nacional de Camécuaro se caracteriza por condiciones ambientales favorables para *Skiffia multipunctata*, en donde los resultados muestran que las especie se encuentran bien establecidas con buenas condiciones para seguir reproduciéndose. Y así mismo encontrando una buena concordancia general en la posición trófica determinada por el contenido intestinal, mostrando una posición trófica importante en donde resalta su papel como consumidores primarios, evidenciando su importancia crucial para el ecosistema acuático y proporcionando nueva información sobre las interacciones tróficas de especies nativas en los manantiales del lago de Camécuaro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cabrera, P. J., & Solano, L. Y. (1995). Fertilidad y fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae). Revista de Biología Tropical, 43, 317–320.
2. De los Santos, Bailón, A., Rueda, Jasso, R. A. (2013). Determinación del efecto causado por nitritos y fosfatos en *Skiffia multipunctata* y *Goodea atripinnis* (Pisces: Goodeidae).Tesis de Maestría. Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo
3. Lyons, J., Piller, K. R., Artigas-Azas, J. M., Dominguez-Dominguez, O., Gesundheit, P., Köck, M., Medina-Nava, M., Mercado-Silva, N., García, A. R., & Findley, K. M. (2019). Distribution and current conservation status of the mexican goodeidae (actinopterygii, cyprinodontiformes). *ZooKeys*, *2019*(885), 115–158. https://doi.org/10.3897/zookeys.885.38152
4. Miller, R. R., Minckley, W. L., Soto, S., & Jacobotr, J. (2009) Peces dulceacuícolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Sociedad Ictiológica Mexicana A. C., El colegio de la Frontera Sur y Consejo de los Peces del Desierto México-Estados Unidos. México, D.F
5. Ramírez-García, A., Moncayo-Estrada, R., González-Cárdenas, J. J., & Domínguez-Domínguez, O. (2021). Reproductive cycle of native viviparous fish species (Actinopterygii: Cyprinodontiformes: Goodeidae) in a subtropical Mexican lake. Neotropical Ichthyology, 19(4), e210105. https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0105.

6. Ramírez-García, A., Piller, K. R., Ramírez-Herrejón, J. P., Medina-Nava, M., Hernández-Morales, R., & Domínguez-Domínguez, O. (2020). Reproductive biology of three native livebearer fish species (Actinopterygii: Cyprinodontiformes: Goodeidae) in the Teuchitlán River, Mexico. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 50(1), 1–12. https://doi.org/10.3750/AIEP/02513
7. Ramírez-Herrejón, J. P., Medina-Nava, M., Salazar-Tinoco, C. I., & Zubieta, T. L. E. (2007). Algunos aspectos reproductivos de *Zoogoneticus quitzeoensis* Hubbs y Turner (1939) (Osteichtyes-Goodeidae) en la represa La Mintzita Morelia, Michoacán, México. Biológicas, (9), 63-71.
8. Schoenherr, A. A. (1997). Density dependent and density independent regulation of reproduction in the Gila Topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard). Ecology, 58, 438–444. https://doi.org/10.2307/1935619
9. Solis Andrade A. L., González Hidalgo B., Torija Lazcano L. I. (2022). Revisión y actualización de los listados de especies presentes en tres Áreas naturales protegidas federales en proceso de modificación o extinción. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco., 8-10

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124126

BIOPLÁSTICOS ECOLÓGICOS A BASE DE HONGOS: OPTIMIZACIÓN DE SUS PROPIEDADES POR EL USO DE PLASTIFICANTES

Diana Stephanie Ocegueda Vega[1], Nelly Flores Ramírez[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; diana.ocegueda@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; nelly.flores@umich.mx

Palabras Clave: Micelio, residuos agroforestales, sostenibilidad

RESUMEN. La crisis ambiental generada por el uso extensivo de plásticos convencionales ha impulsado la búsqueda de alternativas más ecológicas. Los bioplásticos a base de hongos, cultivados en residuos agroforestales, se presentan como una solución prometedora. No obstante, para su implementación a gran escala, es esencial optimizar sus propiedades funcionales mediante el uso de plastificantes. En esta investigación, se empleó el hongo Pleurotus ostreatus junto con residuos agroforestales como olote, astillas y aserrín de encino (Quercus castanea Neé), para la producción de bioplásticos. El micelio de P. ostreatus fue cultivado en agar de papa y dextrosa y luego inoculado en los sustratos seleccionados, T1: olote, T2: astillas y T3: aserrín. Los bioplásticos resultantes se recubrieron con etilenglicol al 30% como plastificante, para evaluar el impacto de este aditivo en su morfología, y propiedades físicas de densidad aparente y dureza Shore A. El análisis morfológico mostró un desarrollo de células hifales continuas y distribuidas al azar. La densidad de los bioplásticos aumentó considerablemente, pasando de 100-180 kg/m³ a 350-440 kg/m³ con el uso del plastificante. La dureza Shore A también se redujo, clasificando a los bioplásticos en materiales de dureza media (23-37) a suaves (18-31). Estos hallazgos, subrayan la importancia de la modificación de bioplásticos fúngicos mediante el uso de plastificantes, para mejorar su viabilidad comercial y su potencial como alternativa a los plásticos convencionales.

INTRODUCCIÓN. En las últimas décadas, el desarrollo de bioplásticos ha surgido como una alternativa ecológica frente a los plásticos convencionales. Estos materiales, obtenidos a partir de recursos biológicos, representan una solución potencial frente a la contaminación plástica y sus efectos adversos en el medio ambiente. Los bioplásticos basados en hongos, particularmente del micelio, destacan por su biodegradabilidad, bajo costo y versatilidad para ser utilizados en diversas aplicaciones industriales (Sandobal et al., 2023: Worawoot et al., 2024). El micelio, con su estructura filamentosa y flexible, permite el desarrollo de productos biodegradables con propiedades mecánicas ajustables (Naranjo, Vivas, & Bermudez, 2021). Sin embargo, uno de los desafíos más importantes en su desarrollo es la optimización de sus propiedades, como la elasticidad, resistencia y durabilidad, características necesarias para competir con los plásticos convencionales. El uso del etilenglicol mejora las propiedades sin afectar la biodegradabilidad del material. Además, la combinación de micelio de hongos con residuos agroforestales, como olote de maíz, aserrín y astillas de encino, no solo mejora la sustentabilidad del proceso, sino que también potencia las propiedades estructurales del bioplástico final.

ANTECEDENTES. Elsacker et al., (2019) realizaron compuestos con el hongo Trametes versicolor, en fibras lignocelulósicas (cáñamo, lino, madera blanda y paja). Investigaron sus propiedades físico-mecánicas en base a densidad, módulo de Young, conductividad térmica y absorción de agua. Los compuestos de micelio con fibras como lino, cáñamo y paja mostraron buen comportamiento en aislamiento térmico, comparables a materiales convencionales. El rendimiento mecánico, densidad y absorción de agua dependió más del procesamiento de las fibras que de su composición química. Lyra et al., (2021) evaluaron la capacidad de las algas marinas Eucheuma cottonii como material para la fabricación de bioplásticos, utilizando glicerina como plastificante. Los resultados mostraron que una menor cantidad de glicerina producía bioplásticos más rígidos, y aunque la glicerina influía en características como la textura y la velocidad de degradación, no hubo una diferencia significativa en la biodegradabilidad. Worawoot et al., (2024) fabricaron biocompuestos basados en micelio utilizando desechos agroindustriales (aserrín de bambú y pericarpio de maíz) y diferentes especies de hongos (L. sajor-caju, G. lucidum y G. fornicatum) evaluaron sus propiedades físicas y mecánicas. Reportaron variaciones en la humedad, contracción, densidad y absorción de agua que dependen tanto del sustrato como de la especie de hongo. Los MBC producidos con L. sajor-caju y G. fornicatum destacaron por su resistencia superior a la compresión e impacto.

OBJETIVO. Evaluar el impacto del uso de etilenglicol como plastificante en la estructura morfológica y las propiedades físicas (densidad aparente y dureza Shore A) de bioplásticos fúngicos a base de Pleurotus ostreatus cultivados en sustratos de olote, astillas y aserrín de encino (Quercus castanea Neé).

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de bioplásticos. El experimento se diseñó utilizando tres tipos de sustratos: T1: olote, T2: astillas y T3: aserrín. Los sustratos se prepararon ajustando el pH a 6.5, se hidrataron en agua y se esterilizaron. Posteriormente, en moldes cúbicos de 5 cm x 5 cm, se inoculó el micelio de Pleurotus ostreatus y se incubaron durante 30 días bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. Al finalizar el periodo de incubación, los bioplásticos se desmoldaron y fueron sometidos a un proceso de secado a 60°C hasta alcanzar peso constante. Una vez obtenidos, los bioplásticos se recubrieron con una solución de etilenglicol al 30%, utilizado como plastificante. Para el análisis, se aplicó una capa uniforme del plastificante sobre toda la superficie del bioplástico, dejando reposar a temperatura ambiente durante 72 horas.

Morfología por microscopia electrónica de barrido (MEB). La morfología de los bioplásticos, con y sin plastificante de etilenglicol, fue analizada mediante MEB utilizando un equipo JEOL, modelo JSM-7600F, a un aumento de 2500x.

Densidad aparente y Dureza Shore A. La densidad aparente se determinó de acuerdo a la norma ASTM D 792-08, utilizando la siguiente formula: Densidad Kg/m3 = masa / volumen. Por otra parte, la medición de dureza Shore A se llevó a cabo realizando las mediciones en 9 puntos diferentes en cada cara de las muestras cubicas.

RESULTADOS OBTENIDOS

Morfología por MEB. Se evaluaron tres sustratos para analizar su influencia en la microestructura de los bioplásticos. Las imágenes de MEB, revelaron diferentes morfologías. En los bioplásticos sin la adición de plastificante (Fig. 1a), se observaron hifas entrelazadas sin un patrón específico, formando ramificaciones, lo que resultó en la formación de un bioplástico de estructura amorfa. Los sustratos T1 (olote) y T3 (aserrín), mostraron un desarrollo más favorable de las hifas, reduciendo los espacios vacíos. Por el contrario, en los bioplásticos que incluyeron plastificante

(Fig. 1b), las hifas mostraron una apariencia rugosa, lo que dio lugar a un bioplástico más compacto. Este fenómeno puede atribuirse a la penetración del etilenglicol en los poros de la estructura, lo que proporciona mayor lubricación y flexibilidad.

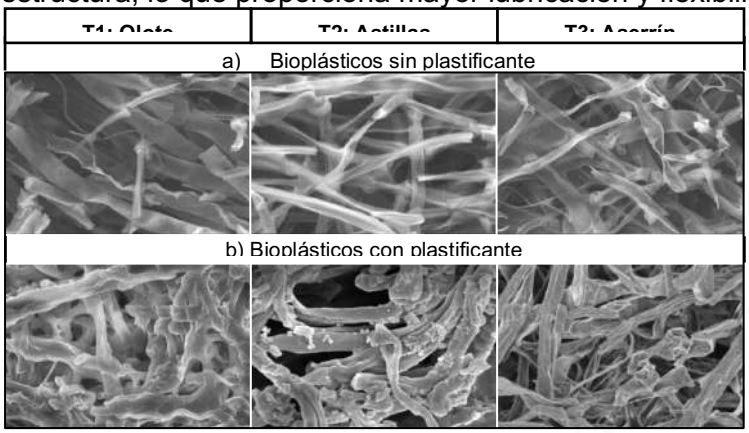


Figura 1. *Micrografías de bioplásticos de P. ostreatus en sustratos de T1: olote, T2: astillas, T3: aserrín, por medio del MEB a 2500x.*

Densidad aparente. En la Fig. 2. se presentan los valores de densidad aparente obtenidos de los bioplásticos fúngicos de P. ostreatus con y sin plastificante de etilenglicol. Los valores obtenidos para los bioplásticos sin plastificante oscilaron entre 100 Kg/m3 y 178 Kg/m3, siendo el bioplástico a base de astillas el que presentó la menor densidad, lo cual se correlaciona con la alta porosidad de los mismos. Una vez añadido el etilenglicol, la densidad se incrementó a más del 50% para todos los bioplásticos, lo cual se atribuye a la mayor retención de agua, reduciendo la rigidez del bioplástico. La densidad de los bioplásticos es comparable a la de algunos plásticos convencionales de baja densidad como el poliestireno expandido y el poliuretano flexible, de esta forma los bioplásticos fúngicos podrían ser una alternativa viable para reemplazar a estos plásticos en aplicaciones donde se requiere ligereza y flexibilidad.

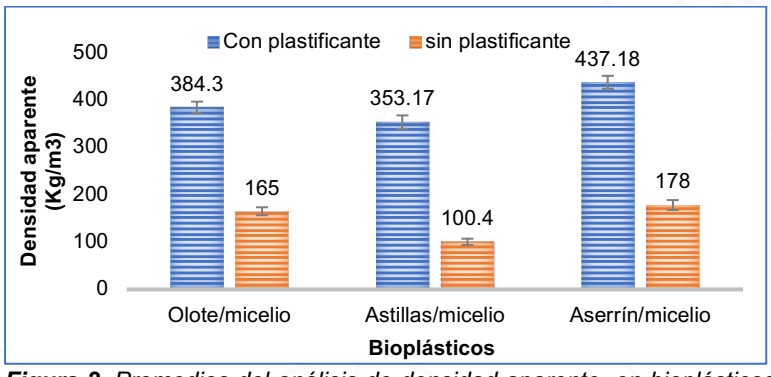


Figura 2. *Promedios del análisis de densidad aparente, en bioplásticos fúngicos de P. ostreatus en sustratos de T1: olote, T2: astillas y T3: aserrín, con y sin la adición de plastificante de etilenglicol.*

Dureza Shore A. En la Fig. 3 se presenta el promedio de los resultados obtenidos del análisis de dureza Shore A, en bioplásticos, con y sin plastificante. Los bioplásticos sin plastificante mostraron una dureza entre 30 y 40, sin diferencias significativas entre los tratamientos. Con la adición de etilenglicol como plastificante la dureza disminuyó a valores de 18 y 24. Esto se atribuye al aumento de flexibilidad proporcionado por el etilenglicol, el cual actúa ablandando las

estructuras hifales del micelio. Los bioplásticos con plastificante se clasifican como "suaves" mientras que los bioplásticos sin plastificante, se consideran "medio-suaves". Los bioplásticos con sustrato a base de astilla (T2) exhibieron la menor dureza, lo cual podría estar relacionado con la porosidad. La dureza Shore obtenida en estos bioplásticos es comparable a la de materiales plásticos blandos, como elastómeros de baja dureza, poliestireno expandido y poliuretano flexible.

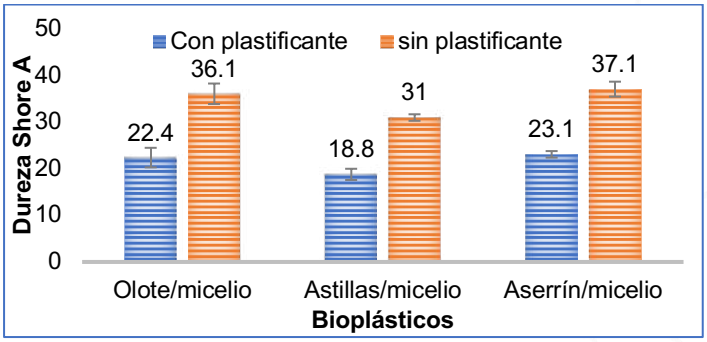


Figura 3. *Promedios del análisis de dureza Shore A, en bioplásticos fúngicos de P. ostreatus en sustratos de T1: olote, T2: astillas y T3: aserrín, con y sin la adición de plastificante de etilenglicol.*

CONCLUSIONES. Esta investigación muestra que los bioplásticos fúngicos basados en Pleurotus ostreatus, con y sin la incorporación del etilenglicol como plastificante, presentan propiedades físicas de densidad aparente y dureza Shore A comparables a las de los plásticos convencionales de baja densidad, como el poliestireno expandido o el poliuretano flexible. El etilenglicol disminuye la flexibilidad de las estructuras miceliales, pero incrementa la densidad. Estos bioplásticos, al ser ajustables en términos de dureza y densidad, representan una alternativa sostenible y viable para sustituir plásticos convencionales, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental en aplicaciones que requieren ligereza y flexibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elsacker, E., Vandelook, S., Brancart, J., Peeters, E., & De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. Plos One, 14(7)
2. Lyra, K., Dermil, K., Yuri, E., Rcardio, F., Saavedra, S., Abusama, H., & Valdez, A. (2021). Bioplastic from seaweeds (Eucheuma cottonii) as an alternative plastic. ASEAN Journal of Science and Engineering, 2(2): 129-132.
3. Naranjo, L., Vivas, K., & Bermudez, S. (2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. Bionatura, 6(1): 1637-1652.
4. Worawoot, A., Kritsana, J., Praween, J., Nakarin, S., Wande, T., Thana, T., . . . Saisamorn, L. (2024). Sustainable Innovation: Fabrication and characterization of mycelium-based green composites for modern interior materials using agro-industrial wastes and different species of fungi. Polymers, 16. 550.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124127

MATERIALES COMPUESTOS Ti64/AZ91E FABRICADOS POR INFILTRACIÓN, CARCATERIZADOS POR MEB Y MICROTOMOGRAFÍA DE RAYOS X PARA APLICACIONES EN EL ÁMBITO BIOMÉDICO

J. Luis Cabezas-Villa[1], J. Lemus-Ruiz[1], L. Olmos[2], Armando M. Garcia-Carrillo[1], V. Sayil Lopez-Alvarez[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, IIMM; luis.cabezas@umich.mx, jlruiz@umich.mx, wolfre117@gmail.com, victor.lopez.alvarez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, INICIT; Luis.olmos@umich.mx

Palabras Clave: Infiltración en estado sólido, microtomografía de rayos X, MEB.

RESUMEN. Este estudio investiga la producción y caracterización de un material compuesto a partir de aleaciones de magnesio AZ91E y titanio Ti64 para aplicaciones biomédicas. Ambas aleaciones son biocompatibles; AZ91E se destaca por su baja densidad y rápida degradación en el cuerpo humano, mientras que Ti64 es valorada por su alta relación resistencia-peso y resistencia a la fatiga, esenciales en implantes ortopédicos. Se fabrico un andamio poroso de Ti64 usando bicarbonato de amonio como espaciador y se sinterizo en atmósfera de argón. La infiltración de AZ91E se realizó a 850°C durante 10 minutos, logrando distribución homogénea. La microscopía electrónica de barrido (MEB) y microtomografía de rayos X confirmaron la buena adherencia y conectividad de la estructura. Estos resultados sugieren que la técnica de infiltración es viable para desarrollar compuestos Ti64/AZ91E, combinando propiedades mecánicas y biocompatibilidad, lo que apoya su uso en implantes y dispositivos médicos.

INTRODUCCIÓN. La creciente demanda de materiales biomédicos duraderos y biocompatibles ha impulsado la investigación en aleaciones metálicas para aplicaciones en implantes ortopédicos. Con el aumento de la esperanza de vida y los avances en técnicas médicas, es fundamental que los materiales utilizados en dispositivos médicos posean propiedades mecánicas y de biocompatibilidad que faciliten su integración con los tejidos humanos [1]. Entre los candidatos, las aleaciones de titanio, especialmente Ti64 (Ti-6Al-4V), se destacan como la opción preferida para implantes debido a su alta resistencia, baja densidad y resistencia a la corrosión. Sin embargo, la discrepancia en el módulo de elasticidad entre estas aleaciones y el tejido óseo puede ocasionar problemas de "estrés de protección", conduciendo a la deserción ósea y al eventual aflojamiento del implante [2]. Para abordar estos desafíos, la presente investigación se centra en el desarrollo de materiales compuestos Ti64/AZ91E mediante un proceso de infiltración. La aleación AZ91E de magnesio ofrece varias ventajas, incluyendo una baja densidad, alta capacidad de mecanizado y propiedades biodegradables, permitiendo así su degradación controlada dentro del cuerpo humano [3].

ANTECEDENTES. Las aleaciones de titanio, especialmente Ti64, han sido ampliamente utilizadas en aplicaciones biomédicas durante décadas, gracias a su biocompatibilidad y resistencia mecánica. Sin embargo, su alto módulo de Young (105-110 GPa) en comparación con el hueso humano (10-40 GPa) ha generado interés en el desarrollo de materiales que mitiguen

los efectos del estrés y mejoren la osteointegración [4]. En este contexto, las aleaciones de magnesio, como AZ91E, han comenzado a recibir atención como biomateriales biodegradables y biocompatibles. Compuesta principalmente de magnesio, con aproximadamente un 9% de aluminio y un 1% de zinc, la AZ91E presenta una densidad (1.74 - 2 g/cm³) cercana a la del hueso humano, lo que la convierte en una opción prometedora para aplicaciones de soporte de carga. La degradabilidad de AZ91E elimina la necesidad de cirugía secundaria para la remoción del implante, además de promover la formación de tejido óseo [5]. La técnica de infiltración de metal líquido se presenta como un método eficaz para unir Ti64 y AZ91E, combinando sus propiedades y mejorando la biocompatibilidad del material resultante. A pesar de los avances en la investigación de compuestos a base de Ti-Mg [6], aún son limitados los estudios sobre la incorporación de AZ91E en matrices de Ti64, lo que hace que esta investigación sea particularmente relevante.

OBJETIVOS. Desarrollar un andamio poroso de Ti64 con la técnica del espaciador e infiltrarlo con la aleación de magnesio AZ91E para fabricar un material compuesto que combine la biocompatibilidad y resistencia específica del titanio con la ligereza y biodegradabilidad del magnesio, caracterizando la microestructura interna por MEB, microtomografía y difracción de rayos X.

MATERIALES Y MÉTODOS. Polvos esféricos de Ti64 con tamaño de partícula de 20-45 µm se mezclaron con bicarbonato de amonio en proporción de 30% en volumen y alcohol polivinil al 1% (PVA) para facilitar la cohesión. La mezcla resultante se compacto axialmente en una matriz de acero inoxidable de 8 mm de diámetro a 500 MPa, obteniendo un compacto de 8 mm de altura. El compacto en verde se calentó a 180°C por 4 horas, seguido de un calentamiento a 500°C por 45 minutos, para eliminar la sal y el PVA, respectivamente. Enseguida se sinterizo a 1300°C con 60 minutos de permanencia. La masa de AZ91E se calculó a partir del volumen de la porosidad y las densidades teóricas con la regla de las mezclas, se colocó en la parte superior del andamio Ti64 para la infiltración por gravedad a 850°C por 15 minutos. Todo en atmosfera de argón alta pureza (99.997 %). El compuesto resultante de Ti64/AZ91E se caracterizó por microscopia electrónica de barrido JEOL JSM 7600F; analizando la microestructura interna de la superficie pulida a espejo de la muestra preparada por las técnicas metalográficas convencionales. La adquisición de imágenes por microtomografía de rayos X se realizó en un equipo nanoCT Phoenix Nanotom a 80kV y 75mA, con aproximadamente 2100 proyecciones a 360° con una cámara CCD de 2048x2048 píxeles y resolución de alrededor de 2 µm.

RESULTADOS OBTENIDOS. El análisis microestructural de los materiales precursores utilizados en la fabricación del material compuesto Ti64/AZ91E se presentan en la Fig. 1. En la Fig. 1a) se muestra la morfología de los polvos de Ti64, donde se observan partículas esféricas con diámetros que varían en un rango aproximado de 20 a 45 µm. Cabe mencionar, que está forma esférica facilita una alta fluidez y empaquetamiento durante la compactación y sinterización. La superficie de las partículas es relativamente lisa, aunque algunas presentan microporos y superficies rugosas, lo cual puede influir en la densificación del material final [7]. En la Fig. 1b) se muestran los cristales de bicarbonato de amonio utilizados como espaciadores en la producción de porosidad del andamio poroso de Ti64. Los cristales presentan morfologías irregulares y tamaños variables (100-500 µm), lo cual es favorable para la formación de una red porosa interconectada cuando se eliminan térmicamente [8].

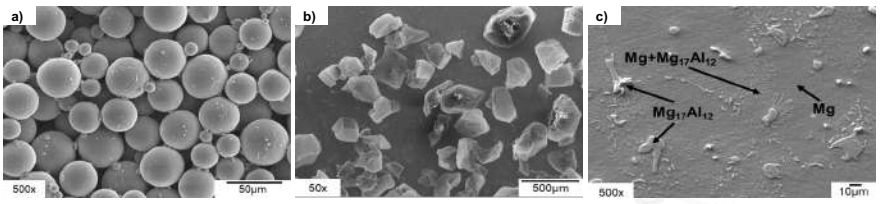


Figura 1. *Micrografías de MEB de los materiales precursores, utilizados para la fabricación del material compuesto Ti64/AZ91E; a) Polvos de Ti64, b) Sales de bicarbonato de amonio, y c) Aleación AZ91E.*

Por otra parte, la microestructura típica de la aleación de magnesio AZ91E se observa en la Fig. 1c), donde se identifican las fases intermetálicas Mg17Al12 y la matriz de Mg. La fase de Mg17Al12 aparece como estructuras dendríticas, mientras que las áreas indicadas como Mg+Mg17Al12 representan regiones de mezcla entre la matriz de Mg y la fase intermetalica, las cuales son cruciales para determinar las propiedades mecánicas y degradación del compuesto final [9]. La Fig. 2 muestra una serie de imágenes obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido y microtomografía de rayos X (b-f) que permiten analizar la microestructura y distribución volumétrica de las fases presentes en el compuesto Ti64/AZ91E [6, 10]. La Fig. 2a) muestra una imagen de MEB del Compuesto Ti64/AZ91E después de la infiltración, la imagen revela la microestructura interna del material compuesto, destacando la interacción entre la matriz Ti64 y la aleación AZ91E infiltrada. Los detalles de la interfaz entre las fases indican una infiltración efectiva, con los poros iniciales llenos del andamio de Ti64, que tenía un 75% de porosidad antes de la infiltración.

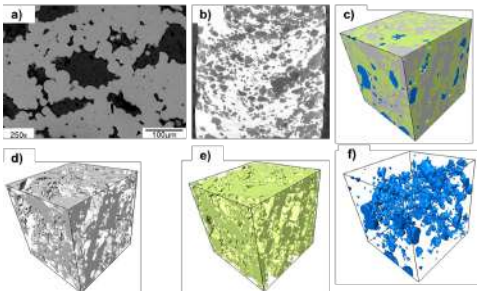


Figura 2. *Caracterización de la microestructura y la distribución volumétrica del compuesto Ti64/AZ91E*

La Fig. 2b) es una representación en 2D obtenida por microtomografía de rayos X (MCTX) del compuesto Ti64/AZ91E. Está imagen muestra la distribución de las fases en la sección transversal del compuesto, destacando como la aleación AZ91E se ha distribuido dentro de los poros del andamio de Ti64, cubriendo la estructura inicial de la matriz. La Fig. 2c) presenta una reconstrucción en 3D obtenida por MCTX que muestra la distribución volumétrica de las fases en el compuesto Ti64/AZ91E. En esta representación, el color gris representa la matriz de Ti64, el color verde corresponde a la aleación AZ91E infiltrada, y el color azul señala los poros residuales. Esta visualización tridimensional permite comprender mejor la infiltración de la aleación AZ91E y los volúmenes relativos de cada fase en el material compuesto. La Fig. 2d) es una representación en 3D del andamio poroso de Ti64 antes de la infiltración, fabricado con la técnica del espaciador con sales. Aquí se muestra la estructura porosa original del Ti64, que ocupa un volumen del 40.9%. Esta estructura es la que proporciona el marco de soporte para la infiltración de AZ91E, estableciendo así la estructura final del material compuesto. La Fig. 2e) representa la distribución de la aleación e AZ91E en 3D que ha sido infiltrada en el andamio poroso de Ti64. En esta visualización, la aleación AZ91E está destacada en color verde, mostrando como ocupa un 49.7%

del volumen total. Esta representación confirma la eficiencia del proceso de infiltración en llenar los poros del andamio de Ti64. Finalmente, la Fig. 2f) muestra la representación en 3D de los poros residuales dentro el compuesto Ti64/AZ91E, que se obtuvo por MCTX. Los poros residuales se representan en color azul y constituyen un 9.4% del volumen total del compuesto. Esta información es esencial para evaluar las propiedades mecánicas y la posible degradación del material, ya que la presencia de poros residuales puede influir en la resistencia y la durabilidad del material bajo condiciones de uso. Los porcentajes en volumen de las distintas fases se determinaron mediante CMT, utilizando un tamaño de voxel de 2 µm. Está técnica proporciona cuantificación adecuada de las fases presentes y de la porosidad del compuesto [11-12].

CONCLUSIONES. Este estudio confirma la viabilidad de la técnica de infiltración en estado sólido para fabricar materiales compuestos Ti64/AZ91E, con las siguientes conclusiones: La técnica utilizada logró una infiltración efectiva, llenando un 49.7% de los poros iniciales del andamio de Ti64 con AZ91E, dejando solo un 9.4% de poros residuales. El material compuesto combina la alta resistencia del titanio Ti64 con la ligereza y biodegradabilidad del magnesio AZ91E. La estructura resultante es homogénea y adecuada para aplicaciones biomédicas, como implantes, gracias a su buen ajuste entre ambas aleaciones. Aunque no se evaluaron directamente las propiedades mecánicas, el compuesto muestra un gran potencial para mejorar la integración ósea y reducir la necesidad de cirugía secundaria, dada la compatibilidad de Ti64 y la biodegradabilidad de AZ91E. Los resultados apoyan el uso del compuesto en aplicaciones biomédicas, pero se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar sus propiedades mecánicas y su rendimiento a largo plazo en entornos biológicos. En resumen, la técnica de infiltración demuestra ser una solución prometedora para desarrollar materiales biomédicos con propiedades mejoradas.

REFERENCIAS

1. Dahman, Y. (2019). Biomaterials science and technology: fundamentals and developments. CRC Press.
2. Niinomi, M., & Boehlert, C. J. (2015). Titanium alloys for biomedical applications. Advances in metallic biomaterials: tissues, materials and biological reactions, 179-213.
3. Maier, P., Hort, N. (2020). Magnesium alloys for biomedical applications. Metals, 10(10), 1328.
4. Xu, D., Lu, Z., Wang, T., Wang, S., Jiang, Y., Xu, Z., Geng, S. (2021). Novel Ti-based alloys prepared with different heat treatment strategies as antibacterial biomedical implants. Materials & Design, 205, 109756.
5. Chen, J., Xu, Y., Kolawole, S. K., Wang, J., Su, X., Tan, L., & Yang, K. (2022). Systems, properties, surface modification and applications of biodegradable magnesium-based alloys: a review. Materials, 15(14), 5031.
6. Esen, Z., Dikici, B., Duygulu, O., & Dericioglu, A. F. (2013). Titanium–magnesium based composites: mechanical properties and in-vitro corrosion response in Ringer's solution. Materials Science and Engineering: A, 573, 119-126.
7. Rodriguez-Contreras, A., Punset, M., Calero, J. A., Gil, F. J., Ruperez, E., & Manero, J. M. (2021). Powder metallurgy with space holder for porous titanium implants: A review. Journal of Materials Science & Technology, 76, 129-149.
8. Nublat, C., Braud, C., Garreau, H., & Vert, M. (2006). Ammonium bicarbonate as porogen to make tetracycline-loaded porous bioresorbable membranes for dental guided tissue regeneration: failure due to tetracycline instability. Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition, 17(12), 1333-1346.
9. Alomairy, S. (2024). Dissolution mechanism and kinetics of β (Mg17Al12) phases in AZ91 magnesium alloy. Journal of Magnesium and Alloys, 12(4), 1581-1592.
10. Bertrand, R., Caty, O., Mazars, V., Denneulin, S., Weisbecker, P., Pailhes, J., ... & Rebillat, F. (2017). In-situ tensile tests under SEM and X-ray computed micro-tomography aimed at studying a self-healing matrix composite submitted to different thermomechanical cycles. Journal of the European Ceramic Society, 37(10), 3471-3474.
11. Martinez-Garcia, J., Gwerder, D., Wahli, F., Guarda, D., Fenk, B., Stamatiou, A., ... & Schuetz, P. (2023). Volumetric quantification of melting and solidification of phase change materials by in-situ X-ray computed tomography. Journal of Energy Storage, 61, 106726.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124128

ALEACIÓN DE ALTA ENTROPÍA (FeCuCoCrNi): UN NUEVO CATALIZADOR EN LA SÍNTESIS DE NANOESTRUCTURAS DE CARBONO

Cintya Arroyo Arroyo [1], Lada Domratcheva Lvova[1], Francisco Gabriel Granados Martínez[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cintya.arroyo@umich.mx

Palabras Clave: Aleación de alta entropía, CVD, Nanoestructuras de Carbono.

RESUMEN. Desde que se descubrieron las aleaciones de alta entropía, se han utilizado en diversos campos (materiales termoeléctricos, magnetocalóricos, superconductores y catalizadores) debido a sus atractivas y únicas propiedades. Las impresionantes propiedades mecánicas, como excelente resistencia, resistencia a la corrosión y termoestabilidad, se deben a la composición de múltiples elementos. Así mismo, las nanoestructuras de carbono tienen excelentes propiedades como alta conductividad térmica, alta conductividad eléctrica, alta resistencia a la tracción y otras. La síntesis de nanoestructuras de carbono mediante el método de deposición química de vapor es tan popular debido a su simplicidad y bajo costo. La síntesis de algunas nanoestructuras de carbono, como los nanotubos, requiere la presencia de catalizadores. Los catalizadores normalmente utilizados son metales como hierro, cobalto, níquel o acero inoxidable. En este trabajo, los bulks de FeCoCrNiCu HEA sintetizados mediante aleación mecánica se utilizaron como catalizador en la síntesis de nanoestructuras de carbono mediante deposición química de vapor. Los resultados de la caracterización por microscopía electrónica de barrido mostraron la presencia de nanotubos de carbono, nanoribbons y nanobeads, además el contenido de carbono es superior al 90 porciento y los elementos presentes en el HEA se encontraron en nanoestructuras de carbono. El alto grado de cristalinidad se midió mediante difracción de rayos X.

INTRODUCCIÓN. Las aleaciones de alta entropía (HEAs) fueron definidas por Yeh et al. como aleaciones que generalmente contienen cinco o más elementos con igual o casi igual proporciones atómicas (Arroyo et al., 2021; Xueqian et al., 2018). La idea de maximizar la entropía configuracional es para generar una mayor estabilidad termodinámica que da como resultado la evolución de estructuras de solución sólida multicomponente. El atractivo de las HEAs se debe a sus grandes propiedades como son la alta resistencia a la corrosión, resistencia mecánica, resistencia a altas temperaturas, excelente resistencia al desgaste, dureza, etc (Singh et al., 2020). Se ha descubierto que la composición de fases y la distribución de elementos desempeñan papeles decisivos en la resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas de los HEA. Sin embargo, debido a la compleja entalpía de la mezcla de elementos principales, es difícil controlar las composiciones de fases y la distribución de elementos en los HEAs. Por lo tanto, es esencial estudiar los efectos de la evolución de la microestructura sobre la resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas de los HEAs (Zhao et al., 2020). Se han adoptado diversas técnicas para sintetizar HEA, como la fusión por arco al vacío, solidificación rápida, recubrimiento, y la aleación mecánica (AM). Aparte de AM, en todos los demás procesos, los autores informaron segregación y precipitaciones junto con estructuras cristalinas simples, que son comunes al manipular elementos con una amplia gama de puntos de fusión. AM es un proceso de molienda de bolas de alta energía que puede conducir a microestructuras estables con una mejor homogeneidad que

otras técnicas de procesamiento sin equilibrio. La extensión de la solubilidad sólida con buena homogeneidad y el procesamiento a temperatura ambiente son las principales ventajas de AM sobre la ruta de fundición, especialmente con sistemas multicomponentes con grandes diferencias en los puntos de fusión. Además, AM también puede producir una estructura nanocristalina, que es útil para mejorar las propiedades mecánicas en estas aleaciones (Rogal et al., 2017). Por otra parte, las nanoestructuras de carbono (CNS) son materiales de tamaño nanometrico con propiedades excepcionales que las hacen adecuadas para aplicaciones en una amplia gama de áreas de investigación. Se han utilizado diversos métodos de síntesis para producir CNS, aunque se pueden producir CNS de alta calidad utilizando métodos convencionales, un desafío clave es lograr una producción a gran escala cuidando el medio ambiente y a bajo costo. Una técnica flexible y económica para la síntesis de CNS a bajas temperaturas y presión ambiental es la deposición química de vapor (CVD) (Arroyo-Arroyo et al., 2023). Mediante este método es fácil controlar la morfología de los nanotubos de carbono (CNT) con la ayuda de los catalizadores, los catalizadores mas utilizados son metales como hierro, cobalto, níquel o acero inoxidable. Durante el crecimiento de los CNT, las partículas metálicas pueden enraizarse en la punta (crecimiento de la punta) o en la base de los CNT (crecimiento de la base), determinado por difusión masiva o difusión superficial, respectivamente. También depende de la fuerza de las interacciones metal-soporte: los CNT generalmente crecen a través del mecanismo de crecimiento de la base debido a una fuerte interacción del soporte metálico, o mediante el mecanismo de crecimiento de la punta debido a una interacción débil del soporte metálico (Yan et al., 2015). En este trabajo se sintetizaron nanoestructuras de carbono por el método de CVD utilizando como catalizador la FeCoCrNiCu HEA.

ANTECEDENTES. En 1981, Cantor inició la búsqueda en aleaciones de multicomponente equiatómico con su estudiante Arthur. Una de las aleaciones era con 20 componentes, encontraron que solo una composición de 20% atómico (CoCrFeMnNi) era de una sola fase FCC, lo que significó que esos 5 elementos se encontraban mezclados en una sola solución sólida. En el artículo publicado en el 2004, Cantor proporciona importantes conclusiones, la primera que en aleaciones con 20 y 16 componentes equiatómicos son multifase, cristalinos y frágiles. La otra conclusión importante es que el número total de fases siempre es significativamente menor que el número de equilibrio máximo permitido por la regla de fase de Gibbs e incluso menor que el número máximo permitido en condiciones de solidificación sin equilibrio. En 1995, Yeh empezó a explorar el mundo de las MPEAs. Él creía que una alta entropía de mezcla podría mejorar la mezcla entre componentes y reducir el número de fases. En su investigación se prepararon 40 aleaciones con 59 componentes distintos mediante arc melting y se realizaron investigaciones sobre la microestructura, dureza y estado de corrosión. En ese estudio la típica estructura dendrítica fue observada y todas las aleaciones presentaron alta dureza en el rango de 590 a 890 Hv (Yeh, 2016). De allí en adelante, las investigaciones de las HEAs fueron en aumento. La primera investigación de HEAs sintetizada por aleado mecánico fue hecha por Varalakshmi et al. quien produjo una aleación nanocristalina (AlCrCuFeTiZn) en el 2008. Desde entonces, el aleado mecánico ha sido progresivamente usado para producir HEAs nanocristalinas (Vaidya et al., 2019). Los CNT han estimulado una extensa investigación desde su descubrimiento por Sumio Iijima a principios de la década de 1990. Los CNT ideales pueden describirse como cilindros de grafeno a nanoescala (formados por láminas de grafito enrolladas de un átomo de espesor llamadas grafeno) que están cerrados en cada extremo por la mitad de una molécula de fullereno y son de dos tipos, las estructuras que comprenden solo un cilindro se denominan nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT), observados por primera vez por Iijima e Ichihashi en 1993, mientras que las estructuras que contienen dos o más cilindros concéntricos de grafeno se llaman

como nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNT) (Shah & Tali, 2016). Poco después, se desarrollaron otras nanoestructuras de grafito que incluye: nanoconos, peapods, nanocuernos, anillos de carbono o toroides. Más recientemente, el bidimensional alótropo cristalino del carbono, llamado grafeno fue aislado utilizando el llamado "método de cinta adhesiva" (Terrones et al., 2010).

OBJETIVO. El uso de la aleación de alta entropía (FeCoCrNiCu) como catalizador por el método de síntesis CVD, generará nanoestructuras de carbono con alta cristalinidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. La síntesis de nanoestructuras de carbono se llevó a cabo por el método CVD a una temperatura de 650 °C bajo una atmosfera de argón, el flujo de argón fue de 20 ml/s, se consumieron 10 ml de la fracción metanólica procedente del proceso de destilación, usada como precursor; se utilizaron bulks de 8mm de alto por 5 mm de diámetro de la aleación de alta entropía formada por los elementos Fe, Co, Cr, Ni y Cu en composición equimolar. La HEA fue sintetizada por aleado mecánico a 100 h de molienda efectiva logrando una sola fase FCC antes y después de la sinterización. La caracterización de las nanoestructuras obtenidas fue por microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X.

RESULTADOS OBTENIDOS. En la Fig. 1 se muestra la imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido en donde se observan 3 diferentes nanoestructuras de carbono, las cuales son nanotubos en mayor proporción con una morfología helicoidal, nanoribbons y nanobeads en menor cantidad. Los resultados del análisis de EDS se muestra en la Tabla 1, en ellos se puede ver claramente que los elementos de la HEA están en las nanoestructuras de carbono, además de que tienen un alto contenido de carbono.

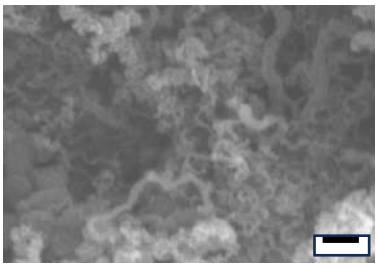


Figura 1. *Imagen de MEB de las nanoestructuras obtenidas*

Elemento	Wt%
C	94.0
Cu	2.8
Cr	0.4
Co	0.4
Fe	0.5
Ni	0.5
O	1.6

Tabla 1. *Resultados del análisis de EDS*

En el patrón de difracción de la Fig. 2 se observan los picos característicos de las nanoestructuras de carbono (planos 002 y 100), además de picos representativos del trióxido de dihierro, este ultimo se debe a la oxidación que se genera durante la síntesis por el oxigeno presente en la molécula del precursor.

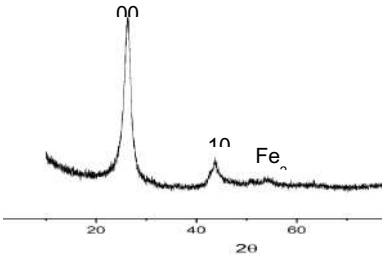


Figura 2. *Patrón de difracción de las CNS sintetizadas*

CONCLUSIÓN. En conclusión, FeCoCrNiCu HEA puede usarse como catalizador en la síntesis de nanoestructuras de carbono ya que no se necesita una gran cantidad de esta aleación ni tampoco una alta temperatura de síntesis para obtener un buen rendimiento de nanoestructuras de carbono con alto grado de cristalinidad.

REFERENCIAS

1. Arroyo, C., Gómez, L. B., Aguilar, C., & Alfonso, I. (2021). Structural Characterization of High Entropy Alloy (FeCoCrNiCu) Synthesized by Mechanical Alloying. Microscopy and Microanalysis, 27(S1), 3292–3293. https://doi.org/10.1017/s1431927621011338
2. Arroyo-Arroyo, C., Granados-Martínez, F. G., Hernandez-Cristobal, O., Cisneros-Magaña, M. R., & Domratcheva-Lvova, L. (2023). The oxygen behavior in the carbon nanostructures synthesized by CVD with recycling precursor. MRS Advances. https://doi.org/10.1557/s43580-023-00746-4
3. Rogal, Ł., Kalita, D., Tarasek, A., Bobrowski, P., & Czerwinski, F. (2017). Effect of SiC nano-particles on microstructure and mechanical properties of the CoCrFeMnNi high entropy alloy. Journal of Alloys and Compounds, 708, 344–352. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.02.274
4. Shah, K. A., & Tali, B. A. (2016). Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapour deposition: A review on carbon sources, catalysts and substrates. In Materials Science in Semiconductor Processing (Vol. 41, pp. 67–82). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.08.013
5. Singh, S., Shaikh, S. M., Kumar M K, P., Murty, B. S., & Srivastava, C. (2020). Microstructural homogenization and substantial improvement in corrosion resistance of mechanically alloyed FeCoCrNiCu high entropy alloys by incorporation of carbon nanotubes. Materialia, 14. https://doi.org/10.1016/j.mtla.2020.100917
6. Terrones, M., Botello-Méndez, A. R., Campos-Delgado, J., López-Urías, F., Vega-Cantú, Y. I., Rodríguez-Macías, F. J., Elías, A. L., Muñoz-Sandoval, E., Cano-Márquez, A. G., Charlier, J. C., & Terrones, H. (2010). Graphene and graphite nanoribbons: Morphology, properties, synthesis, defects and applications. In Nano Today (Vol. 5, Issue 4, pp. 351–372). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.nantod.2010.06.010
7. Vaidya, M., Muralikrishna, G. M., & Murty, B. S. (2019). High-entropy alloys by mechanical alloying: A review. Journal of Materials Research, 34(5), 664–686. https://doi.org/10.1557/jmr.2019.37
8. Xueqian, Y., Guizhong, L., Yufeng, B., Xintao, D., & Jingjie, G. (2018). Influence of gradual replacement of aluminum for copper in FeCrCoNiCu alloys. Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik, 49(11), 1373–1380. https://doi.org/10.1002/mawe.201800044
9. Yan, Y., Miao, J., Yang, Z., Xiao, F. X., Yang, H. Bin, Liu, B., & Yang, Y. (2015). Carbon nanotube catalysts: Recent advances in synthesis, characterization and applications. Chemical Society Reviews, 44(10), 3295–3346. https://doi.org/10.1039/c4cs00492b
10. Yeh, J. W. (2016). Overview of high-entropy alloys. In High-Entropy Alloys: Fundamentals and Applications. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27013-5_1
11. Zhao, M., Wu, T., Liu, D., Huang, Y., Zhao, L., Tang, Y., Shen, M., Hu, Y., Zhang, J., Li, J., Yu, M., & Song, L. (2020). Effect of carbon fiber on microstructure evolution and surface properties of FeCoCrNiCu high-entropy alloy coatings. Materials and Corrosion, 71(3), 430–439. https://doi.org/10.1002/maco.201911104

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124129

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Zoogoneticus purhepechus* (*Cyprinodontiformes: Goodeidae*) EN EL LAGO DE CAMÉCUARO, MICHOACÁN MÉXICO

***Daniel Alejandro Zendejas Arteaga*[1], *Omar Domínguez Domínguez*[1], *Xavier Madrigal Guridi*[1], *Michael Köck*[1], *Carlos Ortega García*[2], *Arely Ramírez García*[1]**

1 *Laboratorio de biología acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1579012h@umich.mx; omar.dominguez@umich.mx; xavier.madrigal@umich.mx; arelyr@umich.mx; characodon68@gmail.com*

2 *Parque nacional Lago de Camécuaro; calif.cor951@gmail.com*

Palabras Clave: Peces endémicos, Conservación, Goodeidae.

RESUMEN. El pez *Zoogoneticus purhepechus* es una especie de pez endémica del lago de Camécuaro, Michoacán, catalogada en peligro crítico de extinción. Este estudio describe la biología reproductiva y los hábitos alimentarios de Z. *purhepechus* para contribuir a su conservación. Se realizaron muestreos mensuales durante un año, capturando 20 individuos por mes. Se analizó el contenido estomacal y el desarrollo de las gónadas, evaluando la fecundidad, la época reproductiva y la dieta. Los resultados indican actividad reproductiva durante todo el año, con picos en marzo y abril. Fecundidad de 1 a 10 embriones por hembra, dimorfismo sexual hembras más grandes (longitud patrón máxima 50.40 mm) que los machos (45.66 mm). Ligera tendencia hacia una mayor proporción de hembras en la población. Dieta variada que incluye restos de insectos, algas, diatomeas y restos vegetales. Presencia de microplásticos en algunos individuos. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos en especies relacionadas, como *Zoogoneticus quitzeoensis* en Zacapu, que mostraron una dieta omnívora con tendencia a la carnivoria y un periodo reproductivo prolongado. Se concluye que Z. *purhepechus* muestra una reproducción continua y una dieta principalmente carnívora con tendencia a la omnívora. La presencia de microplásticos en su dieta sugiere una posible amenaza adicional para la especie.

INTRODUCCIÓN. La conservación de la biodiversidad es un elemento central para la persistencia y funcionamiento de los ecosistemas (Hooper et al., 2005). Dentro de los grupos más amenazados se encuentran las especies endémicas, aquellas restringidas a una pequeña porción geográfica (Dirzo y Raven 2003). Tal es el caso de los peces de la familia Goodeidae, endémicos de pequeñas cuencas del altiplano mexicano y considerados el grupo de vertebrados de agua dulce más amenazado en México (Lyons et al., 1998). Dentro de los Goodeidos, el género *Zoogoneticus* ha sido catalogado en Peligro Crítico, siendo *Zoogoneticus purhepechus*, la especie con el ámbito geográfico más restringido (Domínguez-Domínguez et al. 2005). Z. *purhepechus* es endémica del lago de Camécuaro en Michoacán, el cual representa menos del 1% de la distribución histórica de los goodeidos (Uribe-Aranzábal et al. 2010). El pez Z. *purhepechus*, conocido localmente como topote, es un pequeño pez endémico del lago de Camécuaro, ubicado en la meseta Purépecha en Michoacán (De la Vega-Salazar et al., 2003). Pertenece a la familia Goodeidae, y es el único representante del género Zoogoneticus en la cuenca del lago de Cuitzeo. Debido a la degradación severa de su hábitat por contaminación y la introducción de especies invasoras, Z. *purhepechus* está catalogado como en peligro crítico en

la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, y en peligro de extinción por la NOM-059-SEMARNAT.

ANTECEDENTES. Un estudio previo sobre la alimentación de *Zoogoneticus quitzeoensis* en Zacapu mostró que esta especie tiene una dieta omnívora con tendencia a la carnívoria. Se encontró que consumen principalmente insectos acuáticos, zooplancton y detritus (Domínguez-Domínguez et al., 2006). Este estudio proporciona un punto de comparación para los hábitos alimentarios de Z. *purhepechus* en Camécuaro. Investigaciones anteriores sobre la reproducción de Z. *quitzeoensis* en Zacapu revelaron que esta especie tiene un periodo reproductivo prolongado, con picos de actividad en primavera y verano. Se observó que las hembras pueden almacenar esperma y que la fecundidad está relacionada con el tamaño corporal (Ramírez-García et al., 2018). Estos hallazgos ofrecen un contexto valioso para interpretar los patrones reproductivos de Z. *purhepechus* en Camécuaro.

OBJETIVO. Describir la biología reproductiva de *Z. purhepechus* en el lago de Camécuaro. Determinar la alimentación de *Z. purhepechus* en el lago de Camécuaro

MATERIALES Y MÉTODOS Se realizaron muestreos mensuales, recolectando 20 ejemplares por mes utilizando redes de arrastre, trampas nasa y redes de mano. Los especímenes fueron preservados en formol al 5%, para su posterior análisis en laboratorio. Se registro la longitud total, peso, y se realizaron disecciones para determinar el sexo y peso de las gónadas. El análisis de contenido estomacal se realizó siguiendo los lineamientos de Gerking (1994), identificando las presas al menor taxón posible. Para el estudio reproductivo, se llevó un registro de las gónadas y su estadio de desarrollo. La fecundidad se estimará mediante el conteo de ovocitos hidratados o embriones en hembras. Se determinó la época y periodicidad del ciclo reproductivo mediante el seguimiento del índice gonadosomático (IGS) y la proporción de las fases de madurez gonadal.

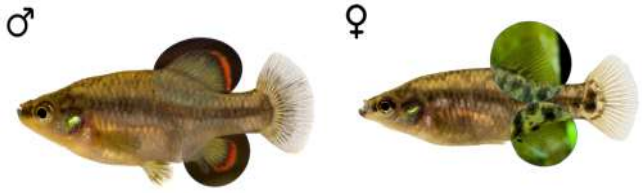


Figura 3. *Diferencias morfológicas entre macho y hembra de Z. purhepechus*

RESULTADOS. Se observó actividad reproductiva durante todo el periodo de estudio, con picos en marzo y abril. La fecundidad varió de 1 a 10 embriones por hembra. Dimorfismo sexual: Las hembras tienden a ser más grandes que los machos, con longitudes patrón máximas de 50.40 mm y 45.66 mm respectivamente. Dieta: El análisis de contenidos estomacales reveló una dieta variada que incluye restos de insectos, algas, diatomeas y restos vegetales. Se detectó la presencia de microplásticos en algunos individuos. Proporción sexual: Se observó una ligera tendencia hacia una mayor proporción de hembras en la población.

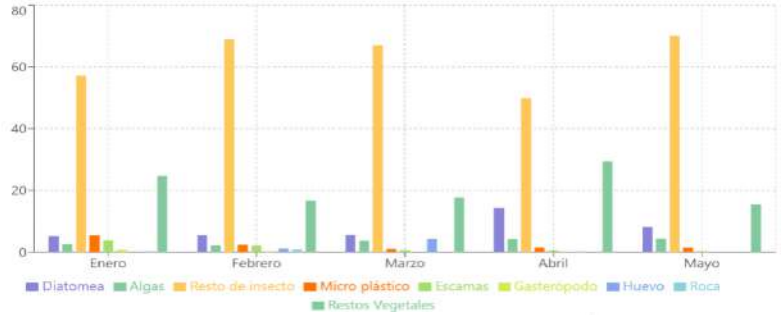


Figura 1. *Gráfica de la dieta encontrada en Z. purhepechus en el lago de Camécuaro*

CONCLUSIONES. Se concluye que el pico reproductivo de Z. purhepechus se encuentra en el mes de marzo y en los hábitos alimentarios se encontraron 9 artículos alimenticios. Los resultados serán fundamentales para desarrollar estrategias de conservación efectivas, contribuyendo a la preservación de esta especie nativa lago de Camécuaro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De la Vega-Salazar, M.Y., Winemiller K.O. & Avila-Luna E.G. (2003). Zoogoneticus purhepechus. The IUCN Red List of Threatened Species 2003.
2. Dirzo, R., & Raven P.H. (2003). Global state of biodiversity and loss. Annual Review of Environment and Resources, 28(1), 137-167. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105528
3. Domínguez-Domínguez, O., Pérez-Ponce de León, G., & Martínez-Meyer, E. (2006). Habitat invasion in the Zacapu lake system, Mexico, by the goodeid fish *Zoogoneticus quitzeoensis*. Journal of Fish Biology, 68(S1), 12-21.
4. Domínguez-Domínguez, O., Pérez-Ponce de León, G., Doadrio, I. & Hernández, D. (2005). Zoogoneticus purhepechus. The IUCN Red List of Threatened Species 2005.
5. Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. & Wardle, D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs, 75(1), 3-35. https://doi.org/10.1890/04-0878
6. Lyons, J., González-Hernández, G., Soto-Galera, E. & Guzmán-Arroyo, M. (1998). Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west-central Mexico. Fisheries, 23(4), 10-18. https://doi.org/10.1577/1548-8446(1998)023<0010:DOFFAF>2.0.CO;2
7. SEMARNAT (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm
8. Ramírez-García, A., Ramírez-Herrejón, J. P., Medina-Nava, M., Hernández-Morales, R., & Domínguez-Domínguez, O. (2018). Reproductive biology of the endangered goodeid Zoogoneticus quitzeoensis Bean, 1898 in the Zacapu wetland, Mexico. Journal of Applied Ichthyology, 34(1), 81-90.
9. Uribe Aranzábal, M.C., Vázquez Rodríguez, I., Doadrio, I. & Pérez Ponce de León, G. (2010). Conservation of Goodeidae (Cyprinodontiformes) fish fauna in central Mexico. Tropical Conservation Science, 3(2), 265-278. https://doi.org/10.1177/194008291000300210

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124130

CONTROL DE LAS ESPECIES ÍCTICAS NO NATIVAS DEL PARQUE NACIONAL LAGO DE CAMÉCUARO MICHOACÁN MÉXICO

Derek Eliceo Carrillo Méndez[1], Omar Domínguez Domínguez[1], Xavier Madrigal Guridi[1], Michael Kock[1], Carlos Ortega García[2]. Arely Ramírez García[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolas De Hidalgo, 1630194d@umich.mx, omar.dominguez@umich.mx, xavier.madrigal@umich.mx, arelyr@umich.mx, characodon68@gmail.com

2 Ayuntamiento del Municipio de Tangancicuaro, calif.cor951@gmail.com

Palabras Clave: Especies exóticas, Parque Nacional, íctiofauna, Artes de pesca

RESUMEN. En el estado de Michoacán se encuentra el Parque Nacional lago de Camécuaro, el cual es un Área Natural Protegida, en este existen diversos criptohumedales que se encuentran por fuera del lago y algunos por dentro del mismo, donde viven diferentes especies de peces nativos pertenecientes a la familia Goodeidae, sin embargo, también existen especies exóticas las cuales afecta a la fauna nativa. El presente trabajo tiene como objetivo llevar acabo un control y/o erradicación de las especies exóticas. Se realizaron muestreos a lo largo de un ciclo anual, se utilizaron múltiples artes de pesca (red de tipo chinchorro, trampas tipo nasa, redes de mano, tumbo y cañas de pescar), los peces capturados fueron identificados como especies exóticas y fueron preservados en formaldehído al 4%. Los resultados indican que los peces exóticos más abundantes dentro del lago son *Oreochromis* sp*, Lepomis cyanellus, Cyprinus carpio* y *Micropterus salmoides*, sin embargo, también existen especies pequeñas tales *como Pseudoxiphophorus bimaculatus, Poecilia reticulata* y *Xhiphophorus hellerii*, el número total de organismos colectados es de 3,968, la especie captura más abundante fue *P. bimaculatus* con 942 individuos, seguido de *P. reticulata* con 386 individuos. La especie con mayor biomasa fue *Oreochromis* sp con 43,074 gramos, seguida de *Cyprinus carpio* con 39,279 gramos. Las capturas de los diferentes peces varían significativamente según el tipo de arte de pesca, las especies *X. helleri* y *P. bimaculatus* son predominantemente capturados con trampas y redes. Se concluye que es de vital importancia, el control y erradicación de las especies exóticas puesto que están desplazando a las nativas hasta llegar a la extinción, se espera que las poblaciones nativas aumenten en abundancias a lo largo del tiempo y logren colonizar todos los manantiales en los cuales solían existir antes en el Lago de Camécuaro.

INTRODUCCÍON. En el estado de Michoacán se encuentra el Parque Nacional Lago de Camécuaro, el cual es un Área Natural Protegida, que cuenta con diversos criptohumedales que se encuentran por fuera del lago y algunos por dentro del mismo, donde viven diferentes especies de peces nativos pertenecientes a la familia Goodeidae, tales como la *Skiffia multipuntacta* y *Zoogoneticus purepechus* que están siendo desplazadas por las especies exóticas que han llegado al parque y están afectando negativamente el ciclo de vida de estos peces dulceacuícolas (Gutiérrez-Yurrita y col. 2005). Debido a la problemática de introducción de especies invasoras y actividades derivadas del turismo no regulado, el lago permanece con alteraciones continuas que perjudican la fauna del sitio, la contaminación de los manantiales correspondientes a la recarga del lago junto con el uso de insecticidas y abonos que son utilizados para la agricultura provoca la pérdida de la calidad del agua y por ende el hábitat de las especies nativas, y el desplazamiento

de estas por parte de las exóticas en el lago de Camécuaro (Tomas, 2019). El lago se ha visto impactado negativamente a consecuencia del fomento de la pesca deportiva, algunas de las especies ícticas invasoras de las que se tiene registro dentro del cuerpo de agua son: tilapia azul (*Oreochromis aureus*), lobina negra (*Micropterus salmoides*) y carpa común europea (*Cyprinus carpio*) y (*Lepomis cyanellus*), sin embargo dentro de los manantiales se encuentran otras especies de menor tamaño pero que igual son exóticas invasoras tales como *Pseudoxiphophorus bimaculatus, Poecilia reticulata* y *Xhiphophorus hellerii*, estas especies desplazan a las especies nativas tales como la lamprea de Chapala (*Tetrapleurodon spadiceus*), la (*Skiffia multipuntacta*) y el picote (*Zoogoneticus quitzeoensis*) y (*Z. purepechus*) a zonas marginales del lago (Gutiérrez, 2004).

ANTECEDENTES. Las introducciones de especies en ambientes acuáticos pueden ser intencionales, como en la acuicultura extensiva o en el caso de las introducciones de especies depredadoras como la lobina para la pesca deportiva, o accidentales, como aquellas que se escapan de las unidades piscícolas, o las que son transportadas en el lastre de las embarcaciones (Zambrano et al., 2006). El Lago De Camécuaro es uno cuerpo de agua que desde tiempos inmemoriales ha sido utilizado como parque de recreación, pues su increíble bosque de galerías y sus aguas cristalinas hacen de este un destino que cualquiera quisiera conocer (Gutiérrez-Yurrita, y col., 2006), estudios respecto a los criptohumedales y el agua subterránea son clave importante para entender cómo funciona este manantial (Garduño ,1999).

HIPOTESIS. En el presente estudio se pretende determinar la afectación de las especies ícticas no nativas sobre las especies nativas para evaluar cuál de las especies exóticas repercute más en el ciclo de vida de las especies nativas del Parque Nacional Lago De Camécuaro.

OBJETIVOS. Determinar la afectación de las especies ícticas invasoras sobre las nativas y controlar las poblaciones de las especies no nativas que se encuentran en el Parque Nacional Lago de Camécuaro.

OBJETIVOS PARTICULARES. Evaluar la biomasa de las especies exóticas describiendo la especie más abundante. Analizar contenido estomacal de las especies no nativas de gran tamaño para determinar el porcentaje de depredación de especies nativas. Controlar/erradicar a las especies ícticas exóticas del Parque Nacional Lago De Camécuaro.

MATERIALES Y METODOS. El Parque Nacional Lago de Camécuaro se localiza al noroeste del municipio de Tangancícuaro en el estado de Michoacán, México (Fig 1).

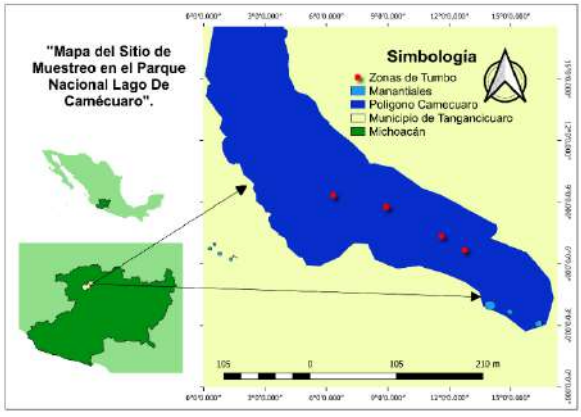


Figura 1. *Mapa de los sitios de muestreo del Parque Nacional Lago de Camécuaro.*

Se realizaron muestreos a lo largo de un ciclo anual cada final de mes desde enero de 2024 hasta septiembre de 2024 en 8 ubicaciones. Los lugares de muestreo son los criptohumedales y los manantiales que le dan sostén hídrico al Lago de Camécuaro. La toma de las variables ambientales como las características físicas y químicas del agua, incluida la temperatura (°C), el pH, el oxígeno disuelto (mg/L), y la salinidad se tomaron con el dispositivo Hanna modelo HI98280 GPS. Se utilizo una red chinchorro de 5m de largo, 1,8 m de alto y 5 mm de malla y veinte trampas tipo naza colocadas durante una hora por sitio (manantial). También se utilizaron redes de mano para garantizar la colecta de las especies exóticas que se encuentran dentro de los manantiales y se utilizó una red tipo tumbo para las zonas más profundas del lago y la técnica de pesca subacuática con arpones para las especies grandes que se encuentran dentro del Lago de Camécuaro. Los peces de proporciones pequeñas *Pseudoxiphophorus bimaculatus, Poecilia reticulata* y *Xhiphophorus hellerii* , fueron preservados en formaldehído al 4%, luego se les identifico, cuantifico, midió y peso para poder cuantificar la biomasa de estas especies y con las especies más grandes *Oreochromis aureus*, *Micropterus salmoides, Lepomis cyanellus* y *Cyprinus carpio* se revisó el contenido estomacal para así poder determinar si la dieta de estas especies es la misma que la de las nativas y en determinado caso actúen como depredadores de las especies originarias del lago.

RESULTADOS. Los resultados indican que los peces exóticos más abundantes dentro del lago son *Oreochromis aureus*, *Lepomis cyanellus, Cyprinus carpio* y *Micropterus salmoides*, sin embargo, también existen especies pequeñas tales *como Pseudoxiphophorus bimaculatus, Poecilia reticulata* y *Xhiphophorus hellerii*, el número total de organismos colectados es de 3,968, la especie captura más abundante fue *P. bimaculatus* con 942 individuos, seguido de *P. reticulata* con 386 individuos. La especie con mayor biomasa fue *Oreochromis* sp con 43,074 gramos, seguida de *Cyprinus carpio* con 39,279 gramos. Las capturas de los diferentes peces varían significativamente según el tipo de arte de pesca, las especies *X. helleri* y *P. bimaculatus* son predominantemente capturados con trampas y redes. El contenido estomacal de las especies mostro que la lobina y el lepomis tienden a la carnivoría, la tilapia tiende a la omnivoría, y la carpa es detritívora. (Fig. 2)



***Figura 2**. Artículos alimenticios encontrados en la dieta de las especies exóticas invasoras que se encuentran en el Parque Nacional Lago De Camécuaro.*

CONCLUSIONES. Se concluye que es de vital importancia, el control y erradicación de las especies exóticas puesto que están desplazando a las nativas hasta llegar a la extinción, se espera que las poblaciones nativas aumenten en abundancias a lo largo del tiempo y logren colonizar todos los manantiales en los cuales solían existir antes en el Lago de Camécuaro.
La abundancia y biomasa de estas especies exóticas representan una amenaza real para la fauna nativa, especialmente para las especies de la familia Goodeidae que habitan en los criptohumedales del área. Es imperativo continuar y fortalecer los esfuerzos de control y erradicación de las especies exóticas en el Lago de Camécuaro. Estas acciones son fundamentales para la conservación de la biodiversidad nativa y la integridad ecológica de este

importante ecosistema acuático. Se espera que, con la implementación sostenida de estas medidas, las poblaciones de especies nativas puedan recuperarse y recolonizar los hábitats de los que han sido desplazadas, contribuyendo así a la restauración ecológica del Parque Nacional Lago de Camécuaro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garduño, V.H. (1999). Carta Geológica del Estado de Michoacán, Esc:1: 1000 000.
2. Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2004). Plan Rector de Manejo del Parque Nacional Lago de Camécuaro, Tangancícuaro, Michoacán. Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, 191 pp, Querétaro, México.
3. Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2005). Estudios de Ecología Integral para elaborar el Plan de Manejo del Parque Nacional Lago de Camécuaro, Tangancícuaro, Michoacán. Municipio de Tangancícuaro-Patronato del Parque Nacional Lago de Camécuaro, Michoacán. 345pp. México.
4. Gutiérrez-Yurrita, P.J., Hernández Elfego., Morales-Ortíz., García Trejo F., Pedraza Lara Carlos., Cid Montoya B., Ruiz J y L. Felix. (2005). Plan de Manejo del Parque Nacional Lago de Camécuaro, Tangancícuaro Michoacán. Universidad Autónoma de Querétaro, México: 138pp.
5. Morales-Ortiz, A. y P. J. Gutiérrez-Yurrita. (2006). Elenco Ictiofaunístico Del Parque Nacional Lago De Camécuaro, Tangancícuaro, Michoacán. proceedings del X Congreso Nacional de Ictiología. Universidad Autónoma de Querétaro, 23-27 de octubre.
6. Tomas, C. (2019). Análisis de las actividades turísticas con alto impacto ecológico en el Parque Nacional Lago de Camécuaro, Tangancícuaro, Michoacán. Tlamati Sabiduría. 10 (2), 1-10.
7. Zambrano, L., E. Martínez-Meyer, N.A. Menezes y A.T. Peterson. 2006. Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwater systems. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63:1906-1910

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124131

DEGRADACIÓN DE OXITETRACICLINA UTILIZANDO MATERIALES BASE BIYO3

Diana L. Hernández Arellano[1], Juan C. Durán-Álvarez[2], Rodolfo Zanella[2], Federico González[3], Rigoberto López-Juárez[1]

1 Instituto de Investigaciones en Materiales Unidad Morelia / Universidad Nacional Autónoma de México, CP58190, Morelia, México

2 Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México

3 Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, A.P. 55-534, Ciudad de México, México

Palabras Clave: Especies exóticas, Parque Nacional, íctiofauna, Artes de pesca

RESUMEN. Los compuestos base bismuto como Bi2O3 o BiFeO3 han mostrado buenos resultados en la degradación fotocatalítica de diversos compuestos. Sin embargo, se ha observado que estos compuestos presentan la volatilización del bismuto durante su procesamiento, causando la presencia de fases secundarias no deseadas y la disminución de la actividad fotocatalítica. El método Pechini permite la síntesis y el fácil dopado de materiales cerámicos, evitando la volatilización a altas temperaturas. Se utilizaron dos temperaturas para la síntesis de BiYO3, 600 y 800 °C. La muestra con el tratamiento térmico a 600 °C presentó una degradación de oxitetraciclina del 50 % y una baja mineralización. Para mejorar tanto la degradación como la mineralización, se agregó praseodimio en solución sólida. En base al radio iónico del praseodimio se considera que ocupa los sitios de itrio, siguiendo la formula BiY1-XPrXO3 donde x = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 % atómico. Los resultados de difracción de Rayos X mostraron una estructura cúbica en todos los materiales, independientemente de la temperatura de calcinación. Se observó también un crecimiento del tamaño de cristal y la subsecuente disminución del área superficial en todas las muestras al incrementar la temperatura de calcinación. La banda prohibida del material mostró un descenso con el incremento de praseodimio, con valores menores de 2.04 eV. Los mejores resultados de degradación se obtuvieron con la muestra BiY0.995Pr0.005O3 calcinada a 800 °C. Así mismo, este material mostró ser estable después de 4 ciclos de degradación. Se observó una disminución de la actividad fotocatalítica cuando se utilizó agua de la llave.

INTRODUCCIÓN. Los antibióticos no son aprovechados al 100 % por el cuerpo que los recibe, por lo cual una parte de ellos terminan siendo excretado. Existen diversas formas en las cuales terminan en efluente acuático como: efluentes provenientes de plantas de tratamiento y, ganadería, procesos industriales, entre otras (Dong et al., 2016). Las plantas de tratamiento no logran la eliminación de estos contaminantes, por un lado, debido a la alta estabilidad de los antibióticos o sus metabolitos y por otro lado las plantas de tratamiento no están diseñadas para tratar con estos contaminantes. La presencia de antibióticos en el medio ambiente tiene consecuencias importantes para la salud humana y los diferentes ecosistemas (Danner et al., 2019). Para eliminar estos antibióticos, se han investigado diversas técnicas como lodos activados, membranas, biorremediación, procesos avanzados de oxidación como la fotocatálisis (Ionela et al., 2021). La fotocatálisis resulta una opción más atractiva debido a que es una reacción que ocurre en condiciones ambientales, además de que puede mineralizar el

contaminante completamente. La reacción de fotocatálisis sigue 3 pasos. Inicialmente un fotón incide en un fotocatalizador con la energía igual o mayor a la energía de la banda prohibida del material. Después, un electrón de la banda de valencia se excita con este fotón y llega a la banda de conducción, esto genera hueco en la banda de valencia. Finalmente, estos dos portadores de carga son aprovechados en la superficie del fotocatalizador y la presencia de agua generan especies oxidantes las cuales degradan los contaminantes. Muchos materiales se han investigado para este fin, y es importante considerar ciertas características para utilizarlos como fotocatalizador, por mencionar su estabilidad química área superficial, tamaño del cristal, y morfología, ya que estas características influyen en la actividad fotocatalítica. El propósito del presente trabajo es estudiar el material $BiYO_3$ puro y dopado Pr para ser utilizado como fotocatalizador. En el ensayo fotocatalítico se utilizó la oxitetraciclina como molécula modelo.

ANTECEDENTES. Los materiales base bismuto como $BiVO_4$, Bi_2WO_6 y Bi_4Ti_3O han atraído la atención debido a sus propiedades, como estabilidad química, además se ha encontrado que tienen una banda de aproximadamente 3 eV, lo cual permite utilizar la luz visible. En estos materiales la banda de valencia se compone de los orbitales híbridos O 2p y Bi 6s, mientras que la banda de conducción generalmente consiste de los orbitales *d* del V, W o Ti (M. Wu et al., 2015). Sin embargo, la mayoría de estos materiales presenta la volatilización de Bi debido a la temperatura de tratamiento térmico que se utiliza para su cristalización, lo que conlleva a la formación de fases secundarias. El $BiYO_3$ ha mostrado buenos resultados como fotocatalizador, por ejemplo se ha podido degradar naranja de metilo y oxitetraciclina. Para la reducción de 4-nitrofenol y rojo Congo, este material se ha dopado con Cu, Dy Tb y Nb. Se encontró que la muestra dopada con Nb mostró los mejores resultados. Así mismo, se ha demostrado que la especie activa principal de estos compuestos son OH* y h^+.

OBJETIVOS. Sintetizar materiales de $BiYO_3$ y $BiYO_3$ dopado con Pr, mediante el método Pechini. Degradación del compuesto orgánico oxitetraciclina hidroclórica mediante la fotocatálisis utilizando luz visible.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los materiales fueron sintetizados mediante el método Pechini utilizando los reactivos Bi $(NO_3)_3$-$5H_2O$ (98.9 %), $Y(NO_3)_3$-$6H_2O$ (99.8 %), Pr $(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ (99.9 %) y etilenglicol, obtenidos de sigma Aldrich y ácido cítrico de J.T. Baker. El procedimiento fue el siguiente: Los reactivos solidos se colocaron dentro de un vaso de precipitados (250 ml), con agua desionizada. Se mantuvo bajo agitación constante para facilitar la disolución de los sólidos y evitar la sedimentación de estos. Una vez todos los sólidos se disolvieron se agregó el etilenglicol. La temperatura entonces se incrementó a 70 °C para la evaporación del agua. Posteriormente, se incrementó la temperatura a 100 °C para promover la formación de la resina polimérica. Una vez solidificada la resina, se precalcinó a 370 °C por 1 hora para facilitar la molienda de la misma y posteriormente poder calcinar determinadas porciones a temperaturas de 600 y 800 °C. Las muestras obtenidas fueron caracterizadas mediante los siguientes equipos: difractómetro de Rayos X (Bruker modelo D2 Phaser), con fuente de radiación de Cu. Infrarrojo por transformada de Fourier (Espectrómetro marca Thermo Scientific modelo Nicolet iS10). Las muestras se observaron en un equipo marca JEOL modelo JSM-IT300HR, y se midió el área superficial mediante la técnica BET usando un equipo Autosorb-1 Quantachrome. Cada reacción de actividad fotocatalítica se llevó a cabo en un régimen tipo *batch*, en un reactor de vidrio conectado a un recirculador de agua para mantener una temperatura constante. Se utilizó una solución de 30 mg/L de oxitetraciclina y 125 mg/l de fotocatalizador. Además, se suministró una corriente de aire de 100 mL/min y se mantuvo agitación magnética. Se utilizo una lampara de

Xenón de 25 W. Se tomaron muestras 30 minutos después de la etapa de absorción (luz apagada) y tras 0, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 y 300 minutos de irradiación. Estas muestras se analizaron utilizando los equipos siguientes: cromatógrafo de líquidos Agilent 1200 Infinity Series, acoplado a un espectrómetro de masas con triple cuadrupolo Agilent Technologies 6420.

RESULTADOS OBTENIDOS. En la fig. 1 se observan los resultados de difracción de Rayos X, donde las señales obtenidas corresponden a la tarjeta JCPDS 27-1047. Es una fase cubica simimlar a la fluorita. Se observa que la intensidad de la muestra calcinada a 600°C es menor que la observada para la muestra calcinada a 800 °C, lo cual es atribuido al incremento del tamaño del cristal por el aumento de la temperatura de calcinación. También se observa el ensanchamiento de los picos, lo cual podrían indicar una mejora en la cristalinidad de la muestra. Ha sido reportado que un incremento en la cristalinidad impacta en la actividad fotocatalítica. Una menor cantidad de defectos generalmente resulta en una menor recombinación del par e^-/h^+. En la fig. 1b, se observa el desplazamiento de los picos a un ángulo mayor, lo cual indica la compresión de la celda cristalina ocasionada por el dopado. Esto es atribuido a la diferencia de radios iónicos entre el itrio y el praseodimio (Shannon, 1976).

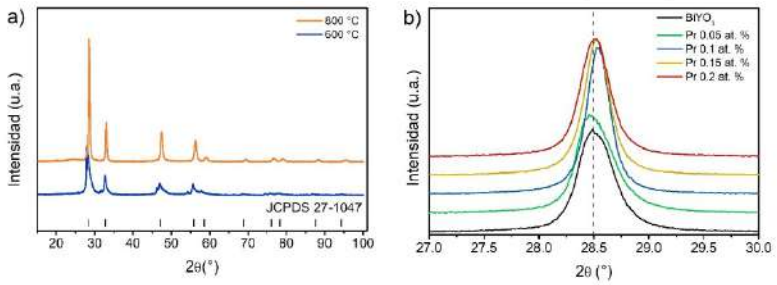


Figura 3. *Resultados de Difracción de Rayos X, a) $BiYO_3$ y b) desplazamiento del pico en función de la composición.*

En la tabla 1 se muestran los resultados de parámetro de red, tamaño de cristal, área superficial y banda prohibida. El parámetro de red se obtuvo realizando el refinamiento Rietveld. Se observa una disminución del parámetro de red con el incremento de la temperatura de calcinación y la disminución con el incremento de la cantidad de dopado. Se observa que el tamaño de cristal efectivamente aumenta con el aumento de la temperatura de calcinación, así también se observa el comportamiento normal del área superficial asociado al crecimiento de los cristales. Se observa, que la banda prohibida disminuye efectivamente con el dopado de Pr. Además, con el aumento de la temperatura de calcinación la banda prohibida también disminuye. Esto es atribuible a dos efectos, uno se debe al de confinamiento cuántico, al crecer el tamaño de los cristales estos están por arriba del radio del excitón de Bohr, dando lugar a una menor interacción de los orbitales atómicos (Kumar et al., 2016). El segundo efecto puede ser atribuido a las distorsiones en la estructura cristalina (Tang et al., 2021). Los cálculos de la posición de las bandas con las ecuaciones de Mulliken, producen resultados los cuales se colocan por debajo de la línea de H^+/H_2 y OH/OH*.

Muestras	Temperatura (°C)	Parámetro de red (Å) a=b=c	Tamaño de cristal (nm)	Área Superficial (m^2/g)	Banda Prohibida (eV)
$BiYO_3$	600	5.455134	5.57	3.249	2.16
	800	5.414269	15.59	3.896	2.03
$BiY_{0.995}Pr_{0.005}O_3$	600	5.424379	5.16	3.114	2.04
	800	5.420599	14.72	4.651	2.01
$BiY_{0.99}Pr_{0.01}O_3$	600	5.427494	5.07	3.884	2.00
	800	5.416951	25.57	5.646	1.95
$BiY_{0.985}Pr_{0.015}O_3$	600	5.428366	5.19	4.496	1.94
	800	5.416171	23.13	5.806	2.01
$BiY_{0.98}Pr_{0.02}O_3$	600	5.441900	5.22	3.260	1.90
	800	5.419171	19.91	5.544	1.96

Tabla 1. *Resultados de tamaño de cristal, área superficial y banda prohibida para las muestras $BiYO_3$ puras y dopadas.*

Se observa que, para las muestras puras, la muestra que presento la mejor degradación fue la calcinada a 600 °C. Para las muestras dopadas, los mejores resultados se obtuvieron en las muestras con la calcinación a 800°C. Se observa una disminución de la degradación con el aumento de Pr, a partir de 0.1% de Pr. Esto podría deberse a que podría haber un aumento en la concentración del dopado causa que la transferencia de e^-/h^+ se restrinja y la actividad fotocatalítica se vea reducida (G. Wu et al., 2015). Esto significaría también que buscar reducir la banda prohibida de un material no significa una mejora en la degradación fotocatálica. La muestra que presento la mejor degradación al final del ensayo fue $BiY_{0.99}Pr_{0.005}O_3$ calcinada a 800 °C.

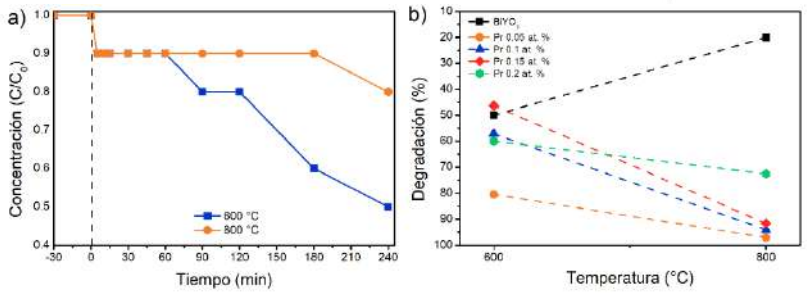


Figura 4. *a) curva de degradación para las muestras $BiYO_3$, b) porcentaje de degradación de las muestras $BiYO_3$ puras y dopadas.*

CONCLUSIONES. Fue posible realizar la síntesis de $BiYO_3$ puro y dopado con Pr utilizando el método Pechini. Los materiales obtenidos presentaron un tamaño promedio de cristal entre 5 a 25 nm. La banda prohibida obtenida se encuentra por debajo de 2.16 eV, con el menor valor obtenido para la muestra con Pr 0.15 % atómico calcinado a 600 °C por 1 hora. Las muestras mostraron actividad fotocatalítica utilizando luz visible. El mejor resultado se obtuvo en la muestra Pr 0.05 % atómico calcinada a 800 °C por 1 hora atribuible a la combinación de sus propiedades como área superficial (2 m^2/g), tamaño de cristal (14.72 nm), banda prohibida (2.01 eV) y al efecto del dopado dentro de la estructura cristalina del material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4 Danner, M. C., Robertson, A., Behrends, V., & Reiss, J. (2019). Antibiotic pollution in surface fresh waters:

Occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, *664*, 793–804. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.406

5 Dong, H., Yuan, X., Wang, W., & Qiang, Z. (2016). Occurrence and removal of antibiotics in ecological and conventional wastewater treatment processes: A field study. *Journal of Environmental Management*, *178*, 11–19. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.037

6 Ionela, C., Asiminicesei, D. M., Fertu, D. I., & Gavrilescu, M. (2021). *Occurrence and Fate of Emerging Pollutants in Water Environment and Options for Their Removal*. 1–34.

7 Kumar, Y., Regalado-Pérez, E., Ayala, A. M., Mathews, N. R., & Mathew, X. (2016). Effect of heat treatment on the electrical properties of perovskite solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *157*, 10–17. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.04.055

8 Shannon, R. D. (1976). Revised effective ionic radii in halides and chalcogenides. *Acta Crystallogr.*, *A32*, 751–767.

9 Tang, P., Cao, M., Yu, J., & Wang, L. (2021). Influence of Ba – Cr substitution on structural , optical and magnetic properties of nanocrystalline $BiFeO_3$. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, *32*(8), 11028–11042. https://doi.org/10.1007/s10854-021-05762-4

10 Wu, G., Li, P., Xu, D., Luo, B., Hong, Y., Shi, W., & Liu, C. (2015). Hydrothermal synthesis and visible-light-driven photocatalytic degradation for tetracycline of Mn-doped $SrTiO_3$ nanocubes. *Applied Surface Science*, *333*, 39–47. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.02.008

11 Wu, M., Xu, D., Luo, B., Shen, H., Wang, C., & Shi, W. (2015). Synthesis of $BiYO_3$ nanorods with visible-light photocatalytic activity for the degradation of tetracycline. *Materials Letters*, *161*, 45–48. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.06.091

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124133

REGISTRO DE HELMINTOS PARÁSITOS EN PECES MARINOS DEL PACÍFICO MEXICANO

América Lizbeth Zamora Torres[1], Luna Vanessa Ávila Torres[1], David Tafolla Venegas[1]
1 Laboratorio de Parasitología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 2031997j@umich.mx; 1577169x@umich.mx; david.tafolla@umich.mx

Palabras Clave: Registro, helmintos parásitos, peces marinos, Pacífico mexicano

RESUMEN. El Pacífico mexicano es una región rica en biodiversidad marina, incluyendo una gran variedad de especies de peces que son esenciales para los ecosistemas del litoral, además de que varias son especies de importancia económica. No obstante, estos peces son susceptibles a infecciones por parásitos helmintos, los cuales pueden afectar su salud y su valor económico. La falta de una revisión y registro exhaustivo de la literatura científica sobre los helmintos parásitos en los peces del Pacífico mexicano limita el entendimiento completo de la distribución, prevalencia y diversidad de estos parásitos. Esto puede tener varias consecuencias tales como un manejo pesquero inadecuado con consecuencias económicas desfavorables para las economías regionales, la necesidad de datos actualizados y la conservación y gestión de recursos naturales es imperante para tener un conocimiento lo más cercanamente posible de estado actual de la biodiversidad de helmintos parásitos en el Pacífico mexicano y llevar a cabo manejos sanitarios adecuados en las pesquerías y subsecuentes cadenas comerciales para evitar enfermedades ictiozoonóticas. Para este trabajo se revisó y recopiló literatura científica especializada, artículos científicos y tesis, donde se incluyeron diversos estudios y datos existentes acerca de los helmintos parásitos en el Pacífico mexicano. Del total de artículos revisados el 5.5% fueron re descripciones, el 11.11% descripciones de especies o familias, el 12.5% de comunidades o infracomunidades, el 15.27% de la biodiversidad de helmintos parásitos, el 16.6% de tesis y el 34.7% de artículos donde hacen mención a helmintos ya sean taxonómicos o ecológicos. Realizar una revisión y registro exhaustivo de los artículos científicos sobre helmintos parásitos en los peces del Pacífico mexicano es fundamental para llenar vacíos en el conocimiento, mejorar el manejo sanitario en las pesquerías, proteger los intereses económicos y apoyar la gestión sostenible de los recursos marinos.

INTRODUCCIÓN. El Pacífico mexicano, que se extiende a lo largo de más de 7,000 km de costa, abarca una variedad de ecosistemas marinos que van desde estuarios y lagunas costeras hasta arrecifes y fondos profundos (López-Pérez et al., 2016). Esta región es conocida por su alta biodiversidad, albergando una amplia gama de especies marinas, incluidas numerosas especies de peces que desempeñan un papel crucial en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas marinos (Mora et al., 2003). Los peces marinos no solo son componentes vitales de las redes tróficas, sino que también son de gran relevancia económica y cultural para las comunidades costeras (Guzmán del Próo et al., 2000). Dentro de los ecosistemas marinos del Pacífico mexicano, los helmintos parásitos representan un grupo diverso de organismos que han coevolucionado con sus hospedadores y juegan un papel importante en la dinámica de las poblaciones de peces (Rohde, 2005). Estos parásitos incluyen trematodos, cestodos, nematodos y acantocéfalos, que afectan tanto a la salud de los peces como a la calidad del recurso pesquero

(Luque y Poulin, 2007). Los estudios sobre helmintos parásitos en peces marinos no solo proporcionan información valiosa sobre la biodiversidad de los ecosistemas, sino que también ayudan a entender las interacciones ecológicas y evolutivas entre hospedadores y parásitos (González-Solís et al., 2002). A pesar de su relevancia ecológica y económica, el conocimiento sobre la diversidad y distribución de los helmintos parásitos en los peces del Pacífico mexicano es aún limitado. Un registro detallado de estas especies es esencial para evaluar los patrones de biodiversidad, los riesgos asociados con las enfermedades parasitarias, y para el desarrollo de estrategias de manejo y conservación (Moravec, 2007). Además, la documentación de los helmintos parásitos puede ofrecer información crucial sobre la salud de los ecosistemas y el impacto de factores como el cambio climático y la actividad humana (Lafferty y Kuris, 2002).

ANTECEDENTES. La biodiversidad de helmintos parásitos en México ha sido ampliamente estudiada, con un enfoque especial en peces del Pacífico mexicano debido a su importancia ecológica y económica. Entre los estudios más destacados, el de Luis García Prieto, Berenit Mendoza Garfias y Gerardo Pérez Ponce de León aborda la diversidad de plathelmintes en el país, documentando numerosas especies en distintos hospederos acuáticos, incluidos peces marinos, y resaltando la necesidad de investigaciones sobre su distribución y efecto en los ecosistemas. Por otro lado, Luis García Prieto, Martín García Varela y Berenit Mendoza Garfias investigaron la diversidad de acantocéfalos en México, subrayando su ciclo de vida complejo y su papel en las redes tróficas acuáticas. Enfatizan la falta de información en ciertas regiones y grupos, sugiriendo áreas para futuros estudios. El estudio sobre nematodos en México registra diversas especies parásitas de peces marinos, destacando su importancia en la salud de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, los autores identifican vacíos en el conocimiento, especialmente en el Pacífico mexicano, y abogan por investigaciones más profundas para descubrir nuevas especies y evaluar su impacto. En conjunto, estos estudios han avanzado en el conocimiento de la diversidad de helmintos, pero persisten brechas que requieren atención, como la re-descripción de especies y un análisis más exhaustivo de su biodiversidad en la región.

OBJETIVO. El presente trabajo de estudio tiene como objetivo realizar un registro de los helmintos parásitos asociados con peces marinos del Pacífico mexicano, proporcionando una base de datos esencial para futuras investigaciones ecológicas, taxonómicas y de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica sobre helmintos parásitos en peces marinos del Pacífico mexicano, utilizando bases de datos como Web of Science, Google Académico y Redalyc. Se buscaron artículos científicos, tesis y otros documentos relevantes hasta la fecha de la revisión, empleando combinaciones de palabras clave como "peces marinos", "helmintos parásitos" y los nombres de varios grupos helmintos. Los estudios seleccionados incluían información sobre identificación, distribución, diversidad, ecología o impacto de helmintos en peces del Pacífico mexicano. Se excluyeron trabajos fuera de esta región o sin datos empíricos. Se extrajeron datos clave como hospedadores, especies de helmintos, sitios de infección y métodos de muestreo. La información se organizó en tres categorías: (1) biodiversidad y taxonomía (descripciones y re-descripciones de especies), (2) ecología (biodiversidad, comunidades), y (3) estudios sin clasificación específica. Esto permitió identificar patrones y vacíos de investigación. Se realizó un análisis descriptivo de la diversidad de helmintos, evaluando las tendencias y vacíos en el conocimiento disponible.

RESULTADOS

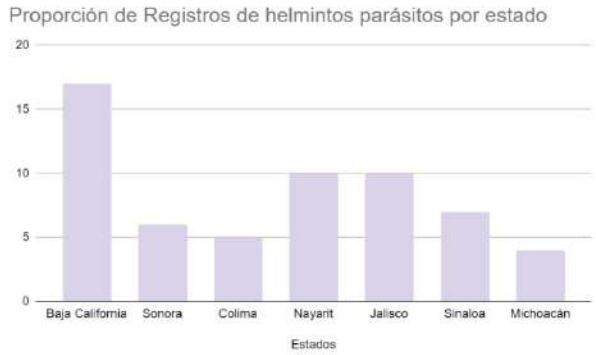


Fig. 1. *Proporción de registros de helmintos parásitos en peces marinos por estado en el Pacífico mexicano. Los datos representan el porcentaje del total de registros documentados en cada estado.*



Fig. 2. *Gráfica de pastel que muestra la distribución de investigaciones sobre parásitos helmintos del Pacífico mexicano. Las descripciones incluyen artículos que describen familias, géneros, y otras taxonomías.*

Las re-descripciones se refieren a trabajos que revisan y actualizan descripciones previas de familias, especies, etc. Los nuevos registros de especies representan las nuevas especies identificadas en la región. Las comunidades destacan estudios sobre las diferentes comunidades de familias de helmintos. La biodiversidad abarca los registros relacionados con la diversidad de parásitos en México. Las menciones engloban tesis y artículos que no encajan en las categorías anteriores e incluyen artículos que hablan de temas relacionados a morfología, análisis moleculares, generalidades, etc.

Los resultados muestran una clara inclinación hacia estudios moleculares, generales y morfológicos sobre los helmintos parásitos del Pacífico mexicano, lo que refleja el creciente interés en las técnicas moleculares debido a su precisión y eficiencia. Aunque los estudios morfológicos tradicionales siguen siendo relevantes, especialmente para complementar los análisis moleculares con descripciones detalladas, la biodiversidad y la re-descripción de nuevas especies o familias de helmintos son áreas poco exploradas. Esto podría deberse a la complejidad y el tiempo que requieren las descripciones taxonómicas exhaustivas, o a que estos temas se perciben como de menor impacto inmediato. Se recomienda que las investigaciones futuras aborden de manera más equilibrada tanto la diversidad como la taxonomía clásica, combinando técnicas moleculares con descripciones morfológicas para descubrir nuevas especies y actualizar clasificaciones. Además, es importante promover estudios sobre las

comunidades de helmintos en los ecosistemas marinos, con el fin de comprender mejor su dinámica y cómo factores ambientales afectan su distribución. La biodiversidad de helmintos en México sigue siendo un área con gran potencial, especialmente considerando los cambios ambientales y el impacto humano en los hábitats marinos.

CONCLUSIÓN. Los helmintos parásitos en peces desempeñan un papel crucial en los ecosistemas marinos, actuando no solo como indicadores de la salud de las poblaciones de peces, sino también influyendo en las dinámicas ecológicas y en la economía local a través de la pesca. Por lo tanto, investigaciones futuras deberían enfocarse en estos temas subestimados, promoviendo estudios que no solo contribuyan a la identificación de nuevas especies, sino que también ayuden a comprender mejor la interacción entre estos parásitos y sus hospederos, así como su respuesta ante los cambios ambientales. Fortalecer el enfoque en la biodiversidad y la revisión taxonómica permitirá no solo completar el conocimiento actual sobre la parasitología marina en la región, sino también proporcionar herramientas esenciales para la conservación y manejo adecuado de los recursos pesqueros del Pacífico mexicano. Los estudios sobre helmintos en México son clave para entender su biodiversidad y distribución. Establecer bases de datos permitirá una investigación más precisa y una mejor gestión de los recursos marinos. En conclusión, es crucial registrar la diversidad de helmintos en el Pacífico mexicano para completar el conocimiento actual y guiar futuras investigaciones, enfocándose en su impacto ecológico y en la conservación de la biodiversidad.

REFERENCIAS

1 García-Prieto, L., García-Varela, M., & Mendoza-Garfias, B. (2014). Biodiversidad de Acanthocephala en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *85*, 177–182. https://doi.org/10.7550/rmb.31684
2 García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., & Pérez-Ponce de León, G. (2014). Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *85*, 164–170. https://doi.org/10.7550/rmb.31756
3 Guzmán del Próo, S. A., et al. (2000). *Estudios sobre la pesca y los recursos pesqueros en México.* Universidad Nacional Autónoma de México.
4 Lafferty, K. D., & Kuris, A. M. (2002). Parasites in marine systems: Implications for ecosystem function. *Trends in Ecology & Evolution*, *17*(10), 510-514. https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02500-6
5 López-Pérez, R. A., et al. (2016). Biodiversity of marine ecosystems in Mexico. *Journal of Marine Biology*, *2016*, 1-15. https://doi.org/10.1155/2016/5109238
6 Luque, J. L., & Poulin, R. (2007). Diversity of marine parasites: Key patterns and processes. In R. Poulin (Ed.), *Evolutionary ecology of parasites* (pp. 29-47). Springer.
7 Mora, C., et al. (2003). Patterns and processes in the geography of coral reef fishes. *Ecology Letters*, *6*(6), 509-517. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00454.x
8 Moravec, F. (2007). Some aspects of the biology and ecology of fish parasites. *Acta Parasitologica*, *52*(1), 1-11. https://doi.org/10.2478/s11686-007-0001-y
9 Rohde, K. (2005). *Marine parasitology.* CSIRO Publishing

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124134

SÍNTESIS VERDE DE NANOPARTÍCULAS BIMETÁLICAS DE AG-AU UTILIZANDO EXTRACTO ACUOSO DE ALOYSIA CITRODORA

Christian Joel Bedolla Vázquez[1], Luis Gerardo García Velázquez[2], Gerardo Antonio Rosas Trejo[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1415167a@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2026957c@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; grtrejo@umich.mx

Palabras Clave: Nanopartículas, bimetálicas, Aloysia citrodora.

RESUMEN. En el presente trabajo se sintetizaron y caracterizaron nanopartículas bimetálicas de plata-oro (Ag-Au NPs), obtenidas por el método de síntesis verde utilizando extracto acuoso de Aloysia citrodora (Cedrón) como agente reductor y estabilizante para las nanopartículas (NPs). Las NPs se caracterizaron por medio de las técnicas de espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis) que indicó en primera instancia la formación de nanopartículas al observar que los picos de resonancia de plasmón superficial (SPR por sus siglas en inglés) son similares de acuerdo con la literatura. Mediante el microscopio electrónico de barrido (MEB) se observaron nanopartículas con morfología esférica y una distribución de tamaño de 5 a 30 nm. Se utilizó la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para identificar los grupos funcionales que permiten la reducción de los iones de plata (Ag+) y oro (Au+) a plata y oro reducidos. Se utilizó la técnica de difracción de rayos X (DRX) para determinar la estructura cristalina y el tamaño promedio del cristalito utilizando la ecuación de Debye-Scherrer.

INTRODUCCIÓN. Los materiales nanométricos son aquellos que tienen dimensiones en el rango de 1 a 100 nanómetros, estos presentan propiedades físicas y químicas únicas a comparación con sus contrapartes a granel. Esto se debe a que presentan una mayor área superficial y efectos cuánticos que predominan en esta escala. La evolución en la síntesis de NPs ha llevado a un cambio significativo desde los métodos físicos y químicos tradicionales, que son intensivos en energía y a menudo implican el uso de productos tóxicos. En lugar de estos métodos convencionales, se está adoptando cada vez más la síntesis verde, que emplea materiales orgánicos como hongos, algas, microorganismos y extractos de plantas. Estos métodos verdes son más sostenibles, menos costosos y tienen un menor impacto ambiental. Los extractos de plantas son particularmente efectivos en la reducción de iones metálicos debido a sus compuestos bioactivos, como polifenoles y flavonoides. La síntesis verde no solo reduce la toxicidad y el impacto ambiental, sino que también permite la producción de NPs a gran escala en un proceso simple y económico. Esta metodología representa una alternativa prometedora a los enfoques tradicionales, alineándose con las crecientes demandas de prácticas científicas más responsables y sostenibles.

ANTECEDENTES. La síntesis verde de Ag-AuNPs ha cobrado relevancia en la nanotecnología por sus propiedades superiores frente a las NPs monometálicas, destacando en catálisis, biosensores y aplicaciones antibacterianas. Las investigaciones indican que estas NPs mejoran

la actividad catalítica en la reducción de 4-nitrofenol (Tripathy et al., 2017) y son eficaces como biosensores para detectar peróxido de hidrógeno como reporta (Zhao et al., 2018), incluso funcionan como detectores de bacterias, virus y contaminantes, ampliando su uso en seguridad alimentaria y salud pública. Además, combinan la acción antimicrobiana de la Ag con los efectos potenciadores del oro (Nishanthi et al., 2019). Estudios como el de (Tamuly et al., 2013) y (Zhao et al., 2018) demuestran que la síntesis verde produce NPs de diversos tamaños que abarcan desde los 3 hasta los 45 nm, lo que afecta sus propiedades y aplicaciones. Estos trabajos resaltan la capacidad de la síntesis verde para crear NPs bimetálicas con propiedades mejoradas y aplicaciones versátiles, ofreciendo una alternativa sostenible a los métodos tradicionales.

OBJETIVO. Este estudio tiene como objetivo sintetizar y caracterizar nanopartículas bimetálicas de Ag-Au utilizando extracto acuoso de la planta Aloysia citrodora.

MATERIALES Y MÉTODOS. En el presente trabajo se utilizaron reactivos químicos de grado analítico como el nitrato de plata (AgNO3) y ácido tetracloroáurico (III) (HAuCl4) de la marca Sigma-Aldrich con un grado de pureza de ≥99.9%. También se utilizó la planta Aloysia citrodora (Cedrón) la cual se obtuvo de un mercado local en la ciudad de Morelia, Michoacán, México.
Primero se preparó el extracto acuoso de Aloysia citrodora: se molieron 3 g de la planta hasta obtener un polvo fino que se mezcló con 100 ml de agua desionizada y se agitó a 60°C durante 30 minutos. Luego se filtró el extracto con papel filtro Whatman N°1 para eliminar impurezas no deseadas. Para la síntesis de nanopartículas se utilizó una relación 1:1:1. Se calentaron 50 ml del extracto acuoso a 60°C. Se añadió primero por goteo 50 ml de la solución de AgNO3 (5 mM) con agitación a 60°C durante 30 minutos. Posteriormente, se agregó por goteo 50 ml de la solución de HAuCl4 (5 mM), continuando con agitación a 60°C durante 30 minutos más. Después de completar el proceso, se dejó enfriar la mezcla a temperatura ambiente durante 1 día y se almacenó en refrigeración a 4°C para futuras caracterizaciones.

RESULTADOS.
Espectroscopia UV-Visible. La **Figura 1** muestra tres espectros UV-Visible: **a)** extracto de la planta, donde el pico observado se atribuye al carbono presente en la planta; **b)** las NPs de plata, con un pico de resonancia de plasmón superficial (SPR) en 430 nm que confirma su presencia en la solución; y **c)** Ag-AuNPs con picos a 350 nm (AgCl NPs) y 540 nm (Au NPs). El desplazamiento del SPR de las AgNPs hacia la región del azul indica la formación de NPs de AgCl, causada por una reacción entre los iones de oro (Au^{1+}) y el cloro proveniente de la planta.

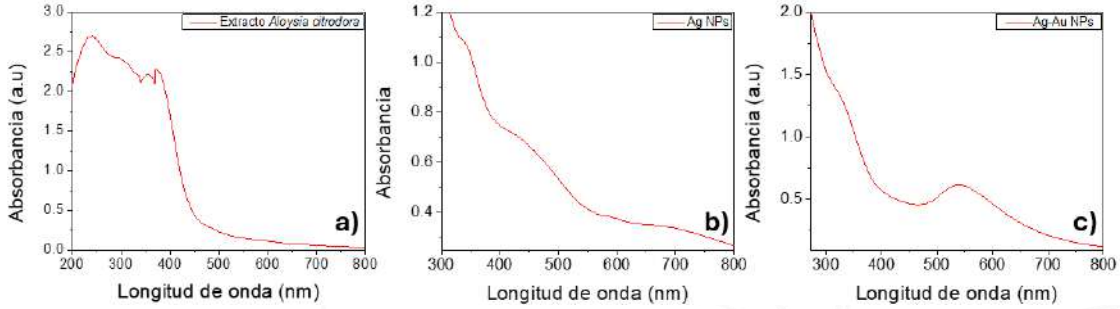


Fig. 1. *Espectros Uv-Visible de* ***a)*** *extracto acuoso de Aloysia citrodora,* ***b)*** *Ag NPs y* ***c)*** *Ag-Au NPs.*

Microscopia Electrónica de Barrido (MEB). La **Figura 2** muestra micrografías de NPS bimetálicas de Ag-Au con tamaños de 5 a 30 nm y morfología esférica. Aunque la forma es generalmente uniforme, se observan aglomeraciones de 3 a 5 partículas en algunas áreas, posiblemente debido a fuerzas de atracción intermoleculares generadas por las biomoléculas surfactantes o ligantes durante el proceso de síntesis. Al medir manualmente el tamaño de 100 nanopartículas se obtuvo un tamaño promedio de 16.95 nm, con una desviación estándar de 4.95 nm.

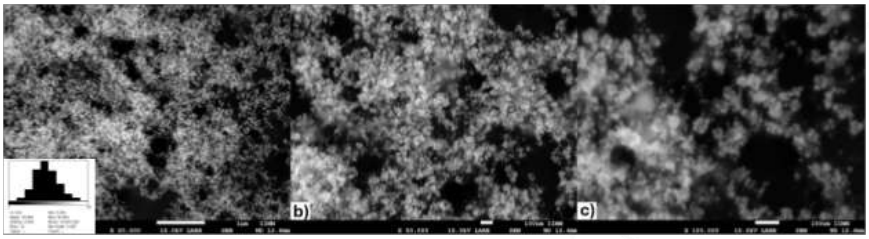


Fig. 2. *Micrografías obtenidas por MEB a diferentes amplificaciones: 20,000x, 50,000x y 100,000x, respectivamente.*

Análisis químico y espectroscopia de dispersión de energía de rayos X (EDS). La **Figura 3** muestra el análisis EDS y mapeo elemental de las NPs bimetálicas, El análisis EDS muestra los picos de energía de Ag, Au y Cl, y al generar la cuantificación da como resultado una composición de 41.35% de Ag, 49.02% de Au y 9.61% de Cl. En el mapeo elemental de rayos X, se observa una distribución homogénea de la plata y oro, aunque también se observa cloro, confirmando la presencia de nanopartículas cuya composición puede ser Ag-Au/AgCl.

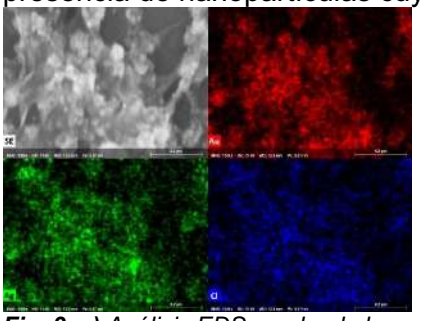


Fig. 3. a) *Análisis EDS revelando la composición de los elementos presentes en las NPs,* ***b)*** *Mapeo elemental de las NPs bimetálicas*

Difracción de Rayos X (DRX). En la **figura 4** el patrón de difracción de rayos X muestra los picos característicos de las Ag-AuNps, así como del AgCl. Los picos de Ag y Au están indicados por círculos y corresponden a los planos (111), (200), (220) y (311) con una estructura cúbica centrada en las caras (FCC). Los picos de AgCl indicados por cuadrados corresponden a los planos (111), (200), (220), (311), (222) y (420), también con estructura FCC. La posición e intensidad de los picos permiten calcular el tamaño de cristalito usando la fórmula de Debye-Scherrer. Los resultados obtenidos muestran un tamaño de cristalito de 12 nm para las partículas de Ag-Au, el cual se encuentra dentro del tamaño registrado por MEB.

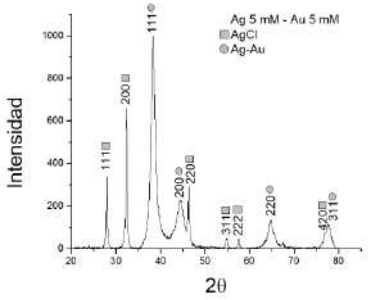


Fig. 4. *Patrón de difracción de rayos X de Ag-AuNPs y AgClNPs.*

Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). La **Figura 5** muestra los espectros FTIR del extracto de *Aloysia citrodora* antes y después de la síntesis de NPs donde se observa una reducción en la intensidad en los picos. Estos cambios reflejan las interacciones químicas entre los grupos funcionales del extracto y los iones metálicos, confirmando que el proceso de síntesis está afectando las estructuras químicas presentes en el extracto, lo que destaca la eficacia del extracto como agente reductor en el proceso de síntesis. Por otro lado, los picos principales en 3314 cm^{-1} indican la presencia de grupos hidroxilo, asociado a compuestos fenólicos o alcoholes. Los picos en 2970 cm^{-1} y 2926 cm^{-1} corresponden a estiramientos C-H en grupos metilo y metileno, señalando compuestos alifáticos. El pico en 1590 cm^{-1} está asociado con el estiramiento C=C en anillos aromáticos, lo que indica la presencia de compuestos fenólicos o flavonoides. El pico en 1359 cm^{-1} corresponde al estiramiento N-O, típico de nitrocompuestos, mientras que el pico en 1261 cm^{-1} está relacionado con el estiramiento C-N en aminas, indicando alcaloides o compuestos similares. El pico en 1046 cm^{-1} corresponde al estiramiento C-O en grupos ésteres o alcoholes, el pico en 813 cm^{-1} refleja las vibraciones de los anillos aromáticos en la posición orto, reforzando la presencia de compuestos aromáticos en el extracto y los últimos picos en 682 cm^{-1} y 615 cm^{-1} corresponden a los enlaces C-Cl, la presencia de este pico indica la existencia de compuestos clorados en el extracto.

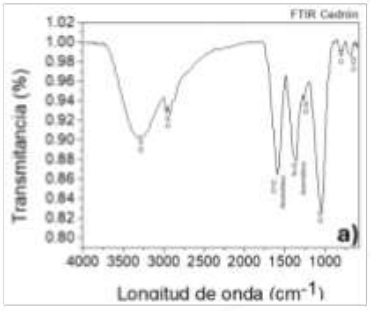


Fig. 5. *Espectro FTIR del extracto de Aloysia citrodora.*

CONCLUSIONES. La discusión de los resultados de FTIR, mapeo elemental, EDS y DRX ofrece una visión integral sobre la síntesis y características de las nanopartículas bimetálicas de plata-oro. El FTIR del extracto de Aloysia citrodora muestra picos relacionados con grupos hidroxilo y fenólicos, que indican su papel en la reducción de iones metálicos. La desaparición de algunos picos después de la síntesis confirma la interacción efectiva del extracto con los iones metálicos. Las micrografías de SEM revelan nanopartículas bimetálicas con tamaños homogéneos y morfología esférica, con algunas aglomeraciones, lo que indica un proceso de síntesis bien controlado. El mapeo elemental y EDS confirman la presencia de ambos metales y una mezcla eficaz, aunque el cloro detectado sugiere formación de AgCl. El análisis de DRX muestra picos

correspondientes a las fases cristalinas de plata, oro y cloruro de plata, validando la formación de las fases bimetálicas. Estos resultados demuestran la efectividad de la síntesis verde en la producción de nanopartículas bimetálicas con propiedades específicas y potencial para aplicaciones en catálisis, biosensores y antibacterianos.

REFERENCIAS.

1 Nishanthi, R., Malathi, S., S., J. P., & Palani, P. (2019). Green synthesis and characterization of bioinspired silver, gold and platinum nanoparticles and evaluation of their synergistic antibacterial activity after combining with different classes of antibiotics. Materials Science and Engineering C, 96, 693–707. https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.11.050

2 Tamuly, C., Hazarika, M., Borah, S. C., Das, M. R., & Boruah, M. P. (2013). In situ biosynthesis of Ag, Au and bimetallic nanoparticles using Piper pedicellatum C.DC: Green chemistry approach. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 102, 627–634. https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2012.09.007

3 Tripathy, T., Kolya, H., Jana, S., & Senapati, M. (2017). Green synthesis of Ag-Au bimetallic nanocomposites using a biodegradable synthetic graft copolymer; hydroxyethyl starch-g-poly (acrylamide-co-acrylic acid) and evaluation of their catalytic activities. European Polymer Journal, 87, 113–123. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.12.019

4 Zhao, L., Song, J., Xue, Y., Zhao, X., Deng, Y., Li, Q., & Xia, Y. (2018). Green Synthesis of Ag–Au Bimetallic Nanoparticles with Alginate for Sensitive Detection of H2O2. Catalysis Letters, 148(10), 3248–3256. https://doi.org/10.1007/s10562-018-2522-1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124136

SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS CORE-SHELL Fe@TiO2 Y SU EVALUACIÓN CATALÍTICA EN LA REACCIÓN ALDÓLICA DEL 4-NITROBENZALDEHIDO

Jeshua Leobardo Olivarez[1], Azury Nava Guzmán[2], Ismael Santos Ramos[2], Mario A. Villalpando Nieves[1], Anabel Romero López[2]

1Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Hidalgo; n22030387@itsch.edu.mx.

2Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; arl@ifuap.buap.mx

Palabras Clave: Nanotecnología, Reacción Aldólica, Nanopartículas (NPs) de Hierro (Fe)

RESUMEN. La nanotecnología es un área revolucionaria que permite avances tecnológicos en diversos ámbitos de la ciencia, principalmente en el medio ambiente, sector biológico y de salud. En la siguiente investigación se presentan los resultados de la síntesis de nanopartículas (NPs) magnéticas de núcleo Hierro (Fe) y carcasa (Shell) de óxido de titanio (TiO2) generada por síntesis química bajo una atmosfera de nitrógeno y su evaluación como catalizador para reacciones aldólicas enantioselectivas. En primer lugar, las NPs de Fe se obtuvieron mediante un método hidrotermal durante el cual se evitó la oxidación del material y se logró una estructura cristalina. Posteriormente, las NPs Fe se les logró adicionar un recubrimiento de TiO2, utilizando el método sol-gel modificado, direccionado, analizado a base de estudios y enfocado a la cantidad de NPs a utilizar, mediante la combinación de temperatura y secado con vacío en el rotavapor, finalmente, se caracterizaron antes, después del proceso de recubrimiento y en cada etapa del procedimiento, haciendo uso de las técnicas de difracción de rayos X (DRX), Microscopia Electrónica de Barrido (SEM), Dynamic light Scattering (DLS) y Potencial Zeta. Los resultados de la caracterización por DRX mostraron la presencia de la fase cristalina cúbica. Nanocristales con buena calidad cristalina, SEM mostró partículas semiesféricas aglomeradas y entrelazadas, DLS mostró un diámetro hidrodinámico variable debido a la propiedad magnética de las NPs y un valor de potencial zeta de -22 Indicando una baja estabilidad de las partículas producida por el magnetismo del material. Finalmente, los resultados de la cromatografía de capa fina, en un medio de hexenos y acetato de etilo, presentó una ligera formación de un compuesto aldólico más polar en el medio poco polar que es utilizado. Demostrando así la utilidad de las NPs magnéticas de Fe como catalizadores en la reacción aldólica.

INTRODUCCIÓN. La nanotecnología es un área donde actualmente el impulso primordial que esta prevé es observado en sectores como lo son la construcción, medio ambiente y el sector de la salud; este último sector es de suma importancia, debido a las aplicaciones tecnológicas y científicas que se pueden mejorar al incluir nanomateriales. La estabilidad de los nanomateriales es muy importante debido a que se pueden combinar otros nanomateriales de otra naturaleza y obtener nuevas y mejores propiedades. Una manera de estudiar la estabilidad de las NPs es mediante el uso del potencial Z el cual permite que mediante la dispersión dinámica de luz se conozcan los valores de las cargas que otorgan los compuestos orgánicos que rodean a la molécula como también el diámetro hidrodinámico el cual puede variar de acuerdo a las moléculas del solvente que la rodean, los grupos funcionales presentes en los materiales pueden

ayudar a mejorar la producción de grupos aldólicos. Las pruebas aldólicas son ampliamente utilizadas en el área farmacéutica, donde mediante su uso, forman parte en pasos previos a la creación de productos como lo son medicamentos o reacciones de deshidratación. El catalizador generaría una respuesta de enantioselectividad, mediante el uso de un catalizador con propiedades magnéticas, todo en un medio acuoso de agua o etanol y bajo el uso de precursores de hierro, generando el medio básico por el cual el ataque nucleofílico de primera instancia se realiza. Por lo tanto, en el presente trabajo se realizó la síntesis de nanopartículas (NPs) magnéticas de núcleo Hierro (Fe) y carcasa (Shell) de óxido de titanio (TiO2) generada por síntesis química bajo una atmosfera de nitrógeno y su evaluación como catalizador para reacciones aldólicas enantioselectivas. Las pruebas de caracterización se llevaron a cabo mediante el uso de Uv-Vis, DRX y SEM,

ANTECEDENTES. Las diversas metodologías que se exponen a continuación, para el uso de nanopartículas magnéticas recubiertas con diversos tipos de Shell fueron necesarias para llevar a cabo nuestra reacción aldólica. Como primera etapa la síntesis de Nanopartículas de Hierro Eljamal y colaboradores [1] estudiaron las condiciones de síntesis del hierro de valencia cero (nZVI) a nano escala formado mediante el método de reducción química bajo un proceso de optimización para mejorar la reactividad del nZVI. En la síntesis de nanopartículas (NPs) magnéticas de núcleo Hierro (Fe) y carcasa (Shell) de óxido de titanio (TiO_2) en la configuración de dos tipos de Shell que cubran a ambas Nanopartículas, Nadia Fattahi y colabores llevaron a cabo la parte experimental mediante la concentración del óxido de Silicio para la incorporación de los Shell de TiO_2 De Anda y col..[2] [3] propusieron una metodología para obtener óxido de Titanio en una atmosfera inerte el cual puede ser implementado como base para combinarlo con otros materiales de naturaleza magnética permitiendo conservar sus propiedades, pero a su vez tener la capacidad catalítica para la reacción aldólica.
Reacción Aldólica: La condensación aldólica es una reacción que da como resultado la formación de un enlace carbono-carbono cuando una molécula de enol (o enolato) reacciona con un aldehído (o cetona). Se han propuesto diferentes mecanismos, como el que se observa en la Fig. 1 y Fig. 2.

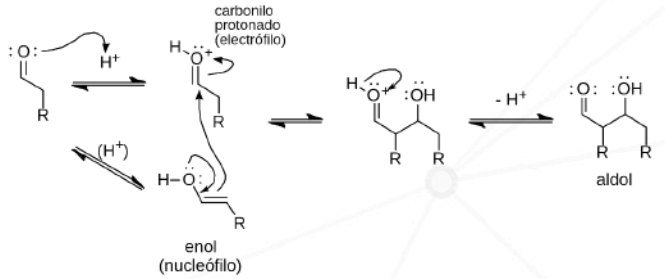


Figura 1. *Mecanismo aldólico catalizado por un ácido.*

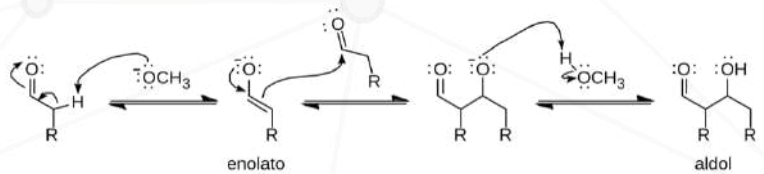


Figura 2. *Mecanismo aldólico catalizado por bases (mostrada usando −OCH3 como base).*

MATERIALES Y MÉTODOS.

Síntesis de Nanopartículas de Hierro.

1. Se pesaron 2.5 g de Cloruro Férrico y Borohidruro de sodio para ser mezclados con 60 ml de agua desoxigenada por separado respectivamente,
2. Una vez disueltas se traspasó el Cloruro Férrico a un matraz de tres bocas con un flujo de 4 mL/s de nitrógeno, bajo una agitación de 260 rpm,
3. En seguida se agregó el Borohidruro de Sodio mediante la ayuda de una bureta, con un flujo de 20 ml/s y se dejó el sistema reaccionar por 20 min.
4. Al finalizar las Nanopartículas se lavaron con 240 ml de acetona y se secaron con el rotavapor a 40°C.

Síntesis del Shell de TiO_2.

La solución del TiO_2 se realizó en dos etapas

1. Solución a:
   - Se mezclaron 5.40 ml de Etanol grado reactivo, junto con 0.076 ml de Ácido Nítrico y 0.212 ml de agua desionizada.
   2. Solución b:
   - Se mezclaron 5.40 ml de Etanol grado reactivo, con 1.25 ml de Isopropóxido de Titanio.

Posteriormente se mezclaron ambas soluciones por dos minutos bajo agitación constante y se agregaron 100 mg de Nanopartículas de Hierro, dejando reaccionar por 5 min, posterior a ello, se agregaron 10 ml de Etanol y se lavaron 4 veces con 30 ml de acetona, usando la centrifugadora a 4500 rpm por 2 min, se secaron a 40°C en el rotavapor (Fig. 3).



Figura3. Nanopartículas de Hierro – Shell de TiO_2.

RESULTADOS.

SEM

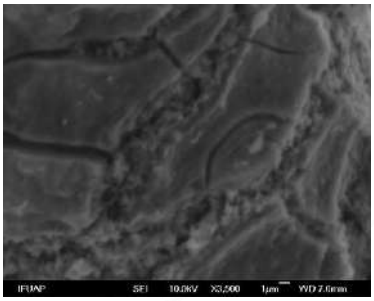


Figura4. *SEM Nanopartículas de Hierro – Shell de TiO_2.*

Potencial Z y DRX: La estabilidad de las nanopartículas se analizó usando agua como solvente y una cantidad en mg de nanopartículas. En la Fig. 5 se muestra una gráfica de los valores de potencial zeta, donde se observa que la muestra de NPsFe tiene un valor de -33.5 mV, mientras que después de incorporar el Shell de TiO2 su valor fue de -22.3. Estos valores nos sugieren una buena estabilidad para las NPsFe y una estabilidad media cuando se recubre con el TiO2, estos valores son provenientes de los electrones libres con los que cuentan las NPs en los compuestos que rodean al material.

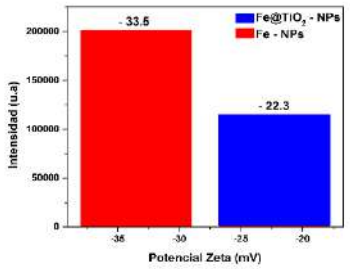


Figura 5. *Potencial Z NPsFe y NpsFe@TiO2.*

En la Fig. 6 se presenta el patrón de difracción de rayos-X, donde se observa que los picos de difracción en los ángulos de 45°, 65° y 83° aproximadamente, que corresponde a los planos (110), (220) y (211) de una estructura cristalina BCC, asimismo se observa que el pico de mayor intensidad presenta una anchura en su FWHM el cual nos indica que las NPs están formados por nanocristalitos de 18 nm aproximadamente a su vez se muestra el grafico de DLS.

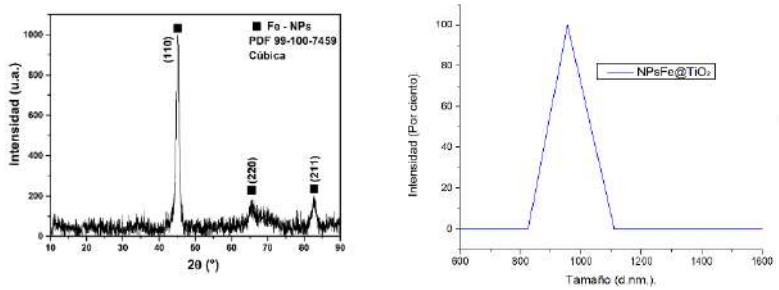


Figura 6. *Difractograma NpsFe.*

Actividad catalítica. La acción catalítica de las NPs de hierro gracias al recubrimiento con TiO2 en la reacción Aldólica de 4-Nitrobenzaldehido, donde los oxígenos expuestos en la superficie generarían la vía del enolato junto con la acetona, creando un producto aldólico, según el mecanismo expuesto, sin embargo, no se obtuvo mejoría en la reacción la cual se llevaba acabo de la siguiente manera:

1.- Mezclando 0.2 ml de acetona o ciclohexanona, 151.2 mg de 4-Nitrobenzaldehido y 3 ml de agua o etanol junto con 5 mg de nuestras Nanopartículas. Los resultados obtenidos indican una formación de un nuevo compuesto de acuerdo al desplazamiento de los puntos intermedios en la placa cromatográfica, lo que nos sugiere que de acuerdo a la polaridad de la fase móvil es posible detectar el compuesto esperado. Sin embargo, queda como siguiente objetivo en la investigación determinar la composición del compuesto que se separó, ver Fig. 7.

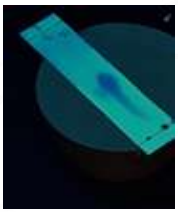


Figura 7. *Análisis de la actividad catalítica de las NPs Fe recubiertas con TiO2.*

CONCLUSIONES. En resumen, los resultados obtenidos fueron satisfactorios la síntesis de nanopartículas magnéticas como catalizadores en la reacción aldólica. De acuerdo a los

espectros DRX observados se obtuvieron cristales de buena calidad, observando picos anchos y pronunciados que lo demuestran. Las imágenes de SEM, las NPs muestran que el material posee tamaños nanométricos de alrededor de 20 nm. Mientras que al ser utilizados como catalizador se observó que el uso de NPsFe recubiertas con TiO2 presentan baja formación del complejo aldólico atribuido a la formación de óxidos superficiales.

REFERENCIAS.

1. Eljamal, R., Eljamal, O., Khalil, A. M., Saha, B. B., & Matsunaga, N. (2018). Improvement of the chemical synthesis efficiency of nano-scale zero-valent iron particles. Journal of environmental chemical engineering, 6(4), 4727-4735. [1]
2. Fattahi, N., Kashif, M., & Ramazani, A. (2023). Caesium carbonate functionalized magnetic nanoparticles: An efficient heterogeneous and reusable inorganic catalyst for aldol reaction in water. Inorganic Chemistry Communications, 149, 110388. [2]
3. Reyes, A. (2006). Optimización de la actividad fotocatalítica de películas de CdO+ CdTiO3 y de ZnO+ Zn2TiO4 obtenidas por sol-gel (Master's thesis, Tesis (MC)--Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Querétaro).[3]

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124137

EFECTO DEL AMBIENTE DE INCUBACIÓN SOBRE LA EXPRESIÓN DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES HEPÁTICAS EN CRÍAS DE TORTUGAS MARINAS EN RESPUESTA A UN RETO BACTERIANO

Dayana Marian Cambron Reyes[1], Ma. Antonia Herrera Vargas[2], Sandra Nataly Chávez Salazar[3], Esperanza Meléndez Herrera[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología; 1593836x@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales; emelendez@umich.mx, 0450849k@umich.mx, antonia.herrera@umich.mx

Palabras Clave: superóxido dismutasa, catalasa, glutatión reductasa.

RESUMEN. Las tortugas marinas se encuentran amenazadas por múltiples factores antropogénicos, entre ellos las amenazas infecciosas. La incubación en viveros es una estrategia de conservación que incrementa el éxito de supervivencia en las poblaciones de tortugas marinas. Sin embargo, no se conoce el impacto de la modificación de los ambientes de incubación, con respecto a las condiciones naturales, sobre la respuesta inmunitaria. El hígado es un órgano que forma parte del sistema gastrointestinal y que tiene funciones inmunitarias. Debido a su alta actividad metabólica y actividades detoxificadoras, el hígado es altamente susceptible a sufrir daño oxidante. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general evaluar el efecto de dos condiciones contrastantes de incubación en viveros sin sombra (SS) y sombreados (S) sobre la expresión de las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (sod), catalasa (cat) y glutatión reductasa (gr) en crías de tortugas marinas en respuesta a un reto inmunitario simulado con lipopolisacárido (LPS) bacteriano. La nidada completa de 10 hembras anidantes fue dividida equitativamente en ambas condiciones de incubación. A la emergencia, una cría de cada nido fue inoculada intraperitonealmente con amortiguador de fosfatos (PBS; n=10) o LPS (n=10), y 4 h después el hígado fue obtenido. El ARN total fue obtenido y retrotranscrito a cADN, y la expresión de las enzimas fue cuantificada mediante qPCR. Los resultados muestran que la expresión de las tres enzimas disminuyó en los viveros S, y el reto inmunitario no mostró un efecto. Estos resultados deberán integrarse con indicadores de daño celular en futuras investigaciones para determinar el impacto final sobre la función hepática.

INTRODUCCIÓN. Las poblaciones de tortugas marinas se encuentran en riesgo debido principalmente a actividades antropogénicas como el cambio climático, la contaminación y la depredación. Una de las estrategias más eficaces para promover la recuperación de las poblaciones y evitar las amenazas es la incubación de las nidadas en viveros protegidos. Estudios previos en el Santuario La Escobilla, Oaxaca han documentado que el éxito de emergencia en condiciones naturales es cercano a cero, mientras que en viveros protegidos es mayor al 80% (Robledo-Avila et al., 2022). Además, nuestro grupo de investigación ha documentado que la incubación en viveros protegidos con malla sombra es capaz de sesgar el sexo de las crías preservando la fisiología general en condiciones basales (Robledo-Avila et al., 2023) mientras mejora algunos aspectos de la respuesta inmunitaria ante un reto sistémico (Chávez-Salazar et al., en preparación) y decrementa la respuesta inflamatoria ante un reto local (García-Bucio et al.,

2023). El estrés celular puede ser causado por fenómenos ambientales como el incremento de temperatura, hipoxia, exposición a tóxicos o retos inmunitarios (Fulda et al., 2009). La defensa antioxidante constituye un sistema de enzimas y moléculas de bajo peso molecular involucradas en la remoción de la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno, producto del estrés celular (Terrado-Quevedo et al., 2002). Una insuficiente producción de defensas antioxidantes puede conducir al daño oxidante en macromoléculas como el ADN, las proteínas y los lípidos, e incluso a la muerte del organismo (Sies et al., 2017). En este contexto, el presente estudio busca entender el efecto que la condición de incubación y un reto inmunitario simulado tiene sobre la expresión de enzimas antioxidantes a la emergencia del nido en tortugas marinas. Los resultados del presente estudio nos proporcionarán un panorama integral de las negociaciones fisiológicas que el ambiente de incubación impone a las crías en respuesta a la infección. Estos resultados nos permitirán eventualmente proponer mejores estrategias de conservación que contribuyan al incremento en la supervivencia y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas.

OBJETIVO. Evaluar el efecto del ambiente de incubación sobre la expresión de enzimas antioxidantes hepáticas en crías de tortugas marinas en respuesta a un reto bacteriano.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Sitio de estudio. El Santuario Playa Escobilla está localizado en la costa sur del océano Pacífico Mexicano, entre Puerto Ángel y Puerto Escondido, Oaxaca (15º 47,1´ N, 96º 44.3´ O).

Estrategia experimental. Durante el evento de arribada se identificaron 10 hembras de Lepidochelys olivacea en sitios cercanos a la estación de la CONANP-SEMAR durante el momento de oviposición. Los huevos fueron contados desde el inicio de la liberación y cada nidada se dividió equitativamente en dos condiciones contrastantes de viveros: sin sombra (SS), que simulan las condiciones de incubación natural y sombra (S). Cuarenta días después de la oviposición se colocaron cercos alrededor de los nidos. A la emergencia, una cría de cada nido fue inoculada intraperitonealmente con amortiguador de fosfatos (PBS, 0.1 M; n=20) como control, o lipopolisacárido (LPS) como reto inmunitario (0.025 mg/g de masa corporal; n=20). Cuatro horas después las crías fueron sometidas a eutanasia y se obtuvo una porción del hígado en viales criogénicos con inhibidor de RNAsas. Las muestras fueron mantenidas a -70°C hasta su procesamiento en el laboratorio. Se obtuvo el ARN de las muestras de hígado con TRIzol siguiendo las instrucciones del fabricante (Invitrogen). Posteriormente se sintetizó el cDNA mediante el estuche comercial iScript Advanced cDNA synthesis (BioRad). Las muestras de cDNA fueron cuantificadas en NANOdrop y se realizó la validación de la expresión de genes mediante la plataforma BioRad CFX96 PCR-RT-SYBR Green Universal Supermix BioRad con oligonucleótidos de superóxido dismutasa (sod), catalasa (cat), glutatión reductasa (gr) y el gen ribosomal r18S como control. La expresión relativa de los productos fue analizada mediante el cálculo del valor umbral del ciclo (CT) para cada gen mediante el método de cuantificación relativa de doble delta-CT (2-ΔΔCT) (Livak and Schmittgen, 2001).

RESULTADOS. Los resultados muestran que la condición de incubación tiene un efecto sobre la expresión de *sod* en el hígado de crías a la emergencia del nido ($F_{(1,36)}$=8.78; p=0.005). No se observó un efecto del tratamiento ($F_{(1,36)}$=0.82; p=0.371) ni de la interacción entre condición de incubación y tratamiento ($F_{(2,36)}$=0.34; p=0.562). Las crías incubadas en viveros S e inoculadas con PBS (LSD test; p=0.009) y LPS (LSD test; p=0.016) muestran una menor expresión de *sod* que las crías incubadas en viveros SS e inoculadas con LPS (Figura 1A).

La expresión de *cat* en el hígado de las crías también es modulada por la condición de incubación ($F_{(1,36)}$=7.73; p=0.008). No se observó un efecto del tratamiento ($F_{(1,36)}$=1.45; p=0.235) ni de la interacción entre condición de incubación y tratamiento ($F_{(2,36)}$=1.09; p=0.301). Las crías incubadas en viveros S e inoculadas con PBS (LSD test; p=0.010) y LPS (LSD test; p=0.007) presentan una menor expresión de *cat* con respecto a las crías inoculadas con PBS incubadas en viveros SS (Figura 1B).
Los resultados muestran que la condición de incubación tiene un efecto sobre la expresión de *gr* ($F_{(1,36)}$=7.68; p=0.008). No se observó un efecto del tratamiento ($F_{(1,36)}$=2.25: p=0.142) ni de la interacción entre la condición de incubación y el tratamiento ($F_{(2,36)}$=0.81; p=0.142). Las crías incubadas en viveros con S e inoculadas con LPS (LSD test; p=0.004) y PBS (LSD test; p=0.014) presentan una menor expresión de *gr* con respecto a las crías incubadas en viveros SS e inoculadas con PBS (Figura 1C).

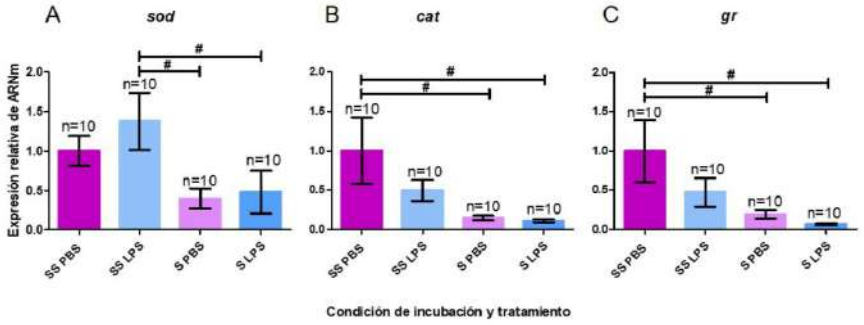


Figura 1. ***La condición de incubación altera la expresión de enzimas antioxidantes en el hígado de crías de L. olivacea retadas con lipopolisacárido (LPS).*** *El gráfico muestra la expresión relativa de superóxido dismutasa (sod, A), catalasa (cat, B) y glutatión reductasa (gr, C) con respecto al gen endógeno r18s en crías incubadas en viveros sin sombra (SS) y sombra (S) e inoculadas con solución fisiológica (buffer de fosfatos, PBS) y lipopolisacárido (LPS). ANOVA de dos vías: condición de incubación y tratamiento; #p< 0.01.*

El presente estudio evaluó el efecto de dos condiciones contrastantes de incubación y de un reto inmunitario simulado sobre la expresión de enzimas antioxidantes en el hígado de crías de tortuga marina. Los resultados muestran que únicamente la condición de incubación modifica la expresión de las enzimas *sod*, *cat* y *gr*, mientras no se observa un efecto del reto con LPS. Las tres enzimas presentan una expresión reducida en las crías incubadas en viveros S. Debido a que el LPS es reconocido por la respuesta inmunitaria innata como una molécula asociada a bacterias extracelulares, inicia una respuesta inflamatoria y activa la fagocitosis. Por tanto, se espera que se incremente la producción de prooxidantes para atacar al organismo infeccioso y esa respuesta vaya seguida de defensa antioxidante para proteger a las células propias (Avello y Suwalsky, 2006). Nuestro grupo ha documentado que el reto con LPS activa una respuesta inmunitaria asociada a inflamación a las 4 h después de la inyección (Chávez-Salazar et al., *en preparación*). Probablemente la defensa antioxidante se active en periodos posteriores, lo que podría explicar el escaso incremento en la expresión de *sod* y la falta de respuesta en *cat* y *gr*. Alternativamente, el sistema antioxidante transferido por la madre o producido por las crías en etapas tempranas podría tomar la función de protección, como ha sido sugerido previamente (Robledo-Avila et al., 2023). El hecho de que la condición de incubación disminuya la expresión de las tres enzimas en las crías incubadas en viveros S es notable. En un estudio previo sugerimos que la disminución de la actividad prooxidante y antioxidante en tortugas en condiciones basales incubadas en viveros podría indicar una menor susceptibilidad a sufrir estrés

oxidante. Sin embargo, la reducción de la respuesta ante un reto simulado podría indicar una incapacidad del hígado de las crías incubadas en viveros S para proteger a sus propias células de eventos prooxidantes. La condición de incubación sesga la determinación sexual, por lo que es imposible descartar un efecto ligado al sexo. Estos resultados deberán ser integrados con marcadores de daño celular para determinar el efecto de la incubación en viveros S sobre la capacidad de las crías de tortuga para enfrentarse con amenazas infecciosas. Adicionalmente, el papel del sexo de las crías deberá ser considerado en estudios futuros.

CONCLUSIONES. La incubación en viveros S reduce la expresión de las enzimas antioxidantes sod, cat y gr. El reto simulado no altera la expresión del sistema antioxidante enzimático.

REFERENCIAS.

1. Avello, M., y Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Atenea (Concepción), 494; 161-172. doi.org/10.4067/S0718-04622006000200010
2. Fulda, S., Gorman, A. M., Hori, O., Samali, A. (2010). Cellular Stress Responses: Cell Survival and Cell Death. International Journal of Cell Biology, 23; doi:10.1155/2010/214074
3. García Bucio, I. Y. (2023). Efecto materno y de la condición sobre la respuesta inflamatoria de crías de tortuga marina Lepidochelys olivacea a la emergencia. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pp. 53.
4. Livak, K.J. y Schmittgen, T.D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) Method. Methods. 4; 402-8. doi: 10.1006/meth.2001.1262.
5. Robledo-Avila, L. A., Phillips-Farfán, B. V., García-Bucio, I. Y., Montes-Sánchez, S., Herrera-Vargas, M. A., Contreras-Garduño, J., Núñez-Anita, R. E., Martínez-Lendech, N., y Meléndez-Herrera, E. (2023). Incubation in shaded hatcheries biases sex-determination but preserves Lepidochelys olivacea hatchling physiology. Marine Environmental Research, 192; 106244. doi: 10.1016/j.marenvres.2023.106244.
6. Robledo-Avila L. A., Phillips-Farfán, B. V., Harfush Meléndez M., Lopez Toledo L., Tafolla Venegas D., Herrera Vargas M. A., Ruíz Cortés D. V., Meléndez-Herrera E. (2022). Short communication: Ex-situ conservation in hatcheries is associated with spleen development in Lepidochelys olivacea turtle hatchlings. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol. doi: 10.1016/j.cbpa.2021.111130.
7. Sies, H. (1997). Oxidative stress: oxidants and antioxidants. Experimental physiology, 82; 291-295.
8. Terrado Quevedo, D., Barthelemy Vidaillet, D., Valls Alvarez, L., Armand Lorié, D., y Fernández Ortega, D. (2002). Radicales libres y defensas antioxidantes. Revista Información Científica, 37. Recuperado de https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/1598/3004

AGRADECIMIENTOS. El presente trabajo fue financiado por la CIC-UMSNH y el CONAHCYT (SNCS 817553).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124139

EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GASES EN EL PROCESO DE FUNDICIÓN DE ZAMAK RECICLADO PARA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

Isaac Álvarez Méndez[1], Cristian Alexis Villegas Bedolla[2]
1Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; isaacalvaresz530@gmail.com
2Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; cristian.villegas@puruandiro.tecnm.mx

Palabras Clave: Zamak, aleación, fundición, sostenible, proceso.

RESUMEN. La metodología de investigación empleada se centra en mediciones precisas para evaluar emisiones de gases y la calidad del aire durante el proceso de fundición. Según Canal (2021), una medición detallada es crucial para entender el impacto ambiental real de las prácticas industriales y para identificar áreas de mejora. Este enfoque, respaldado por estándares rigurosos, busca proporcionar datos concretos sobre la eficacia ambiental del Zamak reciclado. La investigación no solo contribuye al ámbito académico, sino que también guía a las industrias hacia prácticas más sostenibles, destacando que cada decisión consciente puede contribuir significativamente a la sostenibilidad global, como señala Kaizen Química e Innovación (s.f.).

INTRODUCCIÓN. La búsqueda de soluciones sostenibles en la producción industrial ha llevado al uso de materiales reciclados, destacando el Zamak reciclado por su versatilidad y atractivo tanto para la comunidad científica como para la industria. Esta investigación examina el potencial del Zamak reciclado en la producción industrial sostenible, enfocándose en evaluar rigurosamente las emisiones de gases y la calidad del aire durante la fundición. El proceso se alinea con la metodología de las 5R's, promoviendo la reducción, el reciclado, la recuperación y la reparación para lograr beneficios sociales, ambientales y económicos. En el ámbito de la metalurgia, el Zamak, una aleación de zinc, aluminio, magnesio y cobre, destaca por su resistencia y maleabilidad, encontrando aplicaciones en la fabricación de piezas automotrices, joyería, prótesis médicas y componentes aeronáuticos como lo señala Codam (2021).

ANTESCEDENTES. El término Zamak, según BSDI (2021), proviene de la combinación de zinc (Z), aluminio (A), magnesio (M) y cobre (K). Su composición ha atraído a investigadores y fabricantes por su versatilidad y durabilidad, destacándose por su bajo consumo energético en el procesamiento y diversas aplicaciones industriales. En el sector automotriz, Produck (2022) señala que el Zamak ha transformado la producción de componentes, como emblemas y sistemas de frenado. En joyería, Abalorios (2020) destaca su maleabilidad para crear accesorios elegantes. Además, en la electrónica, Anónimo (s.f.) subraya su importancia en componentes electrónicos de alta precisión. El análisis demuestra que el Zamak ha superado expectativas y establecido nuevos estándares en la fabricación de productos duraderos y estéticamente atractivos. La adopción de prácticas sostenibles en la industria, como apunta Torre-Marín et al. (2009), no solo es una elección ética, sino una estrategia esencial para la resiliencia a largo plazo de las operaciones industriales.

MATERIALES Y MÉTODOS. La prueba de calidad del aire se toma en un ambiente de cuatro entornos diferentes los cuales consisten en; ambiente controlado bajo campana de flujo aire y luz asistida y en su interior el tester de calidad del aire; ambiente bajo campana de flujo laminar sin flujo de aire ni luz asistida; entorno en un espacio abierto pero en condiciones controladas de extractor de aire y luz asistida en laboratorio; entorno en laboratorio sin uso de extractores de aire, ausencia de flujo de corriente de aire y con presencia de iluminación.

El material que se lleva a proceso de fundición es ZAMAK reciclado, el cual se caracteriza por ser una aleación conformada por zinc, aluminio, magnesio y cobre, de origen reciclado, este material tiene una densidad de 6.6g/cm3, punto de ebullición de 907°C y punto de fusión 386°C, como característica particular se cuenta con elementos técnicos y bibliográficos que de acuerdo con Flores (2013) en los que se considera como material hipoalergénico.

Estructura de Lewis:



Reactividad: Considerando que la aleación ZAMAK no presenta reactividad con otros grupos funcionales, es preciso indicar que uno de sus componentes activos “Zinc” el cual se encuentra presente en la aleación a baja concentración pudiera reaccionar con los grupos “Álcali y Ácidos”. Sírvase lo antes mencionado como factos de consulta y prevención al riesgo.



Equipo de medición: El equipo de medición es el “Air Quality Tester” fabricado por Dongguan Jinlide Electronic Technology Co., Ltd. Este equipo cuenta con 7 variables de medición las cuales consisten en medición de bióxido de carbono (CO_2), Compuestos Orgánicos Volátiles (TVOC), Formaldehidos (HCHO), Temperatura, Humedad relativa y Calidad del aire ambiental del entorno. Así mismo en la Tabla siguiente se mencionan los rangos de medición mínimos y máximos del equipo (Tabla 1).

Variable	Rango de Medición
Bióxido de carbono (CO_2)	350ppm – 2000ppm
Compuestos Orgánicos Volátiles (TVOC) por sus siglas en inglés.	0.000mg/m^3 – 2.000mg/m^3
Formaldehído (HCOH)	0.000mg/m^3 – 1.000mg/m^3
Temperatura	0°C – 90°C (precisión 0.1°C)
Humedad relativa (%RH)	0 – 100 %

Calidad medioambiental	Malo – Excelente

Tabla 1. *Rangos de medición y desempeño ambiental.*

Condiciones de medición y determinación de factores evaluables respecto a emisiones y calidad del aire: La calidad del aire es determinada por la presencia de sustancias contaminantes en la atmósfera las cuales pueden ser gases o por partículas de diversos indoles e incluso por aerosoles. Ahora bien, el principal objetivo de realizar la medición de la calidad del aire radica en garantizar una mejor calidad de vida de las personas y, por ende, del medio ambiente. Se consideran cuatro ambientes de fundición los cuales se especifican en la siguiente Tabla (Tabla 2).

Tratamiento	Condiciones de fundición
Tx	Tratamiento testigo
T1	Aislado en campana de flujo con sistema de extracción e iluminación.
T2	Aislado en campana de flujo sin sistema de extracción e iluminación.
T3	Instalaciones del laboratorio, sin extractores, ni corrientes de aire e iluminación.
T4	Instalaciones del laboratorio, con extractores e iluminación.

Tabla 2. *Ambientes de fundición.*

Proceso de fundición: El proceso de fundición se realiza a una temperatura superior a 400°C, utilizando gas L/P como combustible y un crisol de arcilla revestida. En los tratamientos 1 y 2, la fundición dura 15 minutos, mientras que en los tratamientos 3 y 4, debido a las condiciones de espacio abierto, el tiempo se extiende a 20 minutos.

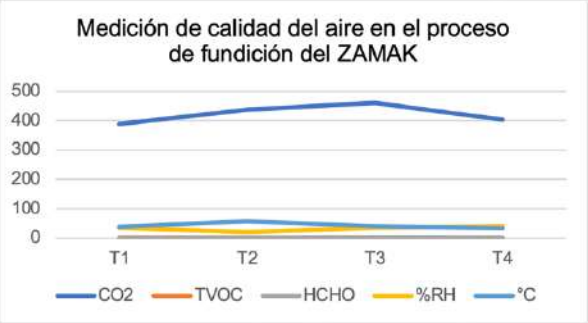


Tabla 3*. Distribución y resultado de tratamientos*

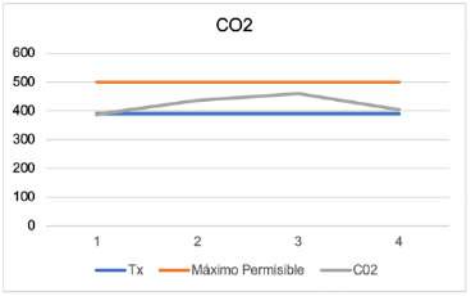
Parámetros	Tx	T1	T2	T3	T4
CO_2	390	388	437	460	404
TVOC	0.016	0.016	0.023	0.075	0.013
HCOH	0	0	0.008	0.013	0.002
%RH	70.3	34.2	19.6	35.1	40.3
°C	21.3	38.5	57.6	39.2	33

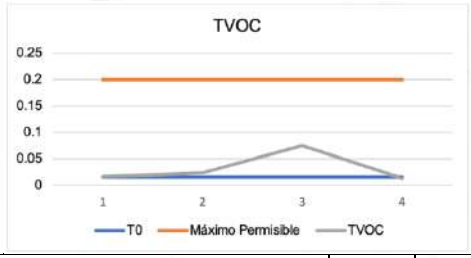
En la Fig. 3 observamos que los resultados obtenidos, no se rebasa el límite máximo permisible para las condiciones en donde se realiza el proceso de fundición (500 ppm).

Testigo (Tx)	390	390	390	390
Máximo Permisible	500	500	500	500
Bióxido de carbono (CO_2)	388	437	460	404

Tabla 4. *Límite máximo permisible de bióxido de carbono*

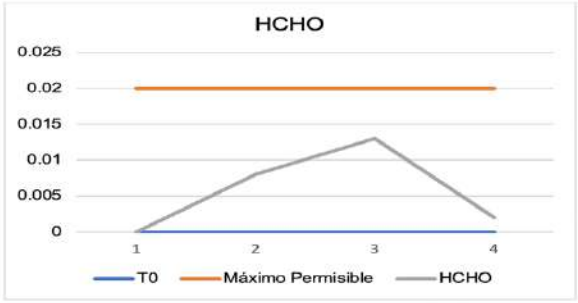
Respecto a los compuestos orgánicos volátiles propios del proceso, se mantienen los niveles de emisión por debajo de los límites analizados durante el proceso de fundición ya que el máximo permisible y analizable es de 0.2, siendo el tratamiento 3, el que mayor presencia genero con 0.075, tal como lo observamos en la Tabla 5.





Testigo (Tx)	0.016	0.016	0.016	0.016
Máximo Permisible	0.2	0.2	0.2	0.2
Compuestos Orgánicos Volátiles (TVOC) por sus siglas en inglés.	0.016	0.023	0.075	0.013

Respecto a la emisión de formaldehidos el óptimo permisible de presencia de los mismos se establece en 0.02 y el comportamiento de las emisiones durante el proceso de fundición completo, en el tratamiento 3 se registró 0.013, tal como lo observamos en la Tabla 6.



Testigo (Tx)	0	0	0	0
Máximo Permisible	0.02	0.02	0.02	0.02

Formaldehído (HCOH)	0	0.008	0.013	0.002

RESULTADOS. Los resultados del estudio concluyen que el proceso de fundición de la aleación ZAMAK, bajo los tratamientos controlados, no genera emisiones contaminantes que incumplan con las normativas vigentes. El proceso cumple con los requisitos establecidos en los proyectos PROY-NOM-021-SSA1-2020, PROY-NOM-203-SE-2020, y la NOM-123-SEMARNAT-1998. Las emisiones de sustancias nocivas se mantienen por debajo de los límites permitidos, lo que posiciona este proceso como respetuoso con el medio ambiente. Además, la constante dispersión del proceso asegura su conformidad continua con las regulaciones, contribuyendo a la sostenibilidad y al bienestar ambiental, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y representando un modelo de gestión responsable en la industria de la fundición.

REFERENCIAS.

1. Abalorios, B. (2020, octubre 27). Qué es el Zamak. Boliche Abalorios. Obtenido de: https://www.bolicheabalorios.com/es/blog/informacion-y-consejos/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-Zamak-abalorios-de-Zamak Consultado: 14/03/2024
2. Canal, R. (2021). Medir las emisiones contaminantes. Deloitte México. Obtenido de: https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articles/emisiones-contaminantes-de-las-empresas.html Consultado: 14/03/2024
3. Codam, S. A. (2021). Productos que se hacen con Zamak. Codam S.A. Disponible en: https://codam.com.ar/2021/08/30/productos-que-se-hacen-con-Zamak/ Consultado: 14/03/2024
4. Flores, A. (2013). Optimización del proceso de vaciado de ZAMAK 3 en molde permanente mediante técnicas estadísticas y cómputo suave. Tesis Maestral, Corporación Mexicana de Investigación en Materiales. Repositorio Institucional, consultado el 14 de marzo de 2024 y disponible en https://camimsa.repositorioinstitucional.mx/ispui/bitstream/1022/69/1/.TESIS%20Alfredo%20A20Flores%20S.pdf
5. Kaizen Química e Innovación Ltd. (s/f). Kaizen Química. Obtenido de https://kaizenquimica.com.br/es Consultado: 14/03/2024
6. Secretaría de Economía (SE). (2020). PROY-NOM-203-SE-2020: Que establece los límites máximos permisibles de emisión de formaldehído en tableros de partículas de madera y tableros de fibras de madera fabricados con urea formaldehído y en los productos fabricados con este tipo de tableros. Ciudad de México: SE.
7. Secretaría de Salud (SSA). (2020). PROY-NOM-021-SSA1-2020: Que instituye los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Ciudad de México: SSA.
8. SEMARNAT (1998). NOM-123-SEMARNAT-1998: Que establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COVs), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos. Ciudad de México: SEMARNAT.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124141

INCIDENCIA DE PARÁSITOS INTESTINALES EN PRIMATES DEL PARQUE ZOOLÓGICO BENITO JUÁREZ

Rufino Osorio Márquez[1], Víctor Jesús Sagrero Mora[2], Jesús Iván Mejía Navarro[3], Maricela Duran Rios[1], María Dolores Claudia Guzmán Lara[4]

1Parque Zoológico Benito Juárez. rufino.osorio@umich.mx, maricela.duran@umich.mx

2Instituto de Investigación Metalurgia y materiales. UMSNH victor.sagrero@umich.mx

3Preparatoria Melchor Ocampo. UMSNH ivan.mejia@umich.mx,

4Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.UMSNH claudia.guzman@umich.mx,

Palabras Clave: Primates, zoológico, parásitos intestinales.

RESUMEN. En este trabajo se identificó la incidencia de los parásitos intestinales en los primates que están bajo cuidado humano en el Parque Zoológico Benito Juárez, mediante la revisión de los estudios coprológicos, que se llevaron a cabo durante el periodo del 2017 hasta el 2020. Se obtuvo un total de 272 muestras de 23 especies de primates no humanos. Se observo un 70.25% de incidencia de protozoarios, nematodos 23.30%, hongos 21.15%, cestodos 1.43% y trematodos 0.36%.

INTRODUCCIÓN. Los zoologicos ayudan a la conservación de varias especies que se encuentran en peligro de extinción. También cumplen con la función de la eduación ambiental, de estos se pueden obtener datos de relevancia que ayuden a la preservación y cuidados de las especies en estado salvaje (Sariego, 1997). El problema más frecuente en los animales en cautiverio son los organismos parasitarios, debido a las condiciones en las que se encuentran, el estrés, contacto directo e indirecto con otros indviduos (ejemplares de la misma jaula, insectos, individuos vecinos de otras jaulas, manejos que realizan los cuidadores dentro del hábitat) (Polo; et al, 2007). Además el tipo de suelo y las condiciones de este, puede favorecer el desarollo y latencia de formas parasitarias durante largos periodos de tiempo (Cordero; et al., 2007). Los primates actualmente se encuentran en peligro de extinción, por ello se realizan diversos estudios para su conservación en cautiverio y vida silvestre (Chinchilla Carmona, 2005). Ellos son vulnerables a las infecciones causadas por parásitos, esto se debe a que viven en grupos sociales cerrados que ayudan a la trasmisión de estos (Freeland, 1983). El parasitismo es el nombre de la interacción entre dos seres vivos, el hospedero (Organismo que alberga y/o alimenta) y el parasito (Ser que se alienta y hospeda dentro de otro ser), en dicha asociación el parasito es el que se beneficia. Esta interacción es muy antigua y se divide en diferentes tipos; a la larga esta interacción puede terminar con la vida del hospedero (Tay, Velasco, Lara, y M., 2002). Este tipo de interacción en el punto de vista ecológico ayuda a mantener un equilibrio en los nichos ecológicos; sin embargo, cuando se trata de mantener la conservación de una especie, el parasitismo llega a ser un problema que debe ser tratado (Campillo et al, 1996).

ANTECEDENTES. La parasitosis en primates se ha estudiando en diferentes colecciones de México y el mundo, como los que realizaron Stoner, Gonzalez y Maldonado (2015) en primates neotropicales, en Chiapas; Chinchilla, et al (2005) en costa Rica; Castañeda et al,(2010), en

Colombia; Guerrero (2012) en Perú, entre otros, sin embargo en el zoologico de Morelia es el primer trabajo que se realiza para conocer la incidencia parasitaria.

OBJETIVO. Identificar los generos de parasitos gastroentericos presentes en la colección de primates del zoologico de Morelia.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo comprendió un estudio retrospectivo de los datos obtenidos en el Área de Diagnóstico Clínico del Parque Zoológico Benito Juárez, desde enero del 2017 a noviembre del 2020. Se procesaron un total de 279 muestras de 24 especies de primates diferentes (Tabla 1). Las muestras fueron heces fecales, obtenidas del suelo con menos de 12 horas.

Alouatta palliata (Mono aullador) (Gray, 1849)
Ateles geofrrogy (Mono araña de manos negras) (Kuhl, 1820)
Ateles marginatus (Mono mejillas negras) (É. Geoffroy, 1809)
Capuchino hibrido (*C. apella nigritus* x *C. capucinus)*
Cebus apella nigritus (Capuchino de cuernos) (Linnaeus, 1758)
Cebus capucinus (Capuchino cara blanca) (Linnaeus, 1758)
Cercocebus torquatus (Mono mangabeye gris) (Kerr, 1792)
Chlorocebus sabaeus (Mono verde) (Linnaeus, 1758)
Erythrocebus patas (Mono patas) (Schreber, 1775)
Lemur catta (Lémur de cola anillada) (Linnaeus, 1758)
Macaca fascicularis (Macaco cangrejo) (Raffles, 1821)
Macaca fuscata (Macaco japones) (Blyth, 1875)
Macaca mulatta (Macaco Rhesus) (Zimmermann, 1780)
Macaca nemestrina (Macaco cola de cerdo) (Linnaeus, 1766)
Macaca tonkeana (Meyer, 1899)
Mandrillus sphinx (Mandril) (Linnaeus, 1758)
Pan paniscus (Chimpancé Bonobo) (Schwarz, 1929)
Pan troglodytes (Chimpancé común) (Blumenbach, 1776)
Papio hamadryas (Papion sagrado) (Linnaeus, 1758)
Papio papio (Papión de Guinea) (Desmarest, 1820)
Papio sp (Babuino) (Erxleben, 1777)
Saimiri sciureus (Mono ardilla) (Linnaeus, 1758)
Sapajus robustus (Capuchino crestado) (Kuhl, 1820)

Tabla 1. *Ejemplares de primates que se examinaron durante el periodo 2017-2020 en el Parque Zoológico Benito Juárez.*

A las muestras se les agrego solución salina fisiológica (0.9 %) y posteriormente se les realizó 5 pruebas para su observación.

1 **Observación en fresco con solución salina fisiológica:** Se tomo una porción de heces diluida uniformemente en solución fisiológica, con ayuda de una pipeta Pasteur se colocó sobre un portaobjetos, se pone cuidadosamente un cubreobjetos, se examinó con ayuda del microscopio, se usaron los objetivos de 10x y 40x.

2 **Observación en fresco con Lugol:** Se utilizo una porción de la muestra diluida en solución salina en un portaobjetos, posteriormente se le coloca una gota de Lugol y un cubreobjetos.

3 **Técnica de flotación con sulfato de Zinc:** Para esta técnica se usó una cantidad de muestra con solución salina, se colocó en un tubo de ensayo, después se le coloco una solución de Sulfato de Zinc al 33% hasta obtener un menisco invertido, posteriormente se le coloca un cubreobjetos por 10 min, pasado ese tiempo se colocó una gota de Lugol en un portaobjetos, encima de este el cubreobjetos con la muestra y se observó en microscopio en objetivos 10x y 40x.

4 **Técnica de concentración por sedimentación:** Consistió en colocar una porción de muestra en tubo de ensayo, posteriormente se le colocó solución salina, el tubo de ensayo fue llevado a la centrifuga por 5 minutos a 3500 revoluciones por minuto, cuando la centrifuga terminó su ciclo, se decantó y con ayuda de una pipeta Pasteur se recolectó la sedimentación para su observación en microscopio a 10x y 40x con Lugol.

5 **Tinción Ziehl-Neelsen:** Con la muestra en solución salina se realizó un frotis y se fijó con calor. Se le añadió como colorante fucsina y se calentó con un mechero por 5 min sin dejar que se evapore o hierva el colorante, se decoloró con alcohol acido, se lavó y se le agregó colorante de contraste por 30 segundos (verde brillante al 1%), Se lavó y se observó en microscopio en objetivo 100 x. Esta técnica se usó para identificar coccidias intestinales, en particular Cryptosporidium spp.

RESULTADOS. Al analizar los datos se observó que la incidencia de los protozoarios es de 70.25%, nematodos 23.30%, hongos 21.15%, cestodos 1.43 % y trematodos 0.36%.

	Muestras examinadas (2017-2020)	**Protozoarios**	**Nematodos**	**Cestodos**	**Hongos**	**Trematodos**
Total	279	196	65	4	59	1
Porcentajes	100	70.25	23.30	1.43	21.15	0.36

Tabla 2. *Relación de parásitos encontrados en las muestras analizadas en el laboratorio de análisis clínicos del Parque Zoológico Benito Juárez.*

Se identificaron 13 especies de protozoarios, *Entamoeba coli 84.65%*, *E. histolytica/dispar* 22.36%, *Cryptosporidium sp* 14.80%, *Balantidium sp* 11.73%, *Trichomonas sp* 10.20%, *Iodamoeba spp* 11.22%, *Entamoeba hartmanni* 5.61%, *Blastocystis sp* 4.08%, *Cyclospora sp* 1.53%, *Endolimax sp* 1.02%, *Eimeria sp* 1.02%, *Enteromonas sp* 0.51%, *Giardia sp* 0.51%. Los registros muestran 9 géneros diferentes de nematodos, *Trichuris sp* 52.31%, *Enterobius sp* 7.7 %, *Strongyloides sp* 4.52%, *Ascaris sp* 1.54%, *Capillaria sp* 1.54%, *Gnathostoma sp* 1.54%, *Nematodirus sp* 1.54%, *Oxyuris sp* 1.54%, *Parascaris sp 1.54%* y 38.46% de huevos de ascaridos sin identificar especie. En cestodos solo se presentaron dos géneros *Hymenolepis spp 75%* y *Moniezia spp 25%.*

Para el total de muestras con hongos solo se identificaron 3 géneros *Cándida spp* 37%, *Corvularia spp 5.08% y Helminthosporium spp* 1.69%. Las muestras aparte de los tres géneros ya mencionados, mostraban conidióforos, hifas y cuerpos levaduriformes sin identificar. El grupo de los trematodos, sólo se registró un género *Paragonimus spp*, encontrándose solo una vez en el *Papio papio*.

CONCLUSIONES. Los hallazgos coinciden con los estudios realizados por Ordoñez (2012), Chinchilla et al (2007), Chinchilla et al (2005), Tolosa et al (2003) y Acevedo y Sasa (2020). Los primates bajo cuidado profesional son susceptibles a parasitosis, sobre todo por protozoarios y nematodos, por lo cual es necesario realizar estudios coprológicos de manera rutinaria para brindarles un adecuado tratamiento.

REFERENCIAS.

1 Campillo, M. C.-C. (1996). Parasitología veterinaria. Madrid, España: McGraw-Hill-Inter. Recuperado el 11 de 08 de 2021
2 Chinchilla Carmona, M. G.-E. (2005). Parásitos intestinales en monos congo Alouatta palliata (Primates: Cebidae) de Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 53, 3-4. Recuperado el 14 de 08 de 2021, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200012&lng=en&tlng=en.
3 Cordero, M., & al., e. (2007). Parasitología general. Madrid: Mcgraw-Hill.
4 Defler, T. (2004). Hitoria natural de los primates colombianos. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 01 de 08 de 2021, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2VWtDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=primates&ots=BepnnU8yi3&sig=Iybac0mvHcgriJfjDGygIRhCBrw#v=onepage&q=primates&f=false
5 Freeland, W. J. (1983). Parasites and the coexistence of animal host species. American Naturalist, 223-236.
6 Gilbert, K. A. (1994). Endoparasitic infection in red howling monkeys Alouatta seniculus in the Central Amazonian basin. A cost of sociality? Tesis de Doctorado. New Brunswuick: Rutgers University.
7 Guerrero M. F. et al.Identificación de parásitos gastrointestinales en primates no humanos del zoológico parque natural de Pucallpa, Perú. Rev. investig. vet. Perú [online]. 2012, vol.23, n.4, pp.469-478. ISSN 1609-9117.
8 Klein, S. L. (2004). Hormonal and immunological mechanisms mediating sex differences in parasite infection. Parasite Immunology, 26(6-7), 247-264.
9 Polo, J., & al, e. (3 de 03 de 2007). Principales parásitos intestinales (nematodos) diagnosticados que afectan a los chimpancé (Pan troglodytes tro-glodytes) del Parque Zoológico Nacional de Cuba. REDVET, VIII(3), 1-11. Recuperado el 12 de 09 de 2021, de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63613302014
10 Sariego, G. C. (1997). El rol de los zoológicos contemporáneos. Monografia apresentada a Facultad de Arquitetura, Urbanismo e Paisaje da Universidad de Chile, Santiago. Santiago, Chile. Recuperado el 15 de 08 de 2021, de https://www.pangeadesignconsultants.com/wp-content/uploads/2019/09/collados_rol_zoologicos_contemporaneos.pdf
11 Schuurs, A. H. (1990). Effects of gender and sex steroids on the immune response. Journal of steroid biochemistry, 35(2), 157-172.
12 Stoner, K. E. (1996). Prevalencia e intensidad de parásitos intestinales en monos aulladores de manto (Alouatta palliata) en el noreste de Costa Rica: implicaciones para la biología de la conservación. Wiley for Society for Conservation Biology, 10, 539-546. Recuperado el 21 de 08 de 2021, de https://www.jstor.org/stable/2386868
13 Stoner, K. E.-D.-L. (2005). Infecciones de parásitos intestinales de primates: implicaciones para la conservación. Universidad y Ciencia, (II), 61*72.
14 Stuart, M. D. (1990). A coprological survey of parasites of wild mantled howling monkeys, Alouatta palliata palliata. Journal of Wildlife Disease, 26, 547-549. Recuperado el 15 de 08 de 2021, de https://meridian.allenpress.com/jwd/article/26/4/547/119150/A-Coprological-Survey-of-Parasites-of-Wild-Mantled
15 Tay, J., Velasco, O., Lara, R., & M., G. (2002). Parasitología Medica. Mexico,DF. Méndez editores.

COMPORTAMIENTO DE BIOPLÁSTICOS FÚNGICOS FRENTE A LA DEGRADACIÓN TÉRMICA Y FOTODEGRADACIÓN: UN ENFOQUE BASADO EN RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS

Britzania Flores Hernández[1], Nelly Flores Ramírez[2], Salomón Vásquez García[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1724394a@umich.com
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; nelly.flores@umich.com
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; *salomon.vasquez@umich.com*

Palabras Clave: Biopásticos, degradación térmica, foto degradación, sostenibilidad.

RESUMEN. Actualmente, los plásticos son ampliamente usados debido a su flexibilidad, baja densidad, resistencia a reacciones químicas y facilidad de producción. Sin embargo, su producción intensiva y su difícil degradación causan problemas significativos, como el agotamiento de recursos no renovables y la contaminación de ecosistemas. Ante esta situación, surge la necesidad de alternativas más sostenibles, siendo los bioplásticos una opción destacada. Los bioplásticos son polímeros derivados de fuentes biológicas que ofrecen ventajas en sostenibilidad y facilidad de degradación, manteniendo propiedades similares a los plásticos sintéticos. Dentro de los bioplásticos, los biopolímeros fúngicos, obtenidos a partir de hongos que descomponen materia orgánica, son una opción. Esta investigación se enfoca en la evolución de la foto degradación y la degradación térmica de biopolímeros fúngicos, producidos mediante el hongo Pleurotus ostreatus en diferentes sustratos.

INTRODUCCIÓN. Los polímeros son materiales formados por largas cadenas de monómeros unidos por enlaces covalentes, y se clasifican según su peso molecular, origen, estructura o comportamiento ambiental (Bustamante, 1994). Los plásticos sintéticos, debido a su alta resistencia a la degradación, se acumulan en el ambiente, generando graves problemas. Esto ha impulsado la búsqueda de alternativas como los bioplásticos, materiales derivados de fuentes naturales, que incluyen plásticos biodegradables y no biodegradables. Los bioplásticos biodegradables, en particular, ofrecen una solución viable para sustituir polímeros sintéticos, ya que su descomposición es más amigable con el medio ambiente. La degradación es la modificación de la estructura de un material por agentes como luz solar, calor o microorganismos, y puede ser mecánica, física, química o biológica (Gutiérrez, 2013). Los tipos más comunes son la degradación térmica y la foto degradación, donde el calor o la radiación UV rompen los enlaces covalentes de los polímeros. Actualmente, se estudian biopolímeros derivados de almidón, celulosa, quitina y lignina, evaluando su degradabilidad. Los bioplásticos a base de hongos, como el micelio de Pleurotus ostreatus cultivado en residuos agroforestales, presentan propiedades similares a los plásticos convencionales, con el beneficio de ser biodegradables y sostenibles. Este estudio investiga la degradabilidad de dichos bioplásticos.

ANTECEDENTES. Sulong et al., 2023, elaboraron un biopolímero compuesto de HDPE con un polímero elaborado a partir de aceite de palma a diferentes concentraciones (5, 10, 15, 20, 25, 30% de biopolímero) y se expuso a rayos UV a diferentes tiempos (250h, 500h, 750h, 1000h, 2000h, 3000h), posteriormente se realizaron un análisis por espectroscoscopía por transformada de Fourier (FTIR) que ayudó a definir el mecanismo de foto degradación. Moussout et al., 2016,

Realizaron una investigación sobre la cinética de degradación térmica de polímeros de quitina y quitosano mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier y análisis termogravimétrico, junto con un modelo cinético, obtuvieron concordancia en sus curvas experimentales y simuladas.

OBJETIVO. Evaluar la degradabilidad de bioplásticos miceliales obtenidos a partir de sustratos de Quercus castanea y Zea mays mediante la exposición a radiación UV tipo A y degradación térmica, con el fin de determinar su resistencia y desarrollo frente a estos factores.

MATERIALES Y MÉTODOS.

*Obtención de los bioplásticos***.** Los bioplásticos se obtuvieron de acuerdo a los reportes de Ocegueda D, et al; 2020. Se utilizarán tres diferentes relaciones porcentuales de sustratos lignocelulósicos 100% olote/micelio, denominado como M1, 50-50% astilla-olote/micelio (M2) 50-50% aserrín-olote/micelio (M3), Se considera el olote solo y los sustratos de encino en astilla y aserrín como controles. a) Los sustratos se sumergieron durante 24 horas en solución de hidróxido de calcio disuelto en agua posteriormente se realiza la pasteurización. b) La siembra del hongo se realizó intercalando capas alternas de sustrato e inoculo de Pleurotus ostreatus, se incubó a 27°C + -2°C con una humedad relativa de 60%, una vez desarrollado el micelio, se transfirió a moldes sellados con permeabilidad de oxígeno, al término del tiempo de incubación de 20 días, el hongo se inactivo.

Degradación térmica. El análisis térmico se realizó por termogravimétría (TGA), en una temperatura de 30-600 °C, bajo atmósfera de nitrógeno a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min.

Foto degradación por UV-A. La foto degradación se encuentra en proceso para lo cual se ha realizado una etapa preliminar en donde las muestras son irradiadas con lámparas de barras de luz UV del tipo púrpura, iluminación LED UV-A, longitud de onda de 365-395 nm, potencia 10W, marca UVRADI (Beijín, China). Los tiempos de exposición en la cámara de envejecimiento serán: 2, 6, 12, y 24 h.

RESULTADOS

Bioplásticos obtenidos.



Figura 1 *Bioplásticos: a) M1: olote/micelio, b) M2: aserrín-olote/micelio, c) M3: astilla-olote/micelio*

La fig. 1 muestra los bioplásticos obtenidos a partir del *Pleurotus ostreatus* y los respectivos sustratos: a) M1: olote/micelio, b) M2: aserrín-olote/micelio, c) M3: astilla-olote/micelio.

Degradación térmica. La fig. 2a y 2b, muestra el resultado del análisis por análisis termogravimétrico (TGA la derivada (DTG) resultado del estudio de degradación térmica.

El termograma correspondiente a olote como sustrato control, presentó tres degradaciones, la primera se puede considerar por la eliminación de humedad, una segunda, temperatura corresponde a la descompone de hemicelulosa, y una tercera, indicativo de la descomposición de celulosa. Para el encino como sustrato en la modalidad de astilla o aserrín (control), presenta

tres degradaciones, la primera temperatura, representa la eliminación de la humedad y extraíbles y, la última a 360°C, atribuida a la perdida de la celulosa e inicio de la degradación de la lignina (Uribe et al.,2015). Para la muestra del olote/micelio se observa la primera pérdida de peso a los 63°C, se atribuyó a la degradación térmica y la volatilización de moléculas de bajo peso molecular y humedad absorbida, para la segunda y tercera perdidas de peso se atribuyen a la descomposición de los componentes de la pared celular del hongo como son la quitina, aminoácidos, polisacáridos como hemicelulosa y celulosa, y la presencia de glucanos.

Al comparar el M1 con el olote solo, se observa una mayor degradación de carbohidratos, alcanzando un 61%, debido al mayor aporte de carbono por la quitina del micelio, lo que mejora la estabilidad térmica (Chulikavit et al., 2022). La despolimerización y descomposición de los carbohidratos se deben a la desacetilación y ruptura de enlaces glicosídicos. A más de 400 °C, ocurre la destrucción térmica de los anillos de piranosa (Hamou Moussout et al., 2016). Al comparar micelio obtenido de astilla con olote M2, el bioplástico de astilla muestra mayor estabilidad térmica, debido a su mayor eficiencia biológica. Durante la degradación térmica, el micelio experimenta deshidratación inicial, seguida de la descomposición de quitina y celulosa, con desacetilación y liberación de ácido acético. Las proteínas y lípidos se descomponen entre 300-500 °C, generando amoníaco, ácidos grasos y compuestos simples (Livne et al., 2022; Girometta et al., 2019; Bustillos et al., 2020).

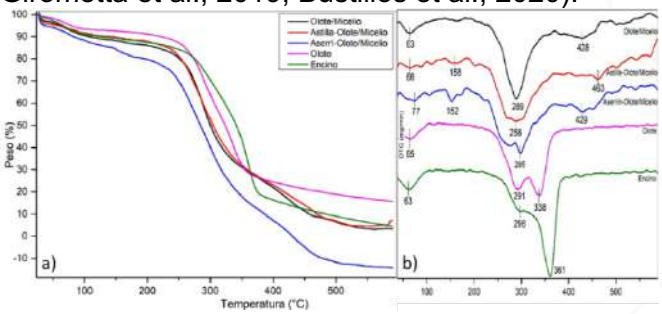


Figura 2. *TGA y DTA de M1: olote/micelio, M2: astilla-olote/micelio, M3: aserrín-olote/micelio, olote y sustratos de encino*

Olote/micelio (M1)		**Astilla-olote/micelio (M2)**		**Aserrín-olote/micelio (M3)**		**Olote**		**Encino**		
Temp. de degra-dación (°C)	Pérdida de peso (%)	Temp. de degra-dación (°C)	Pérdida de peso (%)	Temp. de degra-dación (°C)	Pérdida de peso (%)	Temp. de degra-dación (°C)	Pérdida de peso (%)	Temp. de degra-dación (°C)	Pérdida de peso (%)	
63	8.25	66	5.46	77	7.67	65	6.15	63	8.25	
289	61	158	3.23	152	6.75	291	38.28	298	23.49	
428	24.15	288	60.63	295	67.7	339	29.38	360	50.64	
-	-	463	21.84	429	25	-	-	-	-	
3.34		7.24		14.29		15.74		4.48		Masa residual (%)

Foto degradación por UV-A. Los resultados preliminares del ensayo de foto degradación, sugieren que se está produciendo una foto degradación indirecta en el micelio, desencadenando reacciones químicas que provocan la ruptura de enlaces químicos y la modificación de grupos funcionales, lo que afecta su estructura molecular. Esta foto degradación indirecta, es el resultado de la interacción entre el oxígeno atmosférico y el aumento de la temperatura generado por el equipo, lo que altera las propiedades físicas y químicas del material micelial. En un lapso de 6h, se observa una deshidratación del micelio acompañada cambios en su composición y en consecuencia de su capacidad de degradación.



Figura 3. *Bioplásticos miceliales foto degradados a diferentes horas a)2h, b)4h, c)6h, d)12h, e)24h.*

CONCLUSIONES. En conclusión, los resultados indican que el bioplástico micelial obtenido de astilla presenta mayor estabilidad térmica en comparación con el de olote, debido a la mayor eficiencia biológica del sustrato. La quitina presente en el micelio contribuye a la estabilidad térmica al aportar más carbono, lo que reduce la degradación de carbohidratos, alcanzando hasta un 61%. Durante la degradación térmica, se observan procesos de deshidratación, desacetilación y ruptura de enlaces glicosídicos, lo que conduce a la descomposición de componentes como quitina, celulosa, proteínas y lípidos. Además, la foto degradación indirecta, impulsada por la combinación de oxígeno atmosférico y aumento de temperatura, provoca cambios en la estructura molecular del micelio y altera sus propiedades físicas y químicas, afectando su capacidad de degradación.

REFERENCIAS.

1 Bustamante, B. P. (1994). La degradación de los plásticos. Revista Universidad EAFIT, 30(94), 67-86. https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-universidad-eafit/articulo/la-degradacion-de-los-plasticos
2 Bustillos, J., Loganathan, A., & Agrawal, R. (2020). Uncovering the mechanical, thermal, and chemical characteristics of biodegradable mushroom leather with intrinsic antifungal and antibacterial properties. ACS Applied Bio Materials, 3.
3 Chulikavit, N., Huynh, T., Dekiwadia, C.et al. (2022) Influence of growth rates, microstructural properties and biochemical composition on the thermal stability of mycelia fungi. Sci Rep 12, 15105. https://doi.org/10.1038/s41598-022-19458-0
4 Girometta, C., Picco, A. M., & Baiguera, R. M. (2019). Physico-mechanical and thermodynamic properties of mycelium-based biocomposites: a review. Sustainability, 11.
5 Gutiérrez, J. (2013). Biodegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de México.
6 Livne, A., Wösten, H. A. B., Pearlmutter, D., & Gal, E. (2022). Fungal mycelium Bio-Composite Acts as a CO2-Sink Building Material with Low Embodied Energy. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 10, 12099-12106.
7 Moussout, H., Ahlafi, H., Aazza, M., & Bourakhouadar, M. (2016). Kinetics and mechanism of the thermal degradation of biopolymers chitin and chitosan using thermogravimetric analysis. Polymer Degradation And Stability, 130, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.05.016
8 Ocegueda, D. (2021). Bioplástico por biodesarrollo micelial de Pleurotus ostreatus en sustratos de residuos lignocelulósicos de encino (Quercus castanea neé) y olote de maíz (Zea mayz) [Tesis maestría]. UMSNH.
9 Rendon Heredia, O. (2022). Degradación de la colofonia por radiación ultravioleta del tipo UV-A [Tesis]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

10 Sulong, N. N., Rus, N. A. Z. M., Latif, N. N. A., Wahab, N. N., Omar, N. A., Salim, N. N. S. M., Hassan, N. N. N. M., Marsi, N. N., & Agustian, N. E. (2023). Photodegradation Mechanism of Biopolymer Blended with High Density Polyethylene (HDPE). Journal Of Advanced Research In Applied Mechanics, 103(1), 1-12. https://doi.org/10.37934/aram.103.1.112

11 Uribe, B.E.B., Ayala, O.A. (2015) Characterization of three wood species (Oak, Teak and Chanul) before and after heat treatment. J Indian Acad Wood Sci 12, 54–62. https://doi.org/10.1007/s13196-015-0144-4

IDENTIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS DOMINIOS ADICIONALES Y EL EXTREMO CARBOXILO DE LA ENZIMA ISOCITRATO LIASA (ICL) DE PSEUDOMONAS AERUGINOSA

Mildred Jiménez Baez[1], César Díaz-Pérez[2], Alma Laura Díaz Pérez[1], Jesús Campos-García[1]

1 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 9403872h@umich.mx

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jcgarcia

2Facultad de Agrobiología, Campus Celaya-Salvatierra, Universidad de Guanajuato;

Palabras Clave: isocitrato liasa, ciclo del glioxilato, dominios adicionales.

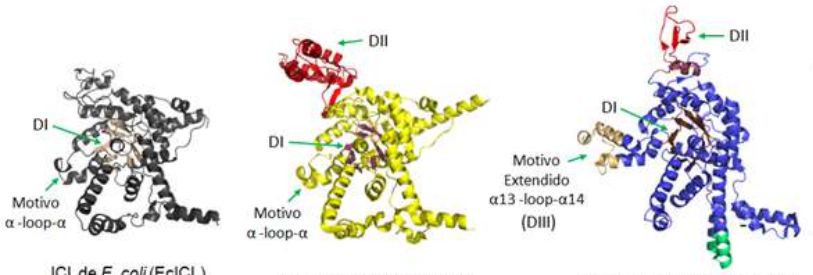
RESUMEN. El ciclo del glioxilato (CG) se compone de cinco reacciones, dos de las cuales son exclusivas de este ciclo y tres son compartidas con el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (CAT). En la primera reacción, la enzima isocitrato liasa ICL (ICL) desvía al isocitrato de las reacciones donde hay perdida de carbono en el CAT para producir glioxilato y succinato. En infecciones causadas por Pseudomonas aeruginosa, la ICL está relacionada con el establecimiento de la infección crónica, por lo que es considerada como un factor de virulencia. En general, la ICL está conformada por un TIM-barrel, que corresponde al dominio catalítico. La ICL de P. aeruginosa, además, cuenta con otro dominio insertado en la periferia del dominio I y cuya función se desconoce; otra característica distintiva es que posee un motivo, presente en otras ICLs, pero que es más alargado y también se desconoce su función. Adicionalmente, el extremo carboxilo de la ICL de otras bacterias es importante en la función de la enzima. El objetivo de este trabajo es estudiar la función que tienen estas estructuras en la ICL de P. aeruginosa PAO1. Mediante mutagénesis por deleción se originaron las tres variantes de la ICL, una con la deleción del dominio I, con la deleción del motivo extendido y una con la deleción de las dos estructuras. La función del extremo carboxilo se determinó mediante la inserción de una etiqueta de histidinas. A las enzimas generadas se les determinaron los parámetros cinéticos y el estado de oligomerización, encontrando que las estructuras distintivas son esenciales, mientras que el extremo carboxilo es importante para la estabilización del homotetrámero.

INTRODUCCIÓN. El ciclo consta de cinco reacciones, tres reacciones son compartidas con el ciclo de los ácidos tricarboxílicos (CAT) y las dos reacciones restantes son exclusivas de este ciclo y desvían al isocitrato del CAT para producir malato y succinato mediante las enzimas isocitrato liasa (ICL) y malato sintasa, esto permite conservar carbono para la generación de biomasa durante el crecimiento, ya que evita las reacciones de pérdida de carbono del CAT (Dunn et al., 2009; Fahnoe et al., 2012). El ciclo del glioxilato es inducido bacterias que crecen en presencia de compuestos tales como el acetato, ácidos grasos, alcanos, polímeros como el poli-β-hidroxibutirato, terpenos acíclicos, etanol y aminoácidos (AA) cetogénicos como la leucina. Todos estos compuestos tienen en común que durante su metabolismo generan principalmente como intermediario metabólico al acetil-CoA (Aguilar et al., 2006; Díaz-Pérez, et al., 2007; Dunn et al., 2009; Anh et al., 2016; Dolan y Welch, 2018). La función que desempeña la ICL de Pseudomonas aeruginosa (PaICL) en la patogenicidad de la bacteria ha sido probada a través de varios modelos biológicos, encontrando que la mutante en al PaICL es avirulenta (Lindsey et al., 2008). Además, la PaICL se sobreexpresa en procesos de infección (Turner et al., 2014) y en

aislados de P. aeruginosa provenientes de pacientes con fibrosis quística es común encontrar que su expresión sea constitutiva (Lyndsey et al., 2008; Hoboth et al., 2009). Estos cambios en la expresión de la enzima son importantes para la colonización de P. aeruginosa, ya que le dan la ventaja adaptativa de asimilar ácidos grasos o AA como la leucina presentes en los pulmones o en heridas de tejido suave del hospedero (Lindsey et al., 2008; Turner et al., 2014). Por lo que la PaICL es considerada como un factor de virulencia de tipo crónico y se ha convertido en un potencial blanco terapéutico al no estar presente en mamíferos (Lindsey et al., 2008).

ANTECEDENTES. El gen que codifica a la ICL de *P. aeruginosa* (PaICL) se identificó mediante la mutante A39, la cual fu incapaz de asimilar acetato. La región afectada en esta mutante correspondió al ORF PA2634, el cual presentó una alta similitud con secuencias de ICLs. Debido a la homología que el ORF PA2364 presentó con genes *aceA*, se le nombró como gen *aceA*, el cual codifica para una proteína de 58.8 kDa y cuyo estado oligomérico corresponde a un homotetrámero de 231 kDa (Díaz-Pérez et al., 2007; Crousilles *et al*., 2018). La función del gen *aceA* se verificó mediante la complementación de la mutante A39. La mutante complementada recuperó la capacidad de asimilar compuestos que generan acetil-CoA como intermediario metabólico (Díaz-Pérez *et al*., 2007).

Comparación estructural entre las ICLs de *P. aeruginosa* y miembros de las subfamilias 1 y 2. Las ICLs integran a la familia AceA/ICL, la cual se compone de cinco subfamilias. Dentro de las subfamilias 1, 2 y 3 se encuentran ICLs cuya estructura ya ha sido determinada (Britton *et al*., 2000; Britton *et al*., 2001; Crousilles *et al*., 2018), haciendo posible la comparación estructural entre subfamilias. La comparación entre las estructuras cristalizadas de la ICL de *Escherichia coli* (EcICL), la ICL de *Aspergillus nidulans* (AnICL) y la PaICL indica que las ICLs están formadas un dominio TIM-barrel, el cual se nombró como dominio I. La EcICL de la subfamilia 1 es la más simple, ya que solo está conformada por el dominio I, el cual contiene al motivo catalítico (Figura 2) (Britton *et al*., 2001). La AnICL de la subfamilia 2, está conformada por el dominio I el dominio II (Figura 2), cuya función propuesta es la de dirigir a la enzima hacia los microcuerpos peroxisomales (Britton *et al*., 2000). La PaICL es la única enzima cristalizada de la subfamilia 3, está compuesta por el dominio I y una inserción adicional genera al dominio II, el cual se encuentra en la misma posición que el dominio II de la AnICL, sin embargo, es más pequeño y desordenado (Figura 2). Se propuso que el dominio II podría estar apuntalando al homotetrámero (Crousilles *et al*., 2018), sin embargo, esto no ha sido comprobado. Otra diferencia que se observa entre la PaICL y las ICLs de las subfamilias 1 y 2 es el motivo conformado por las alfa hélices α13-loop-α14 (motivo extendido, ME), el cual es más grande y estructurado que el correspondiente motivo en la EcICL y en la AnICL. La función de este motivo también es desconocida (Crousilles *et al*., 2018).



ICL de *E. coli* (EcICL) Subfamilia 1	ICL de *A. nidulans* (AnICL) Subfamilia 2	ICL de *P. aeruginosa* (PaICL) Subfamilia 3
48 kDa (429 AA)	67 kDa (538 AA)	58.9kDa (531 AA)
Dominio I	Dominio I	Dominio I
Ausente	Dominio II (100 AA)→ ¿Localización celular?	Dominio II (35 AA) →¿Estabilización de la estructura cuaternaria?
Motivo α-loop-α	Motivo α-loop-α	Motivo extendido α13-loop-α14 →¿?

Figura 2. *Comparación estructural de la PaICL. La PaICLde la subfamilia 3 se comparó contra miembros característicos de las ICLs de las subfamilias 1, 2. Debajo se muestran varias características que han sido identificadas en cada enzima. Debajo de los aminoácidos se indica la función con la que están relacionados; entre paréntesis se indica la probable función que desempeña esa estructura en la ICL.*

La función del extremo carboxilo (C-terminal) de la ICL se estudió en miembros de las subfamilias 1 y 2, encontrando que puede estar relacionado con la función enzimática. En la EcICL, el extremo carboxilo es importante para la actividad enzimática, ya que su modificación originó la pérdida de la función. En la ICL de *P. indigofera*, la deleción de AA del extremo carboxilo también ocasionaron la pérdida de la función (Matsuojka and McFadden, 1998). En la ICL de *Mycobacterium tuberculosis*, la deleción de las hélices α12α13 y α14, que conforman la región del extremo carboxilo, afectaron la función de ICL, pero no su estado de oligomerización (Sukla *et al*., 2015). Estos resultados indican que la región del C-terminal de la PaICL podría ser importante para la función de la enzima.

OBJETIVO. Estudiar el papel del dominios II, el motivo extendido y la región del extremo carboxilo en la función de la enzima ICL de P. aeruginosa PAO1.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 1) Establecer si el dominio II, el motivo extendido y la región del extremo carboxilo de la enzima ICL de P. aeruginosa PAO1 están involucrados en su función. 2) Establecer si el dominio II, el motivo extendido y la región del extremo carboxilo de la enzima ICL de P. aeruginosa PAO1 están involucrados en su estado de oligomerización.

MATERIALES Y MÉTODOS. Por el método de oligos translapantes (Qi et al., 2008) se obtuvieron tres variantes de la PaICL mediante mutagénesis por deleción: ICLΔDII (PaICL sin el dominio II), ICLΔDIII (PaICL sin el ME) y ICLΔDIIΔDIII (PaICL sin ambas estructuras). Para facilitar la purificación de las variantes de la PaICL se les adicionó una etiqueta de histidinas (E-His6) en el extremo amino (N-terminal). Para el estudio del C-terminal, a la PaICL se le insertó un etiqueta de histidinas en el extremo C-terminal. Las variantes de la PaICL se purificaron mediante cromatografía de afinidad. A las variantes purificadas se les determinaron sus parámetros cinéticos (Díaz-Pérez et al., 2013). El estado de oligomerización se determinó mediante Blue native-PAGE (BN-PAGE) sin gradiente (Witting et al., 2006). Mediante modelado por homología se obtuvieron las estructuras de las variantes de la PaICL usando como templado a la PaICL. El

alineamiento de secuencias múltiples se realizó en el servidor web T-Coffee y el grado de conservación evolutiva de la PaICL se realizó en el servidor web ConSur.

RESULTADOS. Mediante alineamientos tridimensionales de las estructuras cristalizadas de la EcICL, AnICL y PaICL obtenidas de la base de datos PDB se determinó que en la estructura de la PaICL, el dominio II y el ME están conformados por 25 residuos (C291-P315) y 36 residuos (R392-V427), respectivamente. No fue posible inferir la función del dominio II y el ME por medio del análisis de similitud de secuencias entre ICLs, debido a que solo mostraron similitud con miembros de la subfamilia 3 y aún dentro de la subfamilia estas regiones son altamente variables. Por lo tanto, para determinar su función, las secuencias que las codifican se eliminaron del gen aceA, obteniendo a los genes aceAΔDII, aceAΔDIII y aceAΔDIIΔDIII. Los genes se clonaron en el vector pCDFDuet para adicionar una E-His6 en el N-terminal para su posterior purificación. La PaICL etiquetada en el N-terminal se obtuvo previamente y se le denominó NICL (Díaz-Pérez et al., 2013). Las variantes de la PaICL presentaron un peso molecular (PM) superior (1 a 8 kDa) al PM teórico. La sobreexpresión a 20°C permitió la obtención de las variantes aceAΔDII, aceAΔDIII solubles, pero no de la variante aceAΔDIIΔDIII. Tampoco fue posible obtener a las variantes purificadas, debido a que fueron altamente susceptibles a degradación durante el proceso de purificación, por lo tanto su actividad enzimática se determinó en células permeabilizadas de E. coli bajo las condiciones de represión del gen aceA de esta bacteria (Sunnarborg et al., 1990). Ninguna de las variantes de la PaICL presentó actividad, excepto la NICL. La funcionalidad de las variantes también se determinó en el fondo genético de P. aeruginosa mediante la complementación de la mutante A39, sin embargo, las variantes fueron incapaces de restaurar el fenotipo de asimilación de acetato. Estos resultados indican que la eliminación del dominio II y el ME originan enzimas ICLs no funcionales.

Para estudiar la función del C-terminal de la PaICL se le adicionó un polipéptido como se reportó para la EcICL (Mstsuoka y McFadden, 1988). El gen aceA se clonó en el vector pTRCHis2A para fusionarle un polipéptido de E-His6 en el C-terminal, a la enzima obtenida se le denominó CICL. La CICL también mostró un peso mayor al PM esperado. La función de las CICL se evaluó para determinar la influencia del motivo adicionado en el C-terminal. La NICL y la CICL mostraron una cinética de tipo Michaelis-Menten, la cual se confirmó mediante la gráfica de Linerweaver-Burk. La Km fue mayor para la CICL, mientras que la Vmax fue menor. Los parámetros óptimos de temperatura y pH fueron similares para ambas enzimas. La eficiencia de las ICLs se evaluó mediante las constantes de kcat y Km/kcat, las cuales fueron menores para la CICL, sugiriendo que la CICL es menos eficiente al realizar la reacción en comparación a la NICL. La estabilidad de las enzimas se determinó mediante el tiempo de vida medio (t1/2) a 45°C, el cual fue similar para ambas enzimas, indicando que el motivo adicionado en el C-terminal no afectó la termoestabilidad de la PaICL. La menor eficiencia de la CICL no se vió reflejada in vivo, ya que la mutante A39 complementada con la CICL creció en acetato al mismo nivel que la mutante complementada con la NICL o con el gen silvestre. El motivo adicionado en el C-terminal no afectó el estado de oligomerización de la CICL, ya que esta mostró un PM ~220 kDa, indicando que es un homotetrámero al igual que la NICL. La incubación de las enzimas con el detergente SDS, el cual rompe interacciones iónicas, originó la desestabilización del homotetrámero de ambas enzimas, como se observó por la disminución en la intensidad de las bandas correspondientes a los homotetrámeros en el gel BN-PAGE. Este efecto ocurrió a todas las concentraciones probadas de SDS y fue más pronunciado para la CICL. Además, se observó la aparición de dos bandas adicionales cercanas al PM teórico del monómero y del dímero de la PaICL, 58.9 kDa y 119.6 kDa, respectivamente. Estos resultados indican que la CICL es una

enzima menos estable que la NICL. Para explicar los resultados obtenidos con todas las variantes de la PaICL se realizaron los correspondientes modelos moleculares. En la estructura de la PaICL el dominio II es una región de amplio contacto entre subunidades y cuando se elimina se pierde toda esta superficie de interacción entre subunidades adyacentes, por lo cual la PaICL perdería su estabilidad y sería susceptible a degradación. La eliminación del ME origina que la pérdida de continuidad entre las hélices α13 y α14 y los residuos restantes forman una sola hélice con un doble cambio de dirección, lo cual es físicamente inestable, lo que probablemente lleve a la pérdida de la conformación de la región circundante de la enzima y a su subsecuente degradación. En el modelo molecular de la NICL se observa que la E-His6 fusionada en el N-terminal queda completamente expuesta al solvente y la distancia entre estas y el resto de la proteína es lo suficientemente grande para que puedan interactuar, por lo que es poco probable que afecte la función y la estructura de la enzima. En el modelo molecular de la CICL, la E-His6 no interactúa con el loop catalítico, sin embargo, el residuo D536 de la la E-His6 forma fuerzas de repulsión con los residuos E418 y D420 localizados en el ME. Estas fuerzas de repulsión podrían limitar la movilidad del ME y del loop catalítico, lo cual se reflejaría en el cambio de los parámetros relacionados con la eficiencia catalítica de la enzima.

CONCLUSIONES. El dominio II, el motivo extendido son esenciales para obtener una enzima funcional, mientras que el motivo adicionado en el extremo carboxílico de la PaICL modificó la eficiencia de la PaICL. El dominio II, el motivo extendido y el extremo carboxilo contribuyen en la estabilización del homotetrámero de la PaICL. Las interacciones iónicas son críticas para mantener la estructura cuaternaria de la PaICL.

REFERENCIAS.

2 Ashkenazy H, Abadi S, Martz E, Chay O, Mayrose I, Pupko T, Ben- Tal N (2016) ConSurf 2016: an improved methodology to esti- mate and visualize evolutionary conservation in macromolecules. Nucleic Acids Res 44:W344–W350
3 Bartell JA, Blazier AS, Yen P, Thøgersen JC, Jelsbak L, Goldberg JB, Papin JA (2017) Reconstruction of the metabolic network of pseudomonas aeruginosa to interrogate virulence factor synthesis. Nat Commun 8:14631
4 Behrends V, Ryall B, Zlosnik J, Speert D, Bundy J, Williams H (2013) Metabolic adaptations of Pseudomonas aeruginosa during cystic fibrosis chronic lung infections. Environ Microbiol 15:398–408
5 Behrens B, Engelen J, Tiso T, Blank LM, Hayen H (2016) Char- acterization of rhamnolipids by liquid chromatography/mass spectrometry after solid-phase extraction. Anal Bioanal Chem 408:2505–2514
6 Britton K et al (2000) The crystal structure and active site location of isocitrate lyase from the fungus Aspergillus nidulans. Structure 8:349–362
7 Chuanchuen R, Narasaki CT, Schweizer HP (2002) Benchtop and microcentrifuge preparation of Pseudomonas aeruginosa com- petent cells. Biotechniques 33:760–763
8 Crousilles A, Dolan SK, Brear P, Chirgadze DY, Welch M (2018) Gluconeogenic precursor availability regulates flux through the glyoxylate shunt in Pseudomonas aeruginosa. J Biol Chem 293:14260–14269
9 Depke T, Thöming JG, Kordes A, Häussler S, Brönstrup M (2020) Untargeted LC-MS metabolomics differentiates between virulent and avirulent clinical strains of Pseudomonas Aeruginosa. Bio- molecules 10:1041

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124146

CONVERSIÓN DE ÁCIDO LEVULÍNICO SOBRE CATALIZADORES Ti(5)-SBA-15, Al(5)-SBA-15 Y Ti(5)/Al(5)-SBA-15. SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y ACTIVIDAD CATALÍTICA

Maria Guadalupe Ruiz Merino[1], Juan Pablo Chávez León[2], Horacio González[3], Uriel Caudillo Flores[4]

1,2,3 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Mújica S/N, Edificio V1, Cd. Universitaria, Morelia, Michoacán, 58060, México.

4 Centro de Nanociencias y Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Km 107 Carretera Tijuana – Ensenada Apdo. Postal 14, Ensenada, Baja California, 5840, México

horacio.gonzalez@umich.mx

Palabras Clave: (Esterificación, ácido levulínico, levulinato de etilo, SBA-15, Ti/Al-SBA 15.).

RESUMEN. La esterificación de ácido levulínico con etanol bajo condiciones ácidas para la producción de ésteres de levulinato se ha convertido en una reacción muy importante debido al uso potencial de estos compuestos como combustibles. El objetivo de este estudio es aclarar el papel que juegan los sitios activos generados por los heteroátomos metálicos Ti y Al incorporados en la estructura de la SBA-15 en los catalizadores Ti(5)- SBA-15, Al(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15, sintetizados por medio del método hidrotérmico sol-gel de un solo paso, cuando la reacción de esterificación se realiza en condiciones moderadas. Los resultados de caracterización de los catalizadores confirmaron que la estructura mesoporosa hexagonal 2D con simetría de grupo espacial (P6mm) típica de la SBA-15 se destruye cuando se incorporan grandes cantidades de heteroátomos metálicos Ti y Al. Todos los materiales mostraron isotermas de adsorción desorción de tipo IV características de materiales mesoporosos junto con bucles de histéresis tipo H1 con áreas específicas superiores a 425 m2/gcat. Acorde a los resultados de ICP-OES se demostró que el porcentaje en peso experimental de los heteroátomos metálicos Ti y Al dentro de la red de la SBA-15 está en concordancia con los porcentajes teóricos. Las especies de Ti se incorporaron principalmente en coordinación tetraédrica, que está asociada principalmente con sitios ácidos de Lewis, mientras que la incorporación simultánea de Ti y Al mejoró la acidez total del material mesoporoso SBA 15. El estudio de reacción se realizó a T = 80 °C; treacción= 30 min; mcatalizador = 0.10 g; mácido levulínico= 7.9 g; relación molar etanol/ácido levulínico=5:1. Los resultados experimentales de actividad catalítica sugieren que la conversión de ácido levulínico está relacionada con los mayores valores de concentración de sitios ácidos (4.51 mmol H+/gcat) determinados para el catalizador Al(5)-SBA-15, ya que éste catalizador fue el que presentó la mayor conversión de ácido levulínico (33.15%).

INTRODUCCIÓN. En la actualidad la problemática del uso de combustibles fósiles y sus consecuencias directas como el calentamiento global han llevado a la necesidad de buscar nuevas alternativas a estos [1]. El uso de catalizadores ácidos en la reacción de esterificación del ácido levulínico ha tomado relevancia en los últimos años debido a su alta versatilidad en la síntesis de productos químicos orgánicos gracias a que en su molécula se encuentran los grupos funcionales de las cetonas y el ácido carboxílico convirtiendo esta alternativa en una posible vía

para reducir la dependencia del petróleo [1]. Los esteres derivados de ácido levulínico son compuestos muy importantes utilizados en la industria de los disolventes, plastificantes y aromatizantes, particularmente el levulinato de etilo se puede utilizar como biocombustible miscible en diésel hasta en un 5% en peso [1].
Uno de los catalizadores más prometedores en este ámbito ha sido la SBA-15 destacándose por su área específica grande, diámetros de poro amplios y estabilidad térmica la hacen viable para diversas reacciones químicas siempre que este cuente con la incorporación de otros metales como el Ti y el Al para aumentar el número de sitios ácidos en este [2]. Este tipo de catalizadores heterogéneos suelen ser preferidos en la industria antes que los homogéneos debido a su bajo costo, alta conversión y reusabilidad [4]. Reportes anteriores sobre la síntesis de estos materiales establecen que en la incorporación de Al y Ti generan acidez de Brønsted y Lewis respectivamente lo que aporta un mayor número de sitios ácidos en el catalizador [3]. Dichos estudios revelan que en la actividad catalítica se han obtenido en condiciones óptimas una selectividad del 100% y conversiones de hasta el 25.4% para el caso de la incorporación de estos metales aplicados a la producción de esteres derivados del ácido levulínico [5].

OBJETIVO. Explorar y profundizar sobre el comportamiento y estructuras de los materiales Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 en la conversión del ácido levulínico.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la síntesis de los materiales Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15: Se utiliza la misma base que consta de una mezcla de Pluronic P123 y NaCl disueltos en 80 mL de HCl a 40°C y agitación constante durante 2 h para la posterior incorporación de TEOS (tetraetoxiortosilano), utilizado como un precursor de Si dejando transcurrir 2 h más antes de agregar los precursores para los metales de interés. En el caso de Al(5)-SBA-15 se utilizó como precursor isopropóxido de aluminio, para el Ti(5)-SBA-15 fue isopropóxido de titanio y para el Ti(5)/Al(5)-SBA-15 se agregaron al mismo tiempo ambos precursores. Aun en agitación y a temperatura constante, 24 h después se obtuvo una sustancia blanquecina la cual fue llevada a un reactor de síntesis hidrotermal a 100°C durante 24 h para su consecuente filtración con agua destilada y trasporte a un horno donde se calcina durante 6 h mediante una rampa de calentamiento. Pasadas las 6 h el material se seca durante 12 h más para eliminar cualquier posible rastro de agua para su uso como catalizador. En la caracterización de materiales: La determinación de la estructural hexagonal P6mm de los materiales Ti/Al-SBA-15 se realizó con un difractómetro de sobremesa, Malvern Panalytical Aeris en el modo de ángulo bajo con radiación de Tubo de Cu α (1.5418 Å) en el rango de 2θ de 0.5 – 2.5°. Las isotermas de adsorción-desorción de N2 se obtuvieron por medio de fisisorción de N2 a 77 K con un equipo de adsorción de gas TriStar II 3020 versión 3.02. Él área específica se calculó utilizando el modelo de BET. El volumen y diámetro de poro se calcularon de las ramas de desorción de las isotermas con el método BJH. Los espectros de UV-Vis de reflectancia difusa con esfera de coordinación se midieron en un espectrofotómetro Uv-Vis de doble haz Cary 5000 con esfera de integración en el intervalo de 200 a 800 nm. El contenido de Ti , Al y Si en los materiales se determinó por medio de la espectroscopía de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) en un equipo Vista-MPX CCD Simultaneous ICP-OES. Antes de medirse el contenido de Ti y Al, las muestras se disolvieron y digirieron en ácidos fuertes (HNO3/HClO4/HF) en una relación en volumen de 1:1:1. La medición de la acidez total de los materiales se determinó por titulación ácido-base con una solución previamente valorada de NaOH 0.01 M .En el caso de los experimentos de catálisis: Se llevaron a cabo en un sistema de reactores en serie 5000 Parr de alta presión de acero inoxidable a 80°C. Para cada reacción se utilizaron 7.g de ácido levulínico disuelto en 20 mL de etanol (EtOH). Para el análisis de productos se analizaron en mediante un

cromatógrafo de gases Hewlett packard 4890D con detector de flama ionizante equipado con una columna capilar FFAP (30 m x 0.32 mm x 0.25 µm) con una alícuota de 1.4 µL de la mezcla resultante de la reacción.

RESULTADOS OBTENIDOS

Propiedades cristalinas, texturales y morfológicas: En la Fig. 1 se observan los patrones de difracción de rayos X de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15. El patrón de difracción de rayos X de la SBA-15 muestra tres señales en los ángulos 2θ = 0.94, 1.61 y 1.86° correspondientes a los planos cristalográficos (100), (110) y (200), respectivamente. Los cuales son característicos del arreglo hexagonal P6mm típico de la SBA-15 [6]. En el patrón de difracción en ángulo bajo (Fig.1), se observa que el arreglo hexagonal P6mm se destruye en los materiales Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 debido a que no se detectan señales. Sin embargo, en la Fig. 2 se aprecia claramente el arreglo hexagonal para los materiales Al(5)-SBA-15 y Ti(5)-SBA-15. Probablemente este fenómeno se debe a que en reportes anteriores la adición en grandes cantidades de heteroátomos metálicos genera un desplazamiento hacia ángulos inferiores en el patrón de difracción de ángulo bajo [6]. Bajo esas circunstancias se realizó la prueba de DRX en ángulo normal (Fig. 3). Los materiales de Al-SBA-15, Ti(5)/Al(5)-SBA-15 y SBA-15 se mantienen como materiales amorfos siendo el Ti(5)-SBA-15 el único que presenta una señal en 25.38°, 38.06°, 48.09°, 54.83° y 62.93° que corresponden a la fase anatasa de TiO2 [6] .

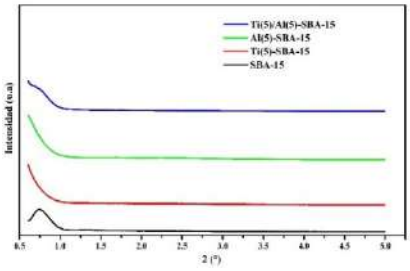


***Figura 1**. Patrones de difracción de rayos X de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 Y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 en ángulo bajo.*

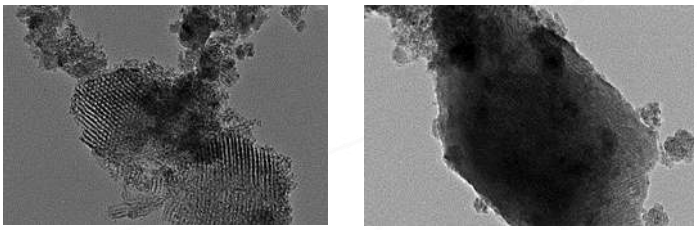


***Figura 2**. Imágenes TEM de los materiales, Al(5)-SBA-15 y Ti(5)-SBA-15.*

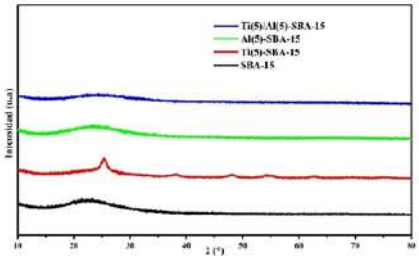


***Figura 3**. Patrones de difracción de rayos X de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 en ángulo normal.*

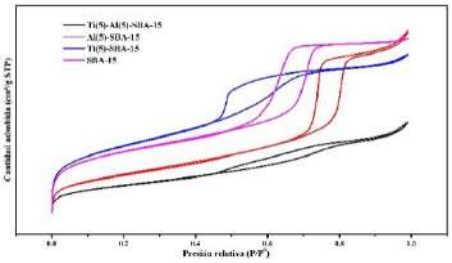


***Figura 4**. Isotermas de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15.*

En la Fig.4 se pueden observar claramente isotermas tipo IV de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 que son características de los sólidos mesoporos, pero tienen distintos bucles de histéresis, lo catalizadores SBA-15 y Al(5)-SBA-15 presentan un bucle H1 lo cual indica una estrecha gama de mesoporos uniformes. El Ti(5)-SBA-15 presenta un bucle H3 cual se demuestra que existen macroporos en la red de SBA-14 y el Ti(5)/Al(5)-SBA-15 un bucle H4 lo que corresponde a materiales segregados debido a la gran cantidad de Ti y Al incorporados a la SBA-15 [3,6,10]. En cuanto a la Fig. 5 se puede observar que el espectro UV-VIS de la SBA-15 no detecta ninguna señal puesto que no contiene ningún metal. Para los materiales Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 su deconvolucion muestra una coordinación de Ti en 230 nm indicando que este metal tiene una forma tetraédrica relacionada con la acidez de Lewis lo cual nos demuestra que el Ti se sustituyó isomorficámente en la red de la SBA-15 [7]. Una segunda banda se encuentra en 330 nm correspondiente a TiO2 en fase anatasa que no aporta ninguna acidez. Esto quiere decir que una gran cantidad de este metal se aglomera en la superficie de la SBA-15 [7- 8]. En la Tabla 1 se resumen los valores de área específica (SBET) y diámetro de poro de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/ Al(5)-SBA-15. El área específica para la SBA-15 fue de 646.62 m2/gcat y tomando en cuenta los demás resultados se puede notar una disminución en este valor para los materiales modificados con Al y Ti lo cual podría atribuirse a la adición de TiO2 y Al2O3 recubierto sobre la superficie de los catalizadores [9]. Una excepción de este fenómeno es el material Ti(5)-SBA-15 cuyo valor fue el más grande siendo este de 706.80 m2/gcat lo cual es prueba de que la incorporación del Ti genera el efecto de proteger las estructuras porosas de colapsar después de la calcinación [6].

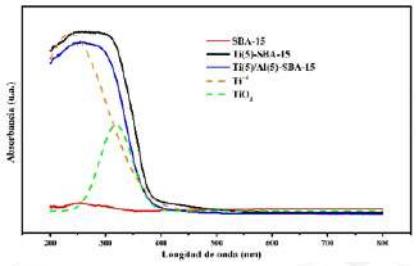


***Figura 5**. Espectro UV-VIS de los materiales SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15.*

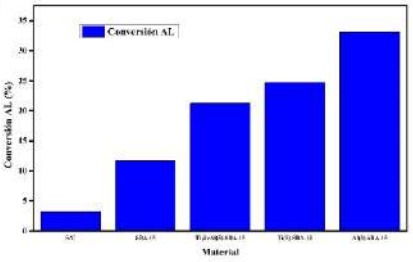


***Figura 6**. Conversión de ácido levulínico sobre los catalizadores SBA-15, Ti(5)-SBA-15, Al(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15. a T=80 °C, $t_{reacción}$ =0.5 h, m_{cat}=1.4%W_{AL} y relación molar de AL/EtOH=1:5*

Muestra	S_{BET} (m^2/g_{cat})	Diámetro de poro (Å)	Acidez total (mmol H^+/g_{cat})	Conversión de ácido levulínico (%)
Ti(5)/Al(5)-SBA-15	313.96	53.74	1.17 ± 0.10	21.3
Al(5)-SBA-15	424.98	69.3	5.36 ± 1.48	33.15
Ti(5)-SBA-15	696.85	38.99	1.19 ± 0.08	24.77
SBA-15	646.62	52.14	0.38 ± 0.06	3.23

Tabla 1. *Parámetros texturales y ácidos de los materiales SBA-15, Al(5)-SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/ Al(5)-SBA-15.*

En la Tabla 1 también se muestran los valore de acidez total (Fig. 6). Acorde a los resultados de ICP OES se demuestra que la acidez total aumenta con la incorporación de los heteroátomos de Ti y Al en la red de SBA-15. Los materiales de Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/ Al(5)-SBA-15 tienen una acidez y conversión muy parecida, esto se debe a que el titanio se ha reportado que aporta principalmente sitios ácidos de Lewis. Mientras que esta es una reacción de esterificación que se basa principalmente sobre sitios ácidos de Brönsted. Por otro lado, el material Al(5)-SBA-15 fue el catalizador más activo debido a que presento una conversión de AL del 33.15% a condiciones suaves de reacción. Esto se debe a que el Al se ha reportado que aporta acidez de tipo Brönsted y, además, fue el catalizador más ácido (5.36 mmol H+/gcat).

CONCLUSIONES. Utilizando el método hidrotérmico sol-gel de un solo paso fue factible sintetizar los catalizadores Ti-SBA-15, Al-SBA-15 y Ti/Al-SBA-15. Los resultados de DRX confirmaron que la estructura hexagonal del material SBA-15 se destruye tras la incorporación elevada de las especies de Ti y Al. El análisis de Fisisorción de N2 mostró que la carga simultánea de los heteroátomos metálicos Ti y Al a la red de silicio condujo a una disminución en el área específica (SBET>314 m2/g). Mientras que los de UV-VIS DRS confirmaron que el titanio se coordina principalmente de forma tetraédrica, el cual usualmente está asociado con sitios ácidos de Lewis. Acorde a los resultados de ICP-OES se demuestra que tras la incorporación de Ti y Al a la red de la SBA-15 la acidez total del soporte aumento. Se encontró que el catalizador Al(5)-SBA-15 presentó mayor conversión de ácido levulínico (33.15%) que los materiales SBA-15, Ti(5)-SBA-15 y Ti(5)/Al(5)-SBA-15 a condiciones suaves de reacción. Los resultados experimentales de la actividad catalítica sugieren que la conversión de ácido levulínico está relacionada con la concentración de sitios ácidos (5.36 mmol H+/gcat) determinados para el catalizador Al(5)-SBA-15, ya que este catalizador fue el que presentó la mayor conversión de ácido levulínico (33.15%).

REFERENCIAS

1. D.R. Fernandes, A.S. Rocha, E.F. Mai, Claudio J.A. Mota, V. Teixeira da Silva, Levulinic acid esterification with ethanol to ethyl levulinate production over solid acid catalysts, Applied Catalysis A: General, Vol. 425–426, 2012, 199-204, ISSN 0926-860X, DOI 10.1016/j.apcata.2012.03.020.
2. Cigdem Okutan, Huseyin Arbag, Nail Yasyerli, Sena Yasyerli, Catalytic activity of SBA-15 supported Ni catalyst in CH4 dry reforming: Effect of Al, Zr, and Ti co-impregnation and Al incorporation to SBA-15, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 45, Issue 27, 2020, 13911-13928, ISSN 0360-3199, DOI 10.1016/j.ijhydene.2020.03.052.
3. Yi Yu, Fanfan Li, Zhouxuan Zang, Li Xu, Guoji Liu, nHighly efficient selective oxidation of 2-methylnaphthalene to vitamin K3 over mesoporous Al/Ti-SBA-15 catalysts: The effect of acid sites and textural property, Molecular Catalysis, Vol. 495, 2020, 111158, ISSN 2468-8231,
DOI 10.1016/j.mcat.2020.111158.

4. Gautam, P., Barman, S., & Ali, A. (2022). A comparative study on the performance of acid catalysts in the synthesis of levulinate ester using biomass-derived levulinic acid: a review. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 16(4), 1095-1115. DOI 10.1002/bbb.2351
5. Lucas, N., Gurrala, L., & Athawale, A. (2019). Heteropolyacids supported on mesoporous AlSBA-15 as efficient catalysts for esterification of levulinic acid. Journal of Porous Materials, 26, 1335-1343. DOI 10.1007/s10934-019-00734-w
6. Chen, S. Y., Tang, C. Y., Lee, J. F., Jang, L. Y., Tatsumi, T., & Cheng, S. (2011). Effect of calcination on the structure and catalytic activities of titanium incorporated SBA-15. Journal of Materials Chemistry, 21(7), 2255-2265. DOI 10.1039/c0jm03111a.
7. S. Chirra; R. Kalakuntala; S. Siliveri; S. Goskula; S. R. Gujjula; D. N. Yadav; V. R. B. Gurram; S. Srinath; N. Venkatathri, “Synthesis of a novel bifunctional mesoporous Ti-SBA-15-SO3H catalyst and studies on their enhanced performance and kinetic modeling of lactic acid esterification reaction with n-butanol”. Materials Today: Proceedings, Vol. 45, p. 3699–3708, DOI 10.1016/j.matpr.2020.12.404
8. A. B. Lozada, A. Sango, A. Sangurima-Cedillo, A. Debut, D. Endara, E. De La Torre, E. M. Gaigneaux, L. E. Manangon-Perugachi, “Mesoporous titanosilicate-silica-coated cobalt ferrite core-shell catalysts for the oxidation of styrene,” Catalysis Today, Vol. 430, p. 114513, 2024, DOI 10.1016/j.cattod.2024.114513.
9. Bhange, P., Bhange, D. S., Pradhan, S., & Ramaswamy, V. (2011). Direct synthesis of well-ordered mesoporous Al-SBA-15 and its correlation with the catalytic activity. Applied Catalysis A: General, 400(1-2), 176-184.DOI 10.1016/j.apcata.2011.04.031.
10. Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A. V., Olivier, J. P., Rodriguez-Reinoso, F., Rouquerol, J., & Sing, K. S. (2015). Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124148

VARIACIÓN DIMENSIONAL Y CONTENIDO DE HUMEDAD, EN MATERIALES MULTIPROPOSITO A BASE DE MADERA: TRIPLAY Y MDF

David Eduardo Dávila Molina[1], Ivonne Edith Murillo Sanchéz[1], Alberto Alejandro Espino Espinoza[1]

1 Escuela Taller de carpintería Carpentarius, carpentariusescuelavirtual@gmail.com

Palabras Clave: variación dimensional, humedad relativa, análisis de maderas.

RESUMEN. En la actualidad el uso de materiales multipropósito, a base de madera, se ha vuelto una tendencia, tanto por sus propiedades físico-mecánicas, como su versatilidad en su uso y sus precios accesibles. cada material tiene sus propias características y aplicaciones. El triplay Es un material laminado compuesto por capas de madera, usualmente de abedul o pino, unidas con adhesivos. La estructura en capas proporciona resistencia y estabilidad, haciendo de este un material ligero, resistente a la humedad y fácil de trabajar, siendo ideal para muebles y construcción que requieren resistencia y estabilidad. El MDF (Medium Density Fiberboard), Es un panel de fibra de densidad media, fabricado a partir de fibra de madera y adhesivos. La fibra se desintegra y se prensa en una matriz densa, lo que proporciona una superficie lisa y uniforme, de esta manera el MDF es un material denso, resistente a la humedad y tiene una buena estabilidad dimensional, lo que lo convierte en una opción adecuada para superficies planas y lisas. En este estudio se pretendió realizar una comparación de la variación dimensional y el contenido de humedad de los dos materiales, con muestras de triplay provenientes de México y Canadá y las muestras de MDF de procedencia mexicana y chilena. El análisis de variación se llevó a cabo en un lapso total de 96 horas, durante las cuales se realizaron monitoreos de peso y dimensiones en un ambiente controlado, con el propósito de obtener información necesaria, que permitiera determinar cuál de estos materiales, es la mejor opción para su uso en revestimientos de paredes, techos, pisos y de acuerdo a su precio, teniendo en cuenta un posible cambio en las condiciones ambientales para la que se destina, principalmente la humedad relativa.

INTRODUCCIÓN. La madera es un material natural que reacciona a los cambios en la humedad ambiental. Cuando la humedad aumenta, la madera tiende a hincharse, y cuando disminuye, se contrae. Estos cambios dimensionales pueden afectar su forma, resistencia y estabilidad. La anisotropía de la madera es crucial aquí. A diferencia de otros materiales como metales o concreto, la madera tiene propiedades diferentes en sus tres direcciones principales: longitudinal, radial y tangencial. Esto influye en cómo responde a las variaciones de humedad. La humedad en la madera es fundamental. Si la madera tiene demasiada humedad o muy poca, puede causar problemas. El contenido de humedad se expresa como un porcentaje del peso de la madera en relación con su peso seco. La madera en equilibrio con la humedad ambiental tiene un contenido de humedad de equilibrio higroscópico. Para minimizar deformaciones y defectos, es crucial que la madera tenga un contenido de humedad adecuado al momento de su uso. Esto garantiza que esté en equilibrio con las condiciones ambientales en las que se empleará. En cuanto a los materiales que fueron analizados en este estudio, Triplay y MDF (Fibra de Densidad Media); El triplay (o contrachapado) está compuesto por capas de madera pegadas entre sí. Su estructura

laminada ayuda a reducir las variaciones dimensionales en comparación con la madera maciza. El MDF es un material derivado de la madera, hecho de fibras de madera y resina. Es más homogéneo que el triplay y menos propenso a las variaciones dimensionales debido a su proceso de fabricación. Sin embargo, ambos materiales aún requieren atención al contenido de humedad para mantener su estabilidad y evitar deformaciones. En resumen, entender la relación entre humedad y dimensiones es esencial para trabajar con madera de manera efectiva. En este estudio se realizó una comparación de la variación dimensional y el contenido de humedad de los dos materiales, con muestras de triplay provenientes de México y Canadá y las muestras de MDF de procedencia mexicana y chilena. El análisis de variación se llevó a cabo en un lapso total de 96 horas, con el propósito de obtener información necesaria, que permitiera determinar cuál de estos materiales, es la mejor opción para su uso en revestimientos de paredes, techos, pisos y de acuerdo con su precio, teniendo en cuenta un posible cambio en las condiciones ambientales para la que se destina, principalmente la humedad relativa.

ANTECEDENTES. Triplay (Contrachapado): El triplay es un material versátil que se ha utilizado ampliamente en la construcción y la carpintería en México. Algunos antecedentes relevantes incluyen:
Aplicaciones en la Construcción; El triplay se utiliza para encofrados (cimbra) en la construcción de losas de concreto (cita 1). Su resistencia y durabilidad lo hacen ideal para soportar la presión del concreto fresco. Muebles y Diseño Interior; En la fabricación de muebles, especialmente en gabinetes, estanterías y mesas, el triplay es una opción popular debido a su resistencia y facilidad de manejo (cita 2). Revestimiento de Paredes y Techos; El triplay se utiliza para dar un aspecto cálido y rústico a las superficies interiores (cita 3).
MDF (Fibra de Densidad Media): El MDF también ha ganado popularidad en México debido a sus características específicas tales como: Muebles y Detalles de Carpintería; El MDF es excelente para proyectos que requieren una superficie lisa y uniforme. Se utiliza en la fabricación de puertas interiores, marcos de cuadros, molduras y otros elementos decorativos. Industria del Diseño y la Arquitectura; En proyectos de diseño interior, el MDF se emplea para crear paneles decorativos, revestimientos de paredes y detalles personalizados. Sector Comercial y Exhibición; El MDF se utiliza en la fabricación de exhibidores, estanterías y mostradores en tiendas y espacios comerciales.

OBJETIVO. Comparación de la variación dimensional y el contenido de humedad de dos materiales, con muestras de triplay provenientes de México y Canadá y las muestras de MDF de procedencia mexicana y chilena.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Calcular y evaluar los parámetros de densidad y volumen de madera de las muestras objeto de estudio y su variación durante 96 horas. Evaluar y analizar los cambios de humedad relativa, de las diferentes muestras, durante un periodo de 96 horas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Volumen y densidad: Se realizó el calculo del volumen y la densidad de la madera para cada una de las piezas, obteniendo de esta forma un volumen y densidad iniciales, en estado seco y en condiciones óptimas, para posteriormente realizar el seguimiento de su variación, al ser afectados por agentes como la inmersión en agua durante periodos de tiempo prolongados. Humedad relativa: Se evaluó la humedad relativa inicial, para cada una de las muestras a analizar, teniendo en cuenta que estaban secas y con valores iniciales entre 7 y 9.5%. A partir de aquí, las muestras fueron sometidas a inmersión en agua y monitoreadas en

intervalos de tiempo como: cada 24hrs hasta completar 96 hrs. En cada lapso de tiempo comentado anteriormente, se tomaban medidas de largo, ancho y espesor, así como la humedad relativa en cada intervalo, para poder llevar un registro de la variación que presentaban las muestras a nivel dimensional o hinchamiento y su contenido de humedad relativa.

RESULTADOS.

En la Fig. 1 se muestran los cambios dimensionales desde las 0 hrs hasta las 96 horas.

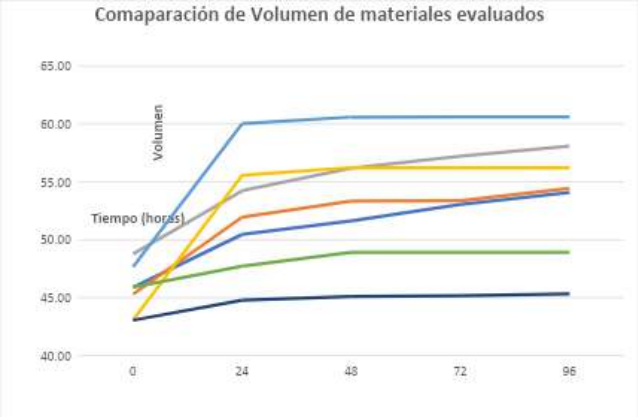


Figura 1. *Comparación de los materiales evaluados y sus cambios dimensionales.*

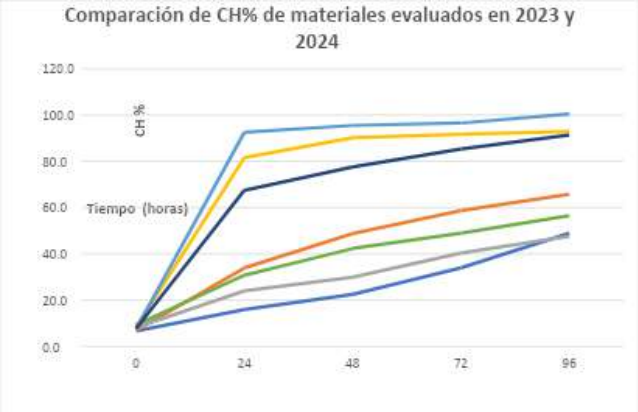


Figura 2. Comparación de la humedad relativa de los materiales evaluados.

CONCLUSIONES. El material que menor variación presentó a nivel dimensional y de humedad relativa, fue el triplay o plywood, siendo este el mejor material recomendado para revestimientos de estructuras.

REFERENCIAS.

1 Romans Ramiò, J. (1997). La humedad de la madera y sus variaciones dimensionales.
2 Valencia, L. E. C., Barriga, C. H., & Jaime, C. L. R. (2010). Determinación de la calidad de la madera de construcción. Acta Universitaria, 20(2), 5-13.
3 Méndez, E. M. (2003). Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos. Boletín de información técnica [de] AITIM, (226), 44.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales

Octubre, 2024
ID: CC0124149

DESARROLLO DE UN PROCESO DE FUNDICIÓN DE ALUMINIO PARA APLICACIONES AUTOMOTRICES: MEJORA DEL DESEMPEÑO Y RENDIMIENTO DEL PROCESO

Camila Sinaí Morales Mendez[1], Adriana Plata Contreras[1], Bertha Casas Herrera[1], Emmanuel Reyes-Gordillo[1]

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; I20121431@morelia.tecnm.mx

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; I21120599@morelia.tecnm.mx

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; bycasas.iim@gmail.com

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; reyesg_le@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Fundición de aluminio, Aleación AC2B, Industria Automotríz, Refinamiento de grano, Escorificante, Contracción por Solidificación.

RESUMEN. En este trabajo es desarrollada una metodología sistematizada para la evaluación del efecto de la adición de escorificante con inoculante base TiB2 sobre un proceso de fundición de aleación de aluminio AC2B para uso automotriz. También, las muestras fueron analizadas metalográficamente y sometidas a tratamiento térmico T7 para su evaluación mecánica al final del proceso en dónde se espera una reducción en el tamaño dendrítico promedio con respecto a las muestras sin adición de escorificante y un incremento en la dureza con o sin la aplicación del tratamiento térmico. Todas las muestras fueron ensayadas por el método de tatur para analizar la reducción de la contracción en función del porcentaje de escorificante añadido. De esta manera se establece una ruta de procesamiento integral para la garantía de fundición de aluminio con una reducción significativa de defectos volumétricos efecto de la contracción por solidificación

INTRODUCCIÓN. La fundición de aluminio se ha convertido en una tecnología fundamental en la industria automotriz debido a su capacidad para producir componentes ligeros y de alta resistencia que contribuyen a la eficiencia del combustible y al rendimiento general del vehículo. Sin embargo, los productos de fundición de aluminio raras veces son preparados desde la fusión para garantizas las propiedades mecánicas. Esta dificultad reside en la variabilidad en el tamaño del grano que conduce a inconsistencias en las propiedades mecánicas dureza y resistencia a la tensión dificultando el éxito de posteriores etapas de procesamiento de las aleaciones de aluminio.

ANTECEDENTES. Djurdjević, M. B., Odanović, Z., Pavlović-Krstić, J., & Linz, N. (2010). Control de calidad de la fundición en plantas de fundición de aluminio. [2]. Fermín Medina Ortíz (2018). Estudio la optimización del proceso de fundición de aluminio 356 en molde permanente vaciado por gravedad [3]. Mose, Bruno Robert (2012). Estudiaron el Efecto de elementos menores sobre la moldeabilidad, la microestructura y las propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio reciclado. [4].

OBJETIVO. Determinar cantidades de adición de escorificante más efectivas en relación con el peso total de la carga metálica.

Definir parámetros al utilizar escorificante para la reducción del tamaño dendrítico. Establecer las condiciones necesarias del uso del escorificante para la reducción de la contracción y los defectos de solidificación. Definir parámetros al utilizar escorificante para el incremento de la dureza

MATERIALES Y MÉTODOS. Selección de la aleación de Al (Fig.1) se buscó una aleación de aluminio típicamente usada en la industria automotriz.

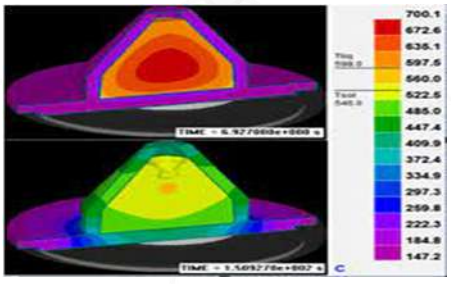
Elemento	% AC2B
Si	5-7 %
Fe	≤0.8%
Zn	≤1%
Mg	≤0.5%
Mn	≤0.5%
Cu	2-4 %
Ti	≤0.2%
Ni	≤0.35%
Pb	≤0.2%
Cr	≤0.2%
Al	80%

Figura 1 composición AC2B

S	(%)	(g)
1	0	0
2	0.05	0.15
3	0.1	0.3
4	0.15	0.45
5	0.2	0.6
6	0.25	0.75
11	0.5	1.5

Figura 2 *% de escorificante*

1. Fundición y adición de escorificante tipo refinador de grano universal con base de Titanio y Boro en presentación granulada. Sin contenido de Calcio y Sodio (Fig 2)El material fundió aproximadamente a 620°C posteriormente fue agredo el escorificante, se mezcló vigorosamente, se retiró la escoria finalmente se vacío en moldes, En este proceso se utilizaron termopares para posteriormente sacar los datos para las curvas de solidificación
2. Preparación y análisis metalográfico, Se obtuvieron un total de 7 muestras con diferentes porcentajes de escorificante, las cuales fueron preparadas metalograficamente con papel abrasivo de carburo de silicio, posteriormente fueron atacadas con Keller durante 30 segundos para finalmente tomar fotos con ayuda del microscopio óptico de barrido a 20x.
3. Ensayos de solidificación y contracción, Se realizó la prueba Tatur la cual consistió en fundir el aluminio con él % de escorificante ya indicado, para posterior mente vaciar en el molde tipo cono, dejando solidificar a temperatura ambiente (Fig.3)
4. Tratamiento térmico T7, se realizó un temple calentando a 520°C con un tiempo de permanencia de 1 hora y enfriando en agua, para posteriormente volver a calentar a una temperatura de 250°C con un tiempo de permanencia de una hora, finalmente se enfriaron a temperatura ambiente. (Fig 4)
5. Medición de la dureza, el tipo de dureza medido fue dureza Rockwell B, se realizaron un total de 10 identaciones por pieza y se sacó un promedio.
6. Análisis de resultados



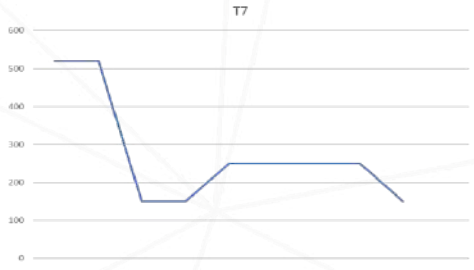


Figura 3. *Prueba Tatur*

Figura 4. *tratamiento térmico T7*

RESULTADOS. Dureza incrementada en todas las pruebas (Fig. 5) por la esferoidización del Si y otros intermetálicos después del tratamiento T7.D (Fig. 6,7).

Muestra	% Esc	HRB s/T7	HRB c/T7	% Mejora
S1	0	29.50	31.83	7.91
S2	0.05	39.50	39.67	0.42
S5	0.2	39.50	45.50	15.19
S6	0.25	40.33	47.17	16.94
S11	0.5	36.17	38.00	5.07

Figura 5. *Tabla de relación de durezas*

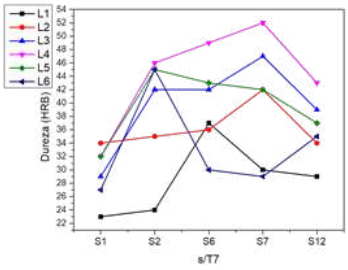


Figura 6. *Dureza sin T7*

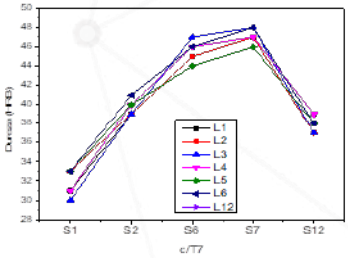


Figura 7. *Dureza con T7,*

La solidificación es afectada en función de la adición de inoculantes,(Fig8) Es Menor el gradiente energético para iniciar la solidificación.

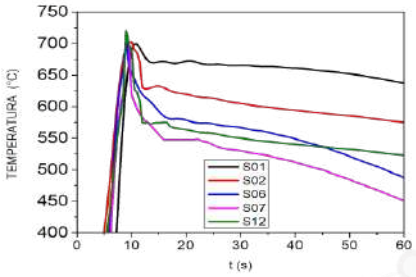


Figura 8.*Grafica de solidificación*

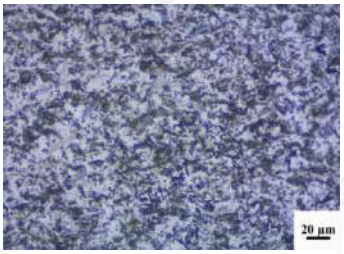


Figura 9.*Micrografia a 20 µm*

Disminución en el tamaño de los precipitados (Fig. 9), Resultados de Contracción prueba Tatur (Fig.10, 11)



Figura 10. *Menor contracción*

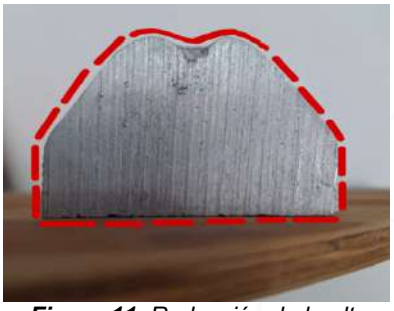


Figura 11. *Reducción de la altura*

CONCLUSIONES. La adición del escorificante redujo el tamaño dendrítico en un 50%, además, la dureza se vio incrementada en función de su adición demostrando la relación directa de esta propiedad con el tamaño de grano, aún sin aplicar un tratamiento térmico. La contracción y los defectos provocados por la misma también se ven reducidos al añadir más escorificante, mientras que la solidificación se ve acelerada propiciando la formación de una estructura equiaxial. Después del tratamiento térmico T7 la dureza también se ve mejorada gracias a la esferoidización de algunos intermetálicos como el Al2Cu y el Si. Para todos los casos el rango de adición de escorificante más efectivo fue de entre 0.2 a 0.3% en relación con el peso total de la carga metálica.

REFERENCIAS.

1 Luiggi, N. J. A., & Del Valera, M. V. M. (2017). ESTUDIO CINÉTICO DE LA PRECIPITACIÓN DE FASES EN UNA ALEACIÓN AA7075 SOMETIDA a LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS T6 y T7. La Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 37(2).

2 Djurdjević, M. B., Odanović, Z., Pavlović-Krstić, J., & Linz, N. (2010). Melt quality control at aluminum casting plants. Metalurgija, 16(1), 63-76. https://www.dykast.com/user/products/4329-pdfs-2-file.pdf

3 Ortiz, F. M. (2018). Optimización del proceso de fundición de aluminio 356 en molde permanente vaciado por gravedad. http://eprints.uanl.mx/17947/

4 Mose, B. R. (2012). Effect of Minor Elements on Castability, Microstructure and Mechanical Properties of Recycled Aluminium Alloys. Abstracts Of Postgraduate Thesis. http://journals.jkuat.ac.ke/index.php/pgthesis_abs/article/view/595/0

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224101

CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL Y PROPIEDADES FÍSICOQUIMICAS DE PELÍCULAS DE QUITOSANO OBTENIDAS POR EL MÉTODO DE FUNDICIÓN

Oscar Rendón Heredia, Salomón Ramiro Vásquez García

Palabras Clave: Quitosano, ácido acético, método fundición, biopolímero.

RESUMEN. La comunidad científica enfatiza la importancia de desarrollar materiales renovables que sean biocompatibles, biodegradables y multifuncionales. En este contexto, el quitosano, se destaca como una opción prometedora. Así, en este estudio se examina cómo las propiedades de las películas de quitosano se modifican por variaciones en la concentración de soluciones acuosas de ácido acético. Para la elaboración de las películas, se empleó el método de fundición y posteriormente, se caracterizaron utilizando diversas técnicas analíticas, como espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), análisis termogravimétrico (TGA), medición del contenido de humedad, capacidad de hinchamiento y solubilidad. Los resultados mostraron que, al aumentar la concentración del ácido acético, se intensificó la protonación del quitosano, lo que resultó en una mayor solubilización y a la formación de películas más flexibles. Los espectros de FTIR indicaron la presencia de interacciones de enlaces iónicos y de hidrógeno entre el quitosano y los iones ácidos. Además, el análisis estructural mostró que el quitosano en las películas de ácido acético tenía una estructura parcialmente cristalina Por otro lado, el análisis TGA indicó una transición de fusión característica acorde al método de preparación utilizado.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, los biopolímeros se han utilizado para fabricar películas naturales como alternativa a los plásticos derivados del petróleo, en respuesta a los problemas ambientales y de salud asociados [1]. Las películas biodegradables a partir de fuentes renovables han demostrado ser una opción viable frente a las sintéticas. En particular, el quitosano ha sido ampliamente estudiado como recubrimiento debido a su excelente capacidad para formar películas. El quitosano es un aminopolisacárido natural obtenido por desacetilación de la quitina, que se encuentra en crustáceos, insectos y hongos. Su estructura se compone principalmente de unidades de N-acetil-D-glucosamina (acetilada) y β-D-glucosamina (desacetilada) [1,2], tal como se muestra en la Fig.1.

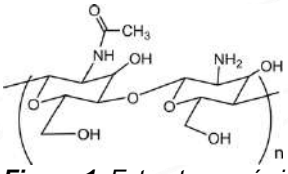


***Figura 1**. Estructura química del quitosano.*

El quitosano no es soluble en agua ni en disolventes orgánicos, pero puede disolverse en soluciones acuosas de ácidos orgánicos o minerales bajo ciertas condiciones. La Fig. 2 muestra como la solubilidad se debe a la presencia de grupos amino (-NH_2) en su estructura, que se protonan en ambientes ácidos, formando cargas positivas (-NH_3^+) [3]. La solubilidad del quitosano

aumenta con el número de grupos cargados. Entre los factores que afectan la solubilidad se incluyen la concentración de la solución ácida, el grado de desacetilación, la concentración de iones, el pH y los enlaces de hidrógeno entre grupos hidroxilo. Se deben considerar estos factores es fundamental al desarrollar películas de quitosano, ya que el tipo de solvente y la concentración de los ácidos utilizados influyen en sus propiedades, como la permeabilidad al vapor de agua y gases, así como en sus características mecánicas [4].



***Figura 2**. Protonación del quitosano.*

El solvente ácido interactúa con el quitosano a través de interacciones electrostáticas, enlaces de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas, lo que puede modificar la estructura y las propiedades de las películas de quitosano [2,3]. El tamaño de los ácidos y su actuar como contraiones influye en las interacciones iónicas entre los grupos amino y carboxílicos del quitosano. Además, los enlaces de hidrógeno son fundamentales en las interacciones con poliácidos. Entender estas interacciones es crucial para comprender cómo afectan la estructura y las propiedades de las películas de quitosano [5]. A pesar de la extensa investigación sobre el efecto de diferentes ácidos, aún no se comprende completamente cómo estas interacciones alteran las propiedades de las películas. Este estudio se enfoca en analizar las interacciones específicas entre el quitosano y el ácido acético y en explorar cómo estas afectan la estructura y las propiedades de las películas.

ANTECEDENTES. Desde 2021, la investigación sobre películas de quitosano en combinación con ácido acético han abarcado diversas áreas. Los estudios fundamentales se han centrado en la preparación y caracterización de estas películas, evaluando el impacto del ácido acético en sus propiedades mecánicas y permeabilidad. Trabajos como el de Rahman et al. [5] han mostrado los efectos de las condiciones de disolución en ácido acético sobre la calidad y funcionalidad de las películas, mientras que Otoni et al. [6] han aplicado estos hallazgos al envasado de alimentos. Además, se han explorado formas de mejorar las propiedades de las películas para nuevas aplicaciones, como en el caso de Rahman et al. [7], que revisaron su biodegradabilidad, y Yusof et al. [8], que analizaron la influencia de la concentración de ácido acético en las propiedades mecánicas y de barrera en empaques alimentarios. En aplicaciones avanzadas, investigaciones recientes han examinado el uso de películas de quitosano en sistemas de liberación controlada de medicamentos y envases antimicrobianos. Rahman et al. [9] han estudiado cómo estas películas pueden ser utilizadas para la liberación controlada de fármacos, mientras que Pillai et al. [10] han investigado sus propiedades antimicrobianas en envases de alimentos. Estos estudios reflejan un creciente interés en el uso de películas de quitosano en innovaciones en biomedicina y tecnología de envases.

OBJETIVO. Sintetizar películas de quitosano mediante el método de fundición. Evaluar propiedades fisicoquímicas de las películas de quitosano. Caracterizar química y termalmente a las películas de quitosano.

MATERIALES Y MÉTODOS. En este trabajo se utilizó polvo de quitosano (Qt) (PM = 1,095x10^6 g/mol con un grado de desacetilación >75%), ácido acético (CH_3COOH, pureza ~99.9%) y etanol

absoluto, todos provenientes de Sigma-Aldrich Chemical Company. Todos los demás reactivos fueron de calidad analítica y se emplearon sin ninguna modificación adicional. Se disolvió 0.1 g de polvo de quitosano (Qt) de peso molecular medio en soluciones de ácido acético con concentraciones variables de disolvente (1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0% y 5,0% v/v). La mezcla se mantuvo a 60˚C con agitación a 600 rpm durante 24 horas. Después de enfriar a temperatura ambiente, la solución se vertió en placas de Petri y se secó 60˚C durante 24 horas. Las propiedades de las películas se evaluaron mediante la determinación del contenido de humedad, el poder de hinchamiento y la solubilidad, siguiendo la metodología adaptada de Homez et al. [4]. Se cortaron muestras de película de quitosano de 1 cm x 1 cm, las cuales se pesaron inicialmente (W_0). Posteriormente, las muestras se secaron a 100˚C durante 24 horas y se pesaron nuevamente (W_1). Las películas secas se sumergieron en 10 ml de agua destilada y se dejaron reposar, con agitación ocasional, durante 24 horas a temperatura ambiente (25˚C). Tras este período, la superficie de las películas hinchadas se secó suavemente con papel filtro y se pesaron (W_2). Finalmente, cada muestra se volvió a secar a 100˚C durante 24 horas y se registró su peso final (W_3).

El cálculo de las propiedades de las películas se realizó con las siguientes ecuaciones:

$$CH = [(W_0 - W_1) / W_0] \times 100 \quad (1)$$

$$PH = [(W_2 – W_1) /W_1)] \times 100 \quad (2)$$

$$S = [(W_1 – W_3) / W_1] \times 100 \quad (3)$$

La caracterización química de las películas de quitosano se realizó utilizando un espectrómetro FTIR-ATR PerkinElmer Spectrum 400, que operó en un rango espectral de 4000 a 800 cm^{-1} con una resolución de 4 cm^{-1} y 32 escaneos. Posteriormente, se llevaron a cabo mediciones termogravimétricas con un equipo DSC/TGA STA 449 F3 Júpiter. Las muestras, se analizaron en portamuestras de aluminio bajo una atmósfera de nitrógeno a 20 mL/min, con un barrido único a una velocidad constante de 10˚C/min desde 30˚C hasta 600˚C.

RESULTADOS.

Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR). La Fig. 3 muestra los espectros infrarrojos de películas de quitosano con distintas concentraciones de ácido acético. En la mayoría de los espectros, se observa una amplia banda entre 3361 y 3262 cm^{-1}, atribuida al estiramiento de los grupos hidroxilo -OH y aminas N-H. Se identifican dos bandas en el rango de 2924 y 2800 cm^{-1}, asociadas al estiramiento asimétrico y simétrico de enlaces C-H. Las bandas en 1646, 1552 y 1322 cm^{-1} corresponden a modos de estiramiento C-O (amida I), deformación N-H (amida II) y estiramiento C-N (amida III), respectivamente [2,5]. Las bandas en 1411, 1406 y 1376 cm^{-1} reflejan deformaciones de enlaces CH_2 y CH_3, mientras que la banda en 1253 cm^{-1} se relaciona con vibraciones de grupos C-N y N-H. Finalmente, las bandas en 1151 y 1021 cm^{-1} se asignan al estiramiento de –C-O-C [3]. En general, los espectros muestran una tendencia consistente en los números de onda, indicando la presencia de los mismos compuestos y enlaces químicos en el quitosano. A concentraciones superiores al 2%, se observan bandas en 1470 cm^{-1}, relacionadas con estiramientos de amida II, que sugieren protonación del grupo NH_2 a NH_3^+, y una banda en 897 cm^{-1} asociada a vibraciones de aminas alifáticas y sacáridos, indicando que, a mayor concentración de ácido acético, aumenta la protonación del quitosano [6,7].

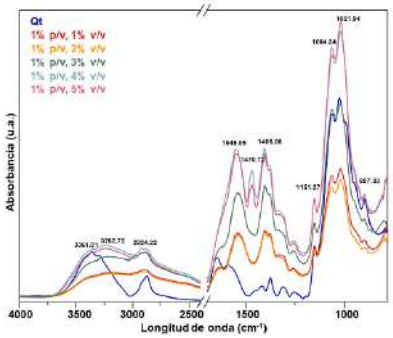


***Figura 3**. FTIR de las películas de quitosano a diferentes concentraciones de solvente.*

Contenido de humedad, poder de hinchamiento y solubilidad. La Fig. 4 muestra que el contenido de humedad en las películas de quitosano varía entre 16.45% y 16.93% y se mantiene relativamente constante a pesar de los cambios en la concentración de ácido acético, debido a la interacción duradera entre las moléculas de agua y las colas hidrofílicas del quitosano [6]. Estas interacciones forman una red de gel, lo que sugiere que la película se beneficia de una organización molecular ordenada, sin que la concentración de ácido acético afecte significativamente la retención de humedad [10]. Además, el poder de hinchamiento de las películas (Fig. 2), indica que la capacidad de absorción de agua, oscila entre 84.88% y 88.61%, relacionándose con la presencia de grupos hidrófilos en el quitosano. Finalmente, la solubilidad de las películas (Fig. 2), varió entre 74.69% y 73.71%, manteniéndose casi constante independientemente de la concentración de ácido acético, lo que refleja que el quitosano mantiene una resistencia estable al agua debido a su naturaleza hidrófila y a la cohesión en su estructura [8,9].

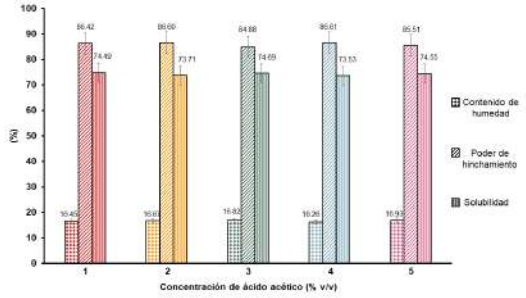


Figura 4. Propiedades fisicoquímicas de las películas de quitosano a diferentes concentraciones de solvente.

Análisis termogravimétrico (TGA). La Fig. 5 muestra los termogramas de quitosano (Qt) y de quitosano tratado a partir de una solución de ácido acético (Qt-CH_3COOH). Para ambas muestras, se observa un comportamiento similar a la degradación térmica, con una pequeña pérdida de peso inicial alrededor de los 120˚C, seguida de una pérdida de pesos significativa entre 200 ˚C y 400 ˚C. La primera pérdida de peso del quitosano se atribuye a la eliminación de la humedad absorbida por el compuesto [11]. Para la película de quitosano, la primera pérdida de peso está asociada a que el contenido de agua está relacionado con el grado de protonación del quitosano, debido a la hidrofilicidad de los grupos NH_3^+ [10,11]. La notable pérdida de peso de 200˚C a 400˚C se relacionó al proceso de descomposición de las unidades acetiladas y desacetiladas del quitosano [9]. Para la película está pérdida de peso puede estar en parte relacionada con la evaporación del ácido presente en las películas.

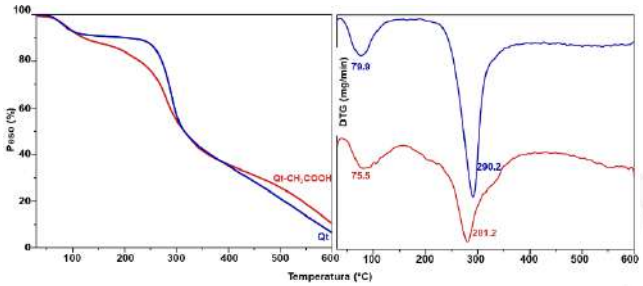


***Figura 5**. Termograma de quitosano puro (Qt) y película de quitosano (Qt-CH_3COOH).*

CONCLUSIONES. En este estudio se investigaron los efectos del quitosano disuelto en diferentes concentraciones de ácido acético sobre las propiedades fisicoquímicas de las películas obtenidas. El análisis FTIR mostró efectos notables, particularmente en concentraciones superiores al 2%. Un aumento en la concentración de ácido acético favorece un mayor grado de protonación del quitosano, lo que resulta en películas más flexibles y con una reducción en la formación de agregados. Estos resultados resaltan la importancia crucial de la concentración de ácido acético en la optimización de las propiedades deseadas de las películas de quitosano. Estos hallazgos proporcionan perspectivas valiosas para la manipulación precisa de las características de las películas de quitosano en diversas aplicaciones.

REFERENCIAS.

1. Lim, J. K. S. J. W., et al. Optimization of Chitosan Film Formation Using Acetic Acid. Journal of Applied Polymer Science, 138(10), 50332, 2021. DOI: 10.1002/app.50332
2. Singh, H. M. W. M. A. G., et al. Bioactive Chitosan Films for Controlled Drug Delivery Systems. Biomaterials Science, 8(8), 2202-2214, 2020. DOI: 10.1039/d0bm00076f
3. Akyuz, L., Kaya, M., Koc, B., Mujtaba, M., Ilk, S., Labidi, J., & Yildiz, A. “Diatomite as a novel composite ingredient for chitosan film with enhanced physicochemical properties”. International journal of biological macromolecules, Vol. 105, p. 1401-1411, 2017, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.161
4. Angie Homez-Jara, Luis Daniel Daza, Diana Marcela Aguirre, José Aldemar Muñoz, José Fernando Solanilla, Henry Alexander Váquiro, “Characterization of chitosan edible films obtained with various polymer concentrations and drying temperaturas”, International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 113, p.1233-1240, 2018, DOI: 10.1016/j.ijbioma.2018.03.057.
5. Rahman, M. M., et al. Preparation and Characterization of Chitosan Films. Journal of Applied Polymer Science, 120(2), 1021-1028, 2011. DOI: 10.1002/app.33679
6. Otoni, R. A., et al. Development and Characterization of Chitosan Films for Food Packaging Applications. Food Packaging and Shelf Life, 12, 34-45, 2017. DOI: 10.1016/j.fpsl.2017.05.007
7. Rahman, T. K. M. N. S., et al. Chitosan-Based Biodegradable Films: Fabrication, Characterization, and Applications. Carbohydrate Polymers, 184, 282-292, 2017. DOI: 10.1016/j.carbpol.2018.01.036
8. Yusof, N. N. Z. F. S., et al. Mechanical and Barrier Properties of Chitosan Films for Food Packaging Applications. Journal of Food Engineering, 249, 80-88, 2019. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2018.12.003
9. Rahman, A. T. H. M. S., et al. Effect of Plasticizers on the Properties of Chitosan Films. International Journal of Biological Macromolecules, 153, 1326-1335, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.03.089
10. C.K.S. Pillai, Willi Paul, Chandra P. Sharma, “Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation”, Progress in Polymer Science, Vol. 34, No.7, p. 641-678, 2009, DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2009.04.001.
11. de Oliveira, A. M., Franco, T. T., & Oliveira Junior, E. N. D. “Physicochemical characterization of thermally treated chitosans and chitosans obtained by alkaline deacetylation”. International Journal of Polymer Science, Vol. 10, No. 35, 2014, DOI: 10.1155/2014/853572

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224102

ANÁLISIS FLUIDODINÁMICO DEL BLOQUEO PARCIAL DE LA BUZA SUMERGIDA EN ZONAS ESPECÍFICAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL ACERO EN EL MOLDE

Marbella Durán González[1], Enif Gutiérrez[1], Saul Garcia-Hernandez[1], Eriwiht D. Tello Cabrera[1]
1 TecNM Campus Morelia; marbelladuran99@gmail.com, enifgg@morelia.tecnm.mx, saulgh@morelia.tecnm.mx,dominic.telloc@gmail.com

Palabras Clave: bloqueo de buzas, simulación matemática, fabricación de acero.

RESUMEN. El bloqueo de buzas consiste en la adherencia continua de inclusiones en su interior, lo cual reduce el paso de acero líquido hacia el molde y degrada notablemente la calidad del producto terminado. A pesar de que esta problemática ha sido ampliamente estudiada durante las últimas décadas, el problema persiste debido a su gran complejidad. Para simplificar el análisis, trabajos previos han utilizado reducciones simétricas en la geometría de la buza para emular el bloqueo, ignorando que la adherencia de inclusiones es asimétrica y no homogénea. Es por ello, que en este trabajo se plantea contrastar los resultados obtenidos por el uso de las simplificaciones simétricas, con las obtenidas en una buza industrial al final de su vida útil, la cual fue escaneada en 3D y presenta fuertes reducciones en la zona tubular, puertos y piscina. El análisis contempla la modelación matemática de cinco casos, usando las ecuaciones de Navier-Stokes y el modelo k-ε estándar. Los casos considerados toman como referencia inicial un caso sin bloqueo y el caso de la buza industrial escaneada, para proponer otros tres casos usando las simplificaciones geométricas típicas, es decir, el bloqueo de un solo puerto, ambos puertos y un caso lo más apegado a la geometría final de la buza industrial. Los resultados muestran que las reducciones realizadas en la geometría de la buza modifican la velocidad tubular hasta en un 213% y aumentan la velocidad superficial hasta en un 150%. Además, se encuentra que las reducciones simétricas no pueden reproducir en forma eficaz la fluidodinámica al interior de la buza ni en el molde, y mucho menos la estabilidad del menisco.

INTRODUCCIÓN. El bloqueo de la buza genera asimetrías en el nivel del molde, vórtices, arrastre de escoria y adelgazamientos de esta capa. Adicionalmente, causa asimetrías en la temperatura, inestabilidades en el nivel del baño y problemas en la solidificación del acero. En este trabajo de investigación se cuenta con una buza que presenta el bloqueo real después de su uso industrial, la cual fue escaneada en 3D y presenta fuertes reducciones geométricas en la zona tubular inferior, puertos y piscina. El objetivo principal de esta investigación es establecer los cambios fluidodinámicos inducidos por los bloqueos severos localizados e independientes, uno en la parte inferior tubular interna de la buza y el otro en la zona de los puertos y piscina, y contrastarlos con los resultados obtenidos por la buza escaneada.

ANTECEDENTES. La mayoría de los trabajos sobre bloqueo de buzas se enfocan en estudiar las reacciones que ocurren entre el acero y la pared de la buza [3], la solidificación de acero en la buza [4], la adherencia de inclusiones no metálicas [5], posibles soluciones para reducir el bloqueo como el uso de gas argón [6], tratamientos con calcio [7], modificaciones en la geometría [8] y el uso de agitación electromagnética [9]. A pesar de todo el trabajo realizado, existen muy

pocos trabajos sobre la fluidodinámica de buzas ya bloqueadas representando este punto el área de oportunidad analizado en este estudio.

OBJETIVO. Estudiar los cambios en los patrones de flujo en el molde a consecuencia del bloqueo parcial en la buza; dichos bloqueos parciales se consideran en la zona tubular de la buza y en la zona de los puertos y piscina. Los resultados obtenidos se comparan utilizando como parámetros las asimetrías en las recirculaciones superiores, fluctuaciones en la superficie libre y en la velocidad superficial, así como el adelgazamiento de la capa de escoria.

MATERIALES Y MÉTODOS. La simulación matemática se basa en la solución de las ecuaciones de Navier Stokes, el modelo de turbulencia k-e estándar y el modelo VOF para simular las fases de acero, aire y escoria. La simulación se realizó en condiciones isotérmicas y en estado transitorio. Se asume que todos los fluidos se comportan como Newtonianos e incompresibles. Se utilizan el sistema de coordenadas cartesianas en 3D, con la fuerza de gravedad actuando verticalmente. Las condiciones de frontera son: en la entrada y salida del sistema se considera una entrada de velocidad y en la zona del aire se aplica una condición de presión de entrada. La fase de aire es de 100 mm y la de escoria es de 35 mm. El criterio de convergencia empleado requiere que los residuales sean menores a 10^{-4}. Todas las imágenes fueron obtenidas cuando se alcanzó el estado cuasi estacionario. Los casos propuestos son: C1: Buza sin bloqueo, C2: buza con reducción en el puerto derecho de 48.03%, C3: buza con reducción en el puerto derecho de 48.03% y en el izquierdo de 33.5%, C4: buza con mismas reducciones en los puertos que el caso 3 adicionando una reducción en la zona tubular y C5: buza escaneada. Las geometrías de los casos C1 a C4 intentan asemejar la geometría del C5, sin embargo, la reproducción fiel de esta geometría es imposible debido a las fuerte irregularidades y asimetrías que presenta. La Fig. 1 muestra la geometría y malla para los 5 casos propuestos haciendo un énfasis en el C5 donde se presenta la buza escaneada en diferentes vistas para apreciar su falta de homogeneidad geométrica. Por esta razón, se hace nota que existen diferencias de hasta un 19% en algunas zonas en las áreas transversales del C4 respecto al C5. En promedio las mallas empleadas tienen 1,600,000 elementos, las cuales fueron 90% estructuradas y 10% tetraédricas en la zona de la buza.

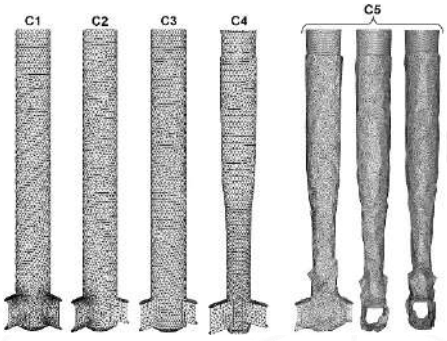


Figura 1. *Malla de la buza para todos los casos propuestos.*

RESULTADOS. Para iniciar con el análisis la Fig. 2 a) muestra los contornos de velocidad en un plano simétrico central para todos los casos propuestos. De la figura se observa el esperado aumento de velocidad causado por la apertura de la válvula deslizante. Para los 3 primeros casos se aprecia una fluidodinámica similar en la zona tubular, solamente se observan diferencias en la zona de los puertos, donde se confirma que el incremento del bloqueo de los puertos se refleja en un aumento de velocidad. Por esta razón el C4 y el C5 son los que presentan los mayores

incrementos de velocidad, los cuales son notorios desde la zona tubular hasta la zona de puertos y piscina. Estos dos casos son los que muestran las asimetrías más abruptas entre ambos puertos de la buza. Al calcular la magnitud de estas velocidades, a lo largo de una línea en el centro de la buza, ver Fig. 2 b), se puede cuantificar que en la zona de los puertos, ubicada aproximadamente en la longitud de la buza de 0.8-0.9 m, la diferencia entre no tener bloqueo y bloquear el puerto derecho impacta en un 14.39%, y al bloquear ambos puertos, se obtiene un aumento de 47.03%%, respecto al caso anterior. Por otra parte, al analizar el C4 y C5, se obtienen velocidades de 3.62 m/s y 4.92 m/s lo que representa un aumento del 129.2% y 213% respecto al C1.

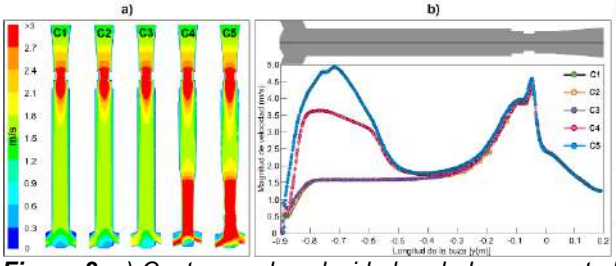


Figura 2. *a) Contornos de velocidad en la buza para todos los casos propuestos, b) Magnitud de la velocidad en la buza calculada en la línea central.*

Tratando de establecer la influencia que tendrán los cambios de velocidad en la parte inferior de la buza y por lo tanto en la trayectoria de los chorros la Fig. 3 a) muestra los vectores de velocidad en un tamaño fijo en un plano central lateral, en un acercamiento a la zona inferior de la buza.

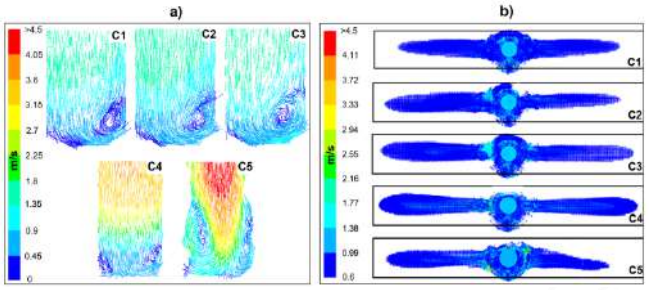


Figura 3. *a) Vectores de velocidad en un plano central lateral en la zona inferior de la buza, b) vectores de velocidad en una vista superior de los chorros de todos los casos.*

De la Fig. 3 a), se aprecia que para los 3 primeros casos existe una recirculación del lado derecho de la buza, en tanto que para el C4 y C5 existen 2 recirculaciones, una del lado izquierdo y una del lado derecho las cuales no son simétricas. Esto se debe a que el flujo no presenta una tendencia preferencial de un lado de la buza, indicando que el efecto de la válvula deslizante es más significativo en los tres primeros casos, pero este efecto disminuye en los últimos dos debido al fuerte aumento de velocidad en la zona tubular. Es por ello que se esperan afectaciones directas en el comportamiento de los chorros, y para poder entenderlos, la Fig. 3 b) muestra los chorros en una vista superior del molde para cada uno de los casos. Para el C2 al C5 es notorio que el chorro de lado derecho es más delgado que el chorro del lado izquierdo implicando que la reducción de área que ocurre en los puertos, impacta directamente en chorros asimétricos. En particular para el C5, que es donde se presenta el mayor bloqueo y las recirculaciones más intensas, el chorro derecho presenta una tendencia preferencial de movimiento hacia la pared frontal del molde lo cual inducirá aún mayores asimetrías.

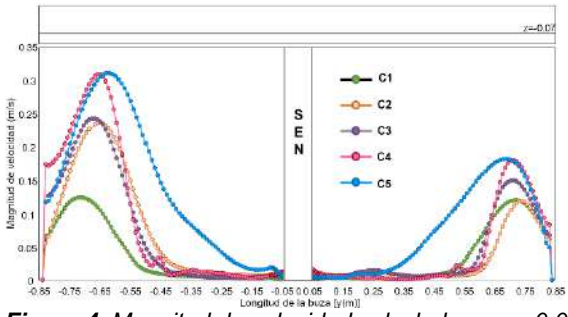


Figura 4. *Magnitud de velocidad calculada en z=-0.07 a la altura del menisco.*

Para poder cuantificar las asimetrías que ocurren en el molde, se utilizó como parámetro la velocidad a la altura del menisco calculada en la posición z=-0.07, ver Fig. 4. Esta posición fue elegida debido a la tendencia de movimiento del chorro derecho del C5. De la figura se aprecia que cuando la buza no presenta bloqueo se obtiene una buena asimetría entre la velocidad del lado izquierdo y del lado derecho del molde, sin embargo, cuando la buza presenta bloqueo, ya sea en los puertos y piscina o en la zona tubular, la simetría se rompe completamente, observándose siempre una mayor velocidad del lado izquierdo, esto se debe a que este es el lado del puerto menos bloqueado. De la misma figura se aprecia que el C5 presenta una mayor amplitud en la curva de velocidad. Implicando que para el caso con un bloqueo real, la velocidad superficial es mayor a lo largo de toda la altura del menisco, lo cual consecuentemente inducirá mayores fluctuaciones y adelgazamientos de la capa de escoria, repercutiendo severamente en la calidad del acero producido.

CONCLUSIONES. Derivado del trabajo realizado se pueden obtener las siguientes conclusiones: El bloqueo no homogéneo de las buzas produce fuertes irregularidades geométricas, las cuales no pueden ser reproducidas con exactitud utilizando reducciones simétricas de la buza. Al bloquear la sección inferior tubular de la buza, la velocidad del flujo aumenta hasta un 213% en su interior respecto al caso sin bloqueo. El aumento de velocidad en la buza produce recirculaciones intensas en los puertos y en la zona de la piscina induciendo que el chorro del lado derecho se mueva preferencialmente hacia la pared frontal del molde incrementando las asimetrías del molde. El bloqueo real de la buza obtenido en el C5 indica un aumento en la velocidad a la altura del menisco de hasta 150% con respecto al C1. A pesar de que todas las reducciones geométricas aplicadas a la buza modificaron la fluidodinámica en el molde, las mayores afectaciones son las producidas por el bloqueo de los puertos.

REFERENCIAS.

1 Barati H., Wu M., Michelic S., Ilie S., Kharicha A., Ludwig A., Kang Y. (2021). Mathematical Modeling of the Early Stage of Clogging of the SEN During Continuous Casting of Ti-ULC Steel. Metallurgical And Materials Transactions B, 52(6), 4167-4178. https://doi.org/10.1007/s11663-021-02336-x

2 Barati H., Wu M., Kharicha A., Ludiwg A. (2023). Transient simulation of melt flow, clogging, and clog fragmentation inside SEN during steel continuous casting. IOP Conference Series Materials Science And Engineering, 1281(1), 012025. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1281/1/012025

3 Barati H., Wu M., Holzmann T., Kharicha A., Ludwig A. (2018). Simulation of Non-metallic Inclusion Deposition and Clogging of Nozzle. The minerals, metals & materials series (pp. 149-158). https://doi.org/10.1007/978-3-319-72059-3_15

4 Bai H., Thomas B. G. (2001). Effects of clogging, argon injection, and continuous casting conditions on flow and air aspiration in submerged entry nozzles. Metallurgical And Materials Transactions B, 32(4), 707-722. https://doi.org/10.1007/s11663-001-0125-4

5 Li W., Wang Y., Wang W., Ren Y., Zhang L. (2020). Dependence of the Clogging Possibility of the Submerged Entry Nozzle during Steel Continuous Casting Process on the Liquid Fraction of Non-Metallic Inclusions in the Molten Al-Killed Ca-Treated Steel. Metals, 10(9), 1205. https://doi.org/10.3390/met10091205

6 Cho S-M, Kim S-H, Chaudhary R, Thomas B G, Shin H-J, Choi W-R, Kim S-K (2011). Effect of nozzle clogging on surface flow and vortex formation in the continuous casting mold". Paper presented at AISTech, Indianapolis, Indiana May 2-5 2011

7 Li B., Lu H., Shen Z., Sun X., Zhong Y., Ren Z., Lei Z. (2019). Physical Modeling of Asymmetrical Flow in Slab Continuous Casting Mold due to Submerged Entry Nozzle Clogging with the Effect of Electromagnetic Stirring. ISIJ International, 59(12), 2264-2271. https://doi.org/10.2355/isijinternational.isijint-2018-866

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224103

ALTERACIONES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y LARVARIO POR EFECTO SUBLETAL DEL NITRATO DE SODIO DEL AJOLOTE DE PÁTZCUARO (*Ambystoma dumerilii*)

Elizabeth Rivera Calderón[1], Antonio Pola Villaseñor[2], Hugo I. Sereno Villaseñor[3], Amador Castro Colín[4], Víctor A. Hernández Hernández[5]

1 Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, Campus Morelia; eriverac@enesmorelia.unam.mx

2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; apola@enesmorelia.unam.mx

3Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, Campus Morelia; hugoivansereno@gmail.com

4 Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, Campus Morelia; accingeniero@gmail.com

5Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; victor.hh@vmorelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Resistencia máxima, simulaciones numéricas, ignimbritas, PFC2D.

RESUMEN. La resistencia máxima de las rocas es factor clave en la geotecnia y es utilizada en la construcción de edificaciones, en la investigación de yacimientos geotérmicos, petroleros o en el estudio de deslizamientos. Por ello, es importante evaluar el comportamiento mecánico de las rocas sometidas a diferentes cargas y, determinar si existe una dependencia entre sus propiedades físicas y su resistencia máxima. En este trabajo se realizó la caracterización física, hídrica y mecánica de 30 especímenes de rocas pertenecientes a 3 litofacies de ignimbritas de la Caldera “La Escalera”, situada al sur de la ciudad de Morelia, Michoacán. Se realizaron ensayos de compresión uniaxial en la prensa de Carga de rigidez virtual infinita GDS Instruments de 250 kN. Se determinó la resistencia máxima y la relación del esfuerzo-deformación. A partir de los resultados, se construyó una base de datos, con el objetivo de verificar los modelos numéricos en el software PFC2D (Particle Flow Code), mediante el Método de Elementos Discretos. Y se encontró una relación directa de las propiedades físicas (e.g. porosidad, densidad, el tamaño de las partículas, la textura de la roca y la disposición de su red de fracturas) con las propiedades mecánicas (e.g. módulo de Young, radio de Poisson, ángulo de fricción interna y cohesión) y su resistencia máxima a la compresión uniaxial.

INTRODUCCIÓN. Comprender el comportamiento mecánico de las rocas en diferentes condiciones es esencial para aplicaciones como la exploración de yacimientos geotérmicos y el diseño geotécnico, donde la eficiencia de la extracción de energía y la seguridad de las estructuras dependen en gran medida de las propiedades físicas y mecánicas de la roca (Li et al., 2020; Verma et al., 2024; Zaid et al., 2020; Zhu et al., 2021). Sin embargo, analizar las características de las rocas no es tarea fácil, ya que éstas suelen ser anisótropas y heterogéneas, y sus propiedades físicas y mecánicas se ven influidas por factores como la litología (Heap y Faulkner, 2008; Zhu et al., 2021). Por lo que es importante desarrollar metodologías que faciliten su estudio, como las simulaciones numéricas. En este trabajo se realizó el modelado numérico de pruebas uniaxiales de 30 especimenes de roca pertenecientes a 3 litofacies de ignimbritas de la caldera La Escalera.

ANTECEDENTES. Las ignimbritas se clasifican como rocas anisótropas y granulares debido a su composición, que incluye una mezcla de fragmentos volcánicos como pómez, ceniza y líticos, todos depositados durante erupciones volcánicas explosivas (Akin et al., 2023; Quane y Russell, 2005). Estas rocas son inherentemente heterogéneas, lo que significa que sus propiedades físicas y mecánicas pueden variar significativamente entre diferentes muestras (Dinçer y Bostancı, 2019; Pola et al., 2016). Un factor crítico que influye en estas propiedades es el grado de soldamiento, que se refiere a la medida en que los fragmentos volcánicos se fusionan después de la depositación. En las ignimbritas muy soldadas, los fragmentos están fuertemente unidos, lo que da lugar a una roca más resistente y menos porosa (Grunder y Russell, 2005; Quane y Russell, 2005; Wright y Cashman, 2014). La textura granular y los componentes específicos de las ignimbritas hacen que el Método de Elementos Discretos (DEM) utilizando PFC2D sea una herramienta eficaz para simular su comportamiento.

OBJETIVO. Diseñar simulaciones numéricas en el software PFC2D de pruebas uniaxiales de litofacies de ignimbritas y verificar los resultados con las pruebas de laboratorio
Identificar los microparámetros que influyen directamente en la resistencia máxima de las ignimbritas y en las simulaciones

MATERIALES Y MÉTODOS. Ensayos de laboratorio. La resistencia a la compresión uniaxial (UCS) de las muestras se midió utilizando una prensa GDS de rigidez infinita de 250 kN (Fig. 1). La celda de carga de la prensa se utilizó para medir la fuerza aplicada a intervalos de 1 segundo (Fig. 1, 1). Los desplazamientos axiales y radiales locales se registraron utilizando transductores de tipo LVDT (Figura 1a, 5 y 6). La prensa tiene una resolución de 0.002 mm para el desplazamiento y de 0.1 kPa para la presión. **Simulaciones numéricas.** La generación de modelos en PFC^{2D} de especímenes de roca incluye los siguientes pasos: 1) Para el establecimiento del modelo numérico, se generó un espécimen rectangular de 50 mm de diámetro y 100 mm de altura (recipiente de material) con una relación 2:1 (con las mismas dimensiones que el espécimen experimental). 2) Se llena el recipiente con un conjunto de partículas situadas en posiciones aleatorias. 3) Tras generar el especimen en PFC^{2D}, se ejecuta el ensayo de compresión uniaxial, considerando las condiciones de los ensayos realizados en laboratorio con cada una de las muestras de roca.

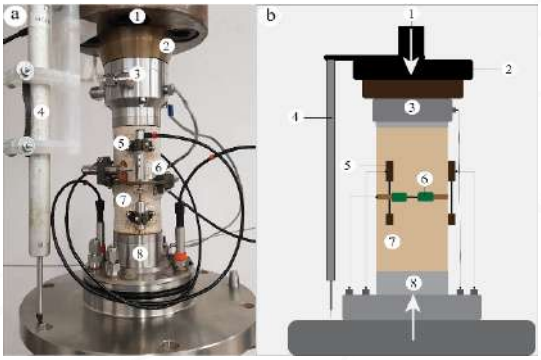


Figura 1. *Configuración del ensayo de resistencia a la compresión uniaxial (UCS): a) Ensayo experimental para un ensayo uniaxial; b) Diagrama detallado de un ensayo uniaxial en la prensa GDS, las flechas señalan las direcciones de las cargas y/o esfuerzos ejercidos sobre el especimen. Los números en círculos blancos indican los componentes específicos: 1) Celda de carga; 2) Posicionador de cabeza; 3) Tapa superior; 4) Transductor externo de desplazamiento axial; 5) LVDT axial; 6) LVDT radial; 7) Espécimen de roca; 8) Pedestal.*

RESULTADOS. Los errores porcentuales entre los resultados simulados y experimentales para la deformación axial máxima, la UCS (resistencia a la compresión uniaxial), el módulo elástico (E) y la relación de Poisson (υ), como se muestra en la Tabla 1, proporcionan más información sobre la precisión del modelo PFC^{2D} para las diferentes litofacies. Los errores en la deformación axial máxima, que representan el pico de deformación del modelo, sugieren que las simulaciones

PFC^{2D} replican efectivamente el comportamiento general de la deformación de todas las muestras, con una precisión particularmente alta para LE02. Esto indica que la textura granular y el moderado grado de soldamiento de LE01 y LE02 están bien representados por el método de elementos discretos utilizado en las simulaciones PFC^{2D} (Fig. 2).

ID	RMSE (MPa)	Deformación axial Máxima$_{error}$ (%)	UCS (MPa)$_{error}$ (%)	E (GPa)$_{error}$ (%)	υ $_{error}$ (%)
LE01	± 1.05	0.75	1.09	2.18	5.00
LE02	± 1.04	0.01	1.26	1.36	7.69
LE03	± 2.67	0.26	0.14	2.50	11.76

Tabla 1. *Comparación de los errores entre los resultados de laboratorio y los valores del modelo PFC^{2D}. La primera columna presenta el error cuadrático medio (RMSE), que indica la diferencia entre los valores máximos de resistencia predichos por los modelos PFC^{2D} y los valores medios obtenidos en los ensayos de laboratorio. Todos los valores son promedios y se expresan en porcentajes, excepto los valores RMSE, que se indican en megapascales (MPa). Abreviaturas: RMSE = Error cuadrático medio; UCS = Esfuerzo de compresión uniaxial; E = Módulo de elasticidad; υ = Relación de Poisson.*

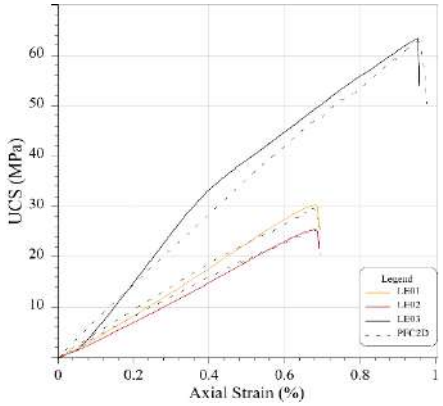


Figura 2. *Gráfica esfuerzo (UCS MPa)-deformación (Axial Strain %) de una muestra representativa de cada litofacies (LE01, LE02 y LE03) del yacimiento de ignimbrita de La Escalera. Las líneas continuas indican los resultados de los ensayos experimentales, mientras que las líneas discontinuas los resultados de la simulación en PFC^{2D}.*

En la Fig. 3 se señalan la textura de las tres litofacies utilizadas en las simulaciones numéricas. Se destaca la similitud en la disposición de la orientación de las fracturas entre los ensayos del laboratorio y los realizados en PFC^{2D}.

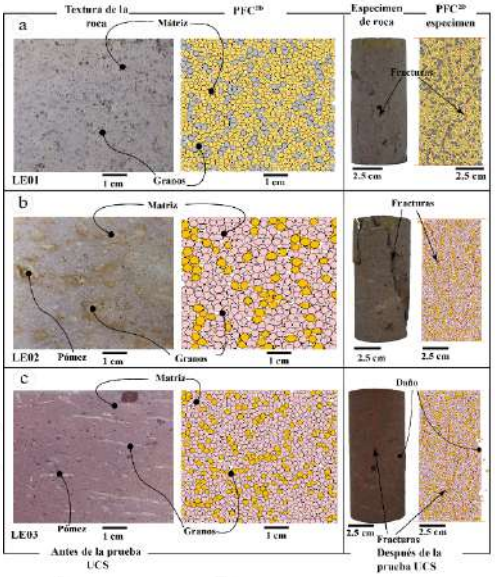


Figura 3. *Comparación de texturas de roca y modelos de simulación numérica PFC^{2D}: a) Muestra LE01; b) Muestra LE02; c) Muestra LE03. Cada imagen incluye la textura natural de la roca junto con la textura simulada a partir del modelo PFC^{2D}, mostrando las condiciones antes y después del ensayo de compresión uniaxial.*

CONCLUSIONES. Este estudio ha demostrado una notable concordancia entre las simulaciones numéricas y los datos experimentales. El modelo PFC2D demostró ser altamente eficaz al replicar los patrones de fractura observados experimentalmente en las ignimbritas de La Escalera (LE01, LE02 y LE03). Esto indica que el modelo plasma con éxito los aspectos clave de la mecánica de fractura en ignimbritas, incluso con variaciones en sus propiedades físicas y mecánicas. Los hallazgos tienen implicaciones significativas para la ingeniería y las aplicaciones geotécnicas, particularmente en regiones de roca volcánica. La capacidad del modelo PFC2D para simular con precisión los patrones de fractura permite predecir mejor el comportamiento de las rocas bajo tensión, lo que resulta crucial para el desarrollo de infraestructuras y la evaluación de riesgos en zonas vulnerables.

REFERENCIAS.

1 Akin, M., Topal, T., Dinçer, İ., Akin, M. K., Özvan, A., Orhan, A., & Orhan, A. (2023). A new quantitative welding degree classification for ignimbrites. Environmental Earth Sciences, 82(13). https://doi.org/10.1007/s12665-023-11026-7

2 Dinçer, İ., & Bostancı, M. (2019). Capillary water absorption characteristics of some Cappadocian ignimbrites and the role of capillarity on their deterioration. Environmental Earth Sciences, 78(1). https://doi.org/10.1007/s12665-018-7993-2

3 Grunder, A., & Russell, J. K. (2005). Welding processes in volcanology: insights from field, experimental, and modeling studies. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 142(1–2), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.10.010

4 Heap, M. J., & Faulkner, D. R. (2008). Quantifying the evolution of static elastic properties as crystalline rock approaches failure. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 45(4), 564–573. https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2007.07.018

5 Li, Y., Li, H., Chen, S., Luo, H., & Liu, C. (2020). Investigation of the dynamic capillary pressure during displacement process in fractured tight rocks. AIChE Journal, 66(1), 1–12. https://doi.org/10.1002/aic.16783

6 Pola, A., Martínez-Martínez, J., Macías, J. L., Fusi, N., Crosta, G., Garduño-Monroy, V. H., & Núñez-Hurtado, J. A. (2016). Geomechanical characterization of the Miocene Cuitzeo ignimbrites, Michoacán, Central Mexico. Engineering Geology, 214, 79–93. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.10.003

7 Quane, S. L., & Russell, J. K. (2005). Ranking welding intensity in pyroclastic deposits. Bulletin of Volcanology, 67(2), 129–143. https://doi.org/10.1007/s00445-004-0367-5

8 Verma, R. K., Singh, R., Kumar, V., Singh, T. N., Umrao, R. K., Mishra, P., & Sharma, P. (2024). Statistical Estimation of Uniaxial Compressive Strength in Geotechnical Projects Using Regression Analysis: A Comparative Study. International Journal of Geomechanics, 24(9). https://doi.org/10.1061/ijgnai.gmeng-9384

9 Wright, H. M., & Cashman, K. V. (2014). Compaction and gas loss in welded pyroclastic deposits as revealed by porosity, permeability, and electrical conductivity measurements of the Shevlin Park Tuff. Bulletin of the Geological Society of America, 126(1–2), 234–247. https://doi.org/10.1130/B30668.1

10 Zaid, M., Sadique, M. R., & Samanta, M. (2020). Effect of unconfined compressive strength of rock on dynamic response of shallow unlined tunnel. SN Applied Sciences, 2(12). https://doi.org/10.1007/s42452-020-03876-8

11 Zhu, Z., Kempka, T., Ranjith, P. G., Tian, H., Jiang, G., Dou, B., & Mei, G. (2021). Changes in thermomechanical properties due to air and water cooling of hot dry granite rocks under unconfined compression. Renewable Energy, 170, 562–573. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.019

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224104

SÍNTESIS VERDE DE CARBÓN ACTIVADO USANDO CÁSCARAS DE ANANAS COMOSUS: UNA ALTERNATIVA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Moisés Salvador Hernández-Ocaña[1], Fernando Lopéz-Gudiño[1], Yadira Solano Reyes[1], Luis Fernando Ortega-Varela[2], Lada Domratcheva-Lvova[2], Arturo Rangel-Gonce[1], Carmen Judith Gutiérrez-García[1]*

1Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Nacional de México: carmen.gg@morelia.tecnm.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Palabras Clave: Piña, Química Verde, desechos orgánicos.

RESUMEN. En México se generan alrededor de 103 000 Ton/día de residuos sólidos urbanos, de los cuales cerca del 50 % son residuos orgánicos, la mayor parte de estos no reciben tratamiento por lo que generan enormes cantidades de gases de efecto invernadero en su descomposición, estos desechos se podrían aprovechar en la producción de carbón activado (CA) con el fin de reducir los residuos orgánicos y su efecto negativo. El CA se caracteriza porque tiene una elevada área de superficie interna, estabilidad química, alta porosidad y grupos funcionales con oxígeno en su estructura. La porción de sólidos de piña está compuesta por carbohidratos (85%), principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, el restante (15 %) por otros nutrientes esenciales, celulosa, hemicelulosa y lignina. Este trabajo se centró en la síntesis de CA usando los principios de química verde, las cáscaras de piña fueron deshidratadas de forma controlada y pirolizados a 400 ° C en un reactor de acero inoxidable y una mufla Novatech (MD-12-ESP). Las muestras obtenidas se analizaron por SEM (5910LV) y se realizó un análisis de imagen que arrojo una media de poros de 58.3 micrómetros. Se analizaron por FTIR para comprobar la funcionalidad del CA, se destaca la presencia de bandas correspondientes a C-H en (812 cm-1 y 659 cm-1), N-H (1624 cm-1 y 3423 cm-1) que pueden derivar de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados encontrados en la cáscara, además de carbonilos e hidroxilos. Haciendo uso de los principios de química verde se sintetizo CA microporoso de deshechos de Ananas comosus con un rendimiento 36 % (masa) con una funcionalización exitosa, dichos grupos pueden retener compuestos importantes por lo cual se está analizando su aplicación en filtros para la adsorción de gases de chimeneas de cocina. Lo anterior representa una posible alternativa en la gestión de residuos orgánicos.

INTRODUCCIÓN. El carbón activado es un material carbonoso que se caracteriza por que tiene un área de superficie interna, porosidad altamente desarrollada, estabilidad química y varios grupos funcionales que contienen oxígeno en su estructura [Mejia, M. 2018]. En México se generan alrededor de 103 000 Ton por día de residuos sólidos urbanos, de los cuales cerca del 50 % son residuos orgánicos, la mayor parte de estos no reciben tratamiento por lo que generan enormes cantidades de gases de efecto invernadero en su descomposición [SEMARNAT], estos desechos se podrían aprovechar para la producción de carbón activado con el fin de reducir la cantidad de residuos orgánicos y el efecto negativo que generan sobre el ambiente. Para la producción de CA se debe partir de una materia prima con propiedades bien definidas tales como

abundancia, dureza, estructura inherente de poros, alto contenido de carbono, bajo contenido de ceniza y alto rendimiento en masa durante el proceso de carbonización. Distintos autores han reportado que usar la madera, el carbón, lignito, endocarpios y huesos de algunas frutas como el coco, piña y las olivas como materias primas en la producción de CA, permite obtener un carbón con buenas propiedades para la activación. Los procesos de activación del carbón se dividen en tratamiento físico térmico y en tratamiento químico [Bastidas, M., et al. 2010]. Los materiales de carbono porosos se han aplicado con éxito en la industria química y en la investigación como en la separación de gases, purificación de agua, como soportes de catalizadores, electrodos para condensadores electroquímicos de doble capa, pilas de combustible, en la retención de contaminantes, entre otras, gracias a su alta porosidad y área superficial [Lee, J., et al. 2006, Zhou, L., et al. 2017]. La porción de sólidos de la piña está compuesta aproximadamente por un 85 % de carbohidratos, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, y el 15 % restante está compuesto por otros nutrientes esenciales, además proporciona una cantidad considerable de material celulósico (celulosa, hemicelulosa, lignina) que puede aprovecharse para la síntesis de carbón activado [Wali, N. 2019].
La química verde es el diseño de productos y procesos químicos que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas, aplica en todo el ciclo de vida de un producto químico, incluyendo su diseño, fabricación, uso y disposición final; tiene por objetivo minimizar la contaminación desde la fuente ó el origen de un de un bien, en lugar de la remediación [Clark, J. H. 2007].

ANTECEDENTES.

Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña. La elección del precursor para la elaboración de carbón es fundamentalmente una función de su disponibilidad, precio y pureza. Sólis –Fuentes y Colaboradores prepararon Carbón activado de tres residuos agroindustriales mediante activación física y química con ácido fosfórico. La síntesis fue mediante una carbonización de la materia prima, la cual también es llamada activación física, mientras que la activación química consiste en la descomposición térmica de la materia prima impregnada con agentes químicos, tales como el ácido fosfórico, el cloruro de zinc o ácidos inorgánicos. Este trabajo mostró que se alcanzaron mayores rendimientos y capacidades de adsorción con la activación química. El uso de residuos agroindustriales resulta una opción de interés por su disponibilidad, bajo valor de cambio y versatilidad [Solís-Fuentes, J. A., Et al. 2012].
Uso de cáscara de piña como adsorbente de rojo 40 (típico de la industria alimentaria). Durango y Cols, obtuvieron de CA a partir de residuos de piña para ser utilizado en la filtración de aguas residuales provenientes de industrias textiles. Las cáscaras se retiraron directamente del fruto maduro, se lavaron con agua caliente y se secaron en un horno de convección a 90°C durante 2.5 horas. Luego se trituraron con mortero y se tamizaron. Se observó que disminuyendo el pH de la solución y el tamaño de partícula del adsorbente se logran mejores resultados y aunque el material pierde la capacidad de adsorción al ser reutilizado, incluso luego de dos usos resulta efectivo en comparación con un carbón activado comercial [Durango, V. L. U., et al. 2018].
Evaluación del carbón activado de residuos agrícolas para remoción de sólidos en aguas residuales en industrias de almidón en Bejuquillo-Canuto, Manabí. Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el carbón activado de residuos agrícolas (cascarilla de arroz y cáscara de piña) para remoción de sólidos en aguas residuales en industrias de almidón de la comunidad Bejuquillo, Canuto, Manabí. Para la obtención del carbón activado del residuo cascarilla de arroz se realizó una activación con ácido fosfórico H3PO4 (85%) y para la obtención del carbón activado

de cáscara de piña se efectuó una activación con ácido nítrico (80%). El autor recomienda el uso del carbón activado de cascarilla de arroz, puesto que presenta mayor rendimiento en la obtención de carbón activado con respecto a la cáscara de piña [Vera Bravo, E. L., & Zambrano Basurto, M. A. 2022].
Estos antecedentes muestran que el carbón activado es común a partir de residuos, sin embargo, pocos trabajos lo hacen desde la perspectiva verde.

OBJETIVO. El presente proyecto tiene por objetivo sintetizar carbón activado a partir de residuos celulósicos de Ananas Comosus usando los principios de química verde, el cual se pretende utilizar para la elaboración de un filtro de adsorción para gases de chimeneas de cocina

MATERIALES Y MÉTODOS.
Estrategia experimental. Se trabajó con el método de pirolisis a bajas temperaturas y la activación física para cumplir con los principios de la química verde. Los pasos para seguir para la obtención del carbón activado se observan en la figura 1. Se utilizaron cascarás de piña de desecho de gazpacho, la cuales se lavaron con agua a temperatura ambiente, se pesaron y posteriormente se secaron usan un desecador solar de elaboración propia, el secado tuvo una duración de una semana, cabe mencionar que le proceso se realizó en los meses más caluros del año. Posterior al secado se realizó pesaje y una reducción de tamaño, cuya finalidad fue aumentar el área para reducir tiempos de pirolisis, para ellos se hizo uso de un mortero y un tamizado para uniformar el tamaño igual o menos a 5 mm. Posteriormente se ingresó la muestra a un reactor tubular de acero inoxidable austenítico de 18 cm de largo por 3 cm de diámetro el cuál se calentó en una mufla a 400 °C.

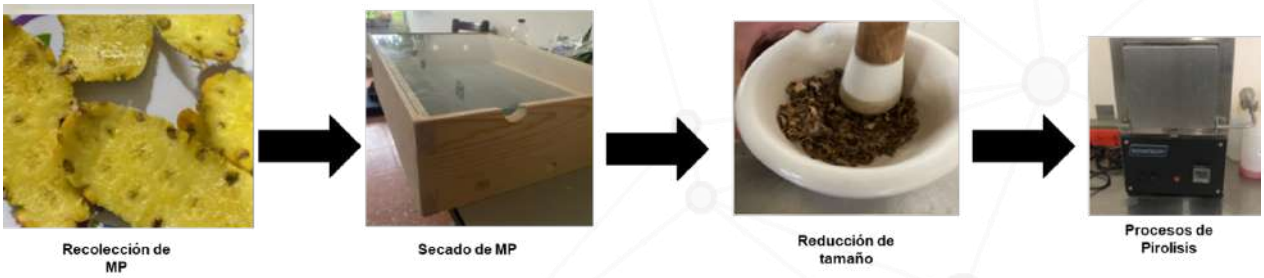


Figura 1. *Pasos para seguir para la obtención del carbón activado (elaboración propia).*

Caracterización del Carbón. El carbón obtenido del proceso de pirolisis (Fig 2) se caracterizó mediante microscopia electrónica de barrido en un equipo 5910LV para observar la morfología y asegurar la porosidad del material. Se realizó un análisis por espectroscopia Infrarroja por Transforma de Fourier para determinar la presencia de grupos químicos y asegurar la funcionalidad del carbón, así como identificar qué grupos estaban presentes.



Figura 2. *Carbón activado obtenido a partir de cáscara de piña.*

RESULTADOS. La figura 3 muestra micrografías obtenidas por el MEB de las muestras de carbón activado, en las cuales se puede observar la porosidad del carbón; usando la micrografía y el sofware Image J se realizó un análisis de imagen para obtener el tamaño de poro, dando

como resultado poros promedio de 58.3 micrómetros, posteriormente se realizará una prueba de yodo para verificar la porosidad.

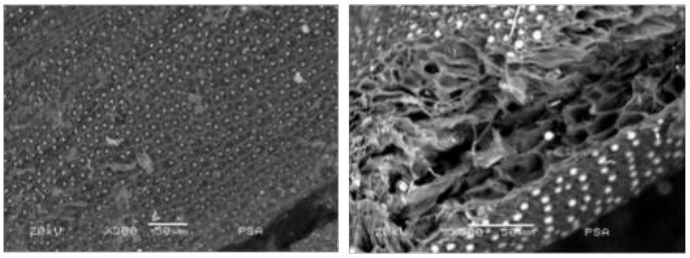


Figura 3. *Micrografías a distintos aumentos de las muestras de CA obtenido a partir de cáscara de piña.*

La activación del carbón fue física y primaria, ocurrió en el proceso de carbonización, para evitar el uso adicional de ácidos y/o el elevado consumo energético al realizar activación física secundaría a altas temperaturas. Se puede verificar la activación con la presencia de distintos grupos funcionales, como los que se observan en las bandas del espectro infrarrojo (Fig. 4); para el cual se usó un Bruker, modelo Tensor 27. El espectro muestra que 3 425 cm-1 se encuentra la banda característica de los grupos OH, la presencia de estos grupos se puede deber a que la piña contiene ácidos orgánicos como el cítrico y málico, responsables de su sabor ácido y que a su vez son responsables de propiedades nutricionales. La presencia de las bandas correspondientes a los C-Hx es un indicativo de compuestos aromáticos, flavonoides y polifenoles comunes en las plantas. Además de la presencia de bandas características para N-H: relacionado con la presencia de estructuras nitrogenadas como aminoácidos aminoácidos y otros compuestos nitrogenados encontrados en la cáscara de la piña y la presencia de grupos C-O que indica presencia de ésteres, los cuales pueden estar presentes en compuestos aromáticos y son importantes en la formación de sabores y aromas [Pavia, D. L.,2015].

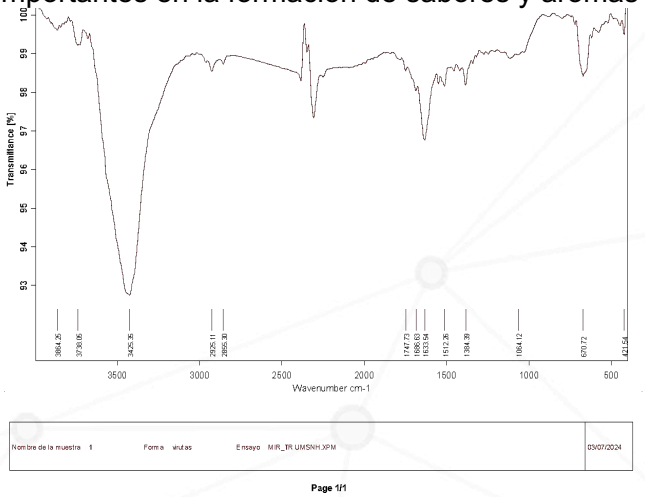


Figura 4. *Espectro FTIR de carbón activado*

CONCLUSIONES. A partir de un método sencillo se obtuvo carbón activado de desechos de piña (cáscara), se comprobó su activación por análisis de Infrarrojo, se determinó que es microporoso. En sus síntesis se evitó el uso de ácidos y/o solventes adicionales y se trabajó con temperaturas que se consideran bajas (400 °C) en comparación con lo que otros autores reportan, para cumplir con los principios de química verde. Algunas ventajas importantes de la activación física primaria

son la baja temperatura de pirolisis, tiempos de activación relativamente cortos, lo cual, permite obtener materiales con mayor área e incorporación de grupos funcionales en la superficie. Aunque no hay que dejar del lado que las condiciones de procesamiento del carbón activado pueden tener cierta influencia en la estructura y propiedades del producto final, ya que en mayor medida estarán principalmente determinadas por la naturaleza del material precursor y su rápida reacción frente a mecanismos de activación. El carbón obtenido se pretende usar posteriormente en un filtro para gases de chimenea

REFERENCIAS.

1 Mejia, M. V. V. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. Scientia et technica, 23(3), 411-419.
2 SEMARNAT https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos
3 Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., & Rodríguez, K. (2010). Producción de carbón activado a partir de precursores carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. Información tecnológica, 21(3), 87-96.
4 Lee, J., Kim, J., & Hyeon, T. (2006). Recent progress in the synthesis of porous carbon materials. Advanced materials, 18(16), 2073-2094.
5 Zhou, L., Yu, Q., Cui, Y., Xie, F., Li, W., Li, Y., & Chen, M. (2017). Adsorption properties of activated carbon from reed with a high adsorption capacity. Ecological Engineering, 102, 443-450.
6 Wali, N. (2019). Pineapple (Ananas comosus). In Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements (pp. 367-373). Academic Press.
7 Clark, J. H. (2007). Green chemistry: Challenges and opportunities*. Green Chemistry, 9(1), 1-8.
8 Solís-Fuentes, J. A., Morales-Téllez, M., Ayala-Tirado, R. C., & Durán-de-Bazúa, M. del C. (2012). Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña. Tecnología, Ciencia y Educación (IMIQ), 27(1), 36-48.
9 Durango, V. L. U., Vásquez-Noreña, P. A., & Zapata, R. B. (2018). Uso de cáscara de piña como adsorbente de rojo 40 (típico de la industria alimentaria). Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 5(1), 87-95.
10 Vera Bravo, E. L., & Zambrano Basurto, M. A. (2022). Evaluación del carbón activado de residuos agrícolas para remoción de sólidos en aguas residuales en industrias de almidón en Bejuquillo-Canuto, Manabí. Calceta: ESPAM MFL. 55 p.
11 Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2015). Introduction to spectroscopy.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224107

CARACTERIZACIÓN DE CORDONES DE SOLDADURA LÁSER EN PLACAS DE ALUMINIO 6061

Itzel Jatziri Sánchez Bustos[1], Francisco Reyes Calderón[2], Nereyda Alcantar Mondragón[3], Sarahi Estrada Hernández[4]

1Instituto Tecnológico de Morelia, l20121449@morelia.tecnm.mx

2Instituto Tecnológico de Morelia, francisco.rc@morelia.tecnm.mx

3Instituto Tecnológico de Morelia, nereyda.am@morelia.tecnm.mx

4Instituto Tecnológico de Morelia, sarahi.eh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Aluminio 6061, soldadura laser, DoE.

RESUMEN. En este trabajo de investigación se determinaron los parámetros óptimos del proceso de soldadura laser. La determinación de parámetros óptimos tiene como objetivo evaluar las condiciones geométricas y de penetración. Los parámetros del proceso de soldadura laser (potencia, frecuencia, amplitud de oscilación y velocidad de avance) se determinan mediante análisis estadístico de un diseño factorial completo. Se consideraron el ancho, penetración y sobremonta como las variables de respuesta, así como el análisis macrográfico de los cordones. Los parámetros óptimos del proceso de soldadura fueron la potencia de 4.32kW, frecuencia de 250Hz, 1.3 mm de amplitud de oscilación y una velocidad de avance de 12.99 mm/s.

INTRODUCCIÓN. La soldadura láser es una técnica avanzada que ha ganado popularidad en la industria debido a su precisión, velocidad y capacidad para realizar uniones de alta calidad en una amplia variedad de materiales. En particular, la soldadura "bead on plate" (cordón sobre placa) es un enfoque experimental que se utiliza comúnmente para estudiar las características fundamentales del proceso de soldadura sin la interferencia de juntas complejas [1]. El aluminio 6061, una aleación ampliamente utilizada por su combinación de resistencia mecánica, ligereza y buena resistencia a la corrosión se ha convertido en un material de interés para aplicaciones estructurales y aeronáuticas, ya que posee muy buenas propiedades mecánicas además de ser una de las aleaciones más utilizadas en dichas industrias [2]. Este trabajo se enfoca en la caracterización de los cordones de soldadura generados mediante el proceso de soldadura láser sobre placas de aluminio 6061. El objetivo principal es analizar las propiedades geométricas de los cordones de soldadura sobre los parámetros del proceso.

ANTECEDENTES. El proceso de soldadura laser (LBW) comparado con los procesos de soldadura convencionales ofrece una nueva perspectiva en los procesos de manufactura debido al aporte térmico reducido y concentrado. Dependiendo de la densidad de potencia el proceso LBW puede funcionar entres modos: i) por conducción, ii) modo de transición y iii) Keyhole [3, 4]. Las soldaduras láser poco profundas en láminas delgadas generalmente se producen mediante onda pulsada (PW) a velocidades relativamente lentas o mediante onda continua (CW) a altas velocidades, o con baja densidad de potencia. En el modo PW con la forma de onda rectangular es probable que se formen porosidades de más de 1 mm de profundidad. Además, se pueden producir soldaduras profundas de placas gruesas utilizando el modo CW de alta potencia sin

metal de aporte o con metal de aporte [5]. La soldadura de aleaciones de aluminio, incluyendo la 6061, presenta retos específicos debido a su alta conductividad térmica, que requiere un control preciso del aporte de calor, y su tendencia a formar grietas y porosidad durante la solidificación. En este contexto, la soldadura láser ofrece ventajas significativas al proporcionar un control preciso de los parámetros de soldadura, minimizando estos problemas y mejorando la calidad de la unión [6]. Estudios previos [7], han demostrado que la calidad del cordón de soldadura láser en aluminio depende de los parámetros del proceso, como la potencia del láser, la velocidad de avance, el enfoque del haz y la atmósfera de protección utilizada. La geometría del cordón, la formación de microestructuras específicas y las propiedades mecánicas de la soldadura son altamente sensibles a estos parámetros.

OBJETIVO. Determinar la influencia de los parámetros de soldadura láser sobre la geometría del cordón de soldadura. Estudiar las características macroestructurales de los cordones de soldadura. Evaluar las interacciones de los parámetros de soldadura mediante un diseño de experimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Proceso de soldadura láser. El proceso de soldadura láser se llevó a cabo empleando una máquina Ronch45® con una potencia máxima nominal de 1200W empleando el modo continous wave (CW). Este modo es adecuado para aplicaciones donde se requiere una potencia y calor constante. Se empleó un ángulo de 75° grados en la antorcha de soldadura láser autógena (sin material de aporte) y como protección gaseosa se empleó Nitrógeno con un caudal de gas de 15ft^3/h. En la Tabla 2. Se muestran los parámetros empleados en el proceso.

Potencia (kW)	Frecuencia (Hz)	Amplitud de oscilación (mm)	Velocidad de avance (mm/s)
100	400	2.5	700
100	400	2.5	900
100	400	0.1	700
100	400	0.1	900
100	100	2.5	700
100	100	2.5	900
100	100	0.1	700
100	100	0.1	900
80	400	2.5	700
80	400	2.5	900
80	400	0.1	700
80	400	0.1	900
80	100	2.5	700
80	100	2.5	900
80	100	0.1	700
80	100	0.1	900

Tabla 1. *Parámetros y factores de entrada empleados en el proceso de soldadura.*

Caracterización macroestructural. La caracterización macroestructural de los cordones de soldadura láser "bead on plate" en placas de aluminio 6061 se llevó a cabo empleando un desbaste con lijas de SiC del grado 80 hasta 2000. Posteriormente se pulieron con alúmina de 0.5µm. Para revelar las geometrías de los cordones de empleó un ataque químico con el reactivo Keller mediante la técnica de swabbing.

Diseño de experimentos factorial completo. Se utilizó el software de ImageJ® para realizar las mediciones del ancho, la sobremonta y la penetración de los cordones de soldadura para ser introducidos al diseño de experimentos (Tabla 2). Se realizó un diseño de experimento factorial completo (dos niveles, cuatro factores) en orden aleatorio con un grado de confiabilidad del 95% como se detallan en la Tabla 1.

No experimento	Ancho (mm)	Penetración (mm)	Sobremonta (mm)
1	2.735	3.245	0.153
2	2.697	3.141	0.148
3	1.911	4.109	0.162
4	1.774	4.006	0.168
5	2.755	3.231	0.124
6	2.659	3.112	0.1
7	1.948	4.138	0.168
8	1.706	3.94	0.187
9	2.631	2.444	0.139
10	2.944	2.737	0.092
11	1.488	3.097	0.111
12	1.359	3.048	0.138
13	2.578	2.448	0.101
14	2.564	2.424	0.12
15	1.636	3.099	0.111
16	1.405	2.953	0.129

Tabla 2. *Variables de respuesta para el diseño de experimentos.*

RESULTADOS. En la Fig. 1 se muestran las macrografías de los cordones de soldadura láser. La sobremonta de los cordones de soldadura fue mínima con un valor aproximado de 0.1 a 0.2 mm (Fig. 1 (a-o), lo que indica un buen control del proceso y la correcta aplicación del láser sobre la superficie de la pieza. Además, la sobremonta es pequeña debido a que no hay material de aporte. La penetración máxima alcanzada durante el proceso fue de 3.245mm (Fig. 1(j)). Esta penetración es adecuada para aplicaciones que no requieren uniones profundas, pero sí una buena cohesión entre las superficies soldadas. El ancho del cordón de soldadura oscilo entre 1.4 a 3mm (Fig. 1 (a-o)) lo cual está relacionado a la amplitud de oscilación. Adicionalmente, no se observaron afectaciones térmicas de gran relevancia en la zona adyacente a la soldadura. La zona afectada térmicamente (ZAT) fue reducida, con un ancho menor a 0.5mm. Esto se atribuye la precisión y la baja aportación de calor del proceso de soldadura láser, minimizando la distorsión del material.

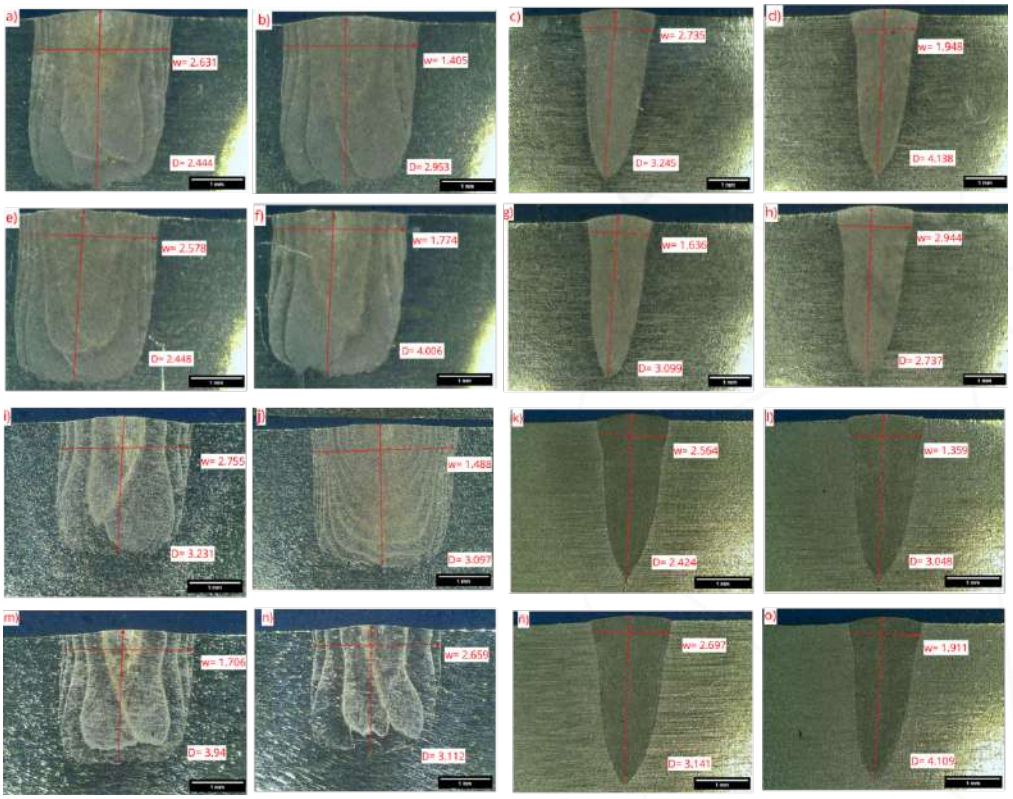


Figura 1. *Macrografías del proceso de soldadura láser. a) C1, b) C2, c) C3, d) C4, e) C5, f) C6, g) C7, h) C8, i) C9, j) C10, k) C11, l) C12, m) C13, n) C14, ñ) C15, o) C16.*

En la Fig. 2 se observan las variables de deseabilidad para el proceso de soldadura laser (ancho mayor, penetración mayor y baja sobremonta). En la Fig. 2 (a) se muestra que una mayor amplitud a mayores potencias se pueden obtener las variables deseables, así como una menor frecuencia (Fig.2 (b)). Adicionalmente una velocidad menor da mejor tendencia a valores deseables. La deseabilidad en este modelo debe ser igual a 1 o cercano, valores menores indican una tendencia negativa respecto a lo que se busca obtener.

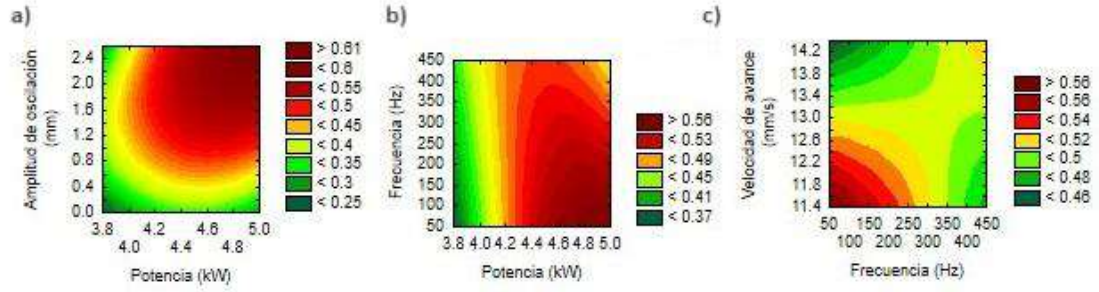


Figura 2. *a) Correlación amplitud de oscilación vs. potencia, b) Correlación frecuencia vs. Potencia, c) Correlación frecuencia vs. Velocidad de avance.*

CONCLUSIONES. Debido a las variables del proceso de soldadura no presenta una ZAT visible. La amplitud de oscilación es un factor importante sobre la geometría del cordón. El diseño de

experimentos indica que las variables que más afectan al proceso de soldadura son la potencia y la amplitud de oscilación.

REFERENCIAS.

1 Ayoola, W. A., Suder, W. J., & Williams, S. W. (2017). Parameters controlling weld bead profile in conduction laser welding. *Journal of Materials Processing Technology*, 249, 1-10.
2 Kumar, S., & Singh, R. (2018). Mechanical properties and corrosion behavior of aluminum alloy 6061. *Materials Science and Engineering: A*, 712, 1-10.
3 Kannatey-Asibu, E., Jr. Principles of Laser Materials Processing LaserWelding; JohnWiley & Sons, Inc.: Hoboken, and U. NJ, 2008.
4 Svenungsson, J.C., I.; Kaplan, A. LaserWelding Process—A Review of Keyhole Welding Modelling. and Phys. Procedia 2015, 182–191.
5 Katayama, S., Fundamentals and Details of Laser Welding. 2020.
6 Mishra, R. S., & Mahapatra, S. (2019). Influence of laser welding parameters on the microstructure and mechanical properties of aluminum alloy 6061. Journal of Materials Processing Technology.
7 Jiang, W., Fan, H., Gao, Y., & Tan, C. (2019). Effect of laser welding parameters on microstructure and mechanical properties of aluminum alloy 6061-T6. Optics & Laser Technology.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224108

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS PARA MADERAS DE INSTRUMENTOS MUSICALES

Ivonne E. Murillo Sánchez[1], Mayra I. Carrillo Gómez[2], Raúl Espinoza Herrera[3]

1 Escuela de Laudería, Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, lau.ivonnemurillo@inba.edu.mx , Querétaro 76000, México.

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 9506397x@umich.mx Fco. J. Múgica S/N, Morelia, C.P. 58060, México.

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, raul.espinoza@umich.mx Fco. J. Múgica S/N, Morelia, C.P. 58060, México.

Palabras Clave: Instrumentos musicales, acústica, velocidad ultrasónica, criterios.

RESUMEN. En este trabajo, se realizó la comparación de la medición de la velocidad del sonido en la maderas para instrumentos musicales (en este caso particular la de Picea abies), por dos métodos ultrasónicos, empleándose ondas longitudinales en dirección paralela a la propagación mediante un transductor y el otro fue el Lucchi meter Minipalm es un equipo que fue inventado y patentado en 1983 por el italiano Giovanni Lucchi, para evaluaciones de madera de arcos principalmente de Pernambuco, tapas de picea o fondos de arce. Este es un dispositivo ultrasónico que sirve para medir la velocidad ultrasónica en la madera (m/s) y con estos valores se pueden hacer correlaciones para encontrar propiedades mecánicas como el Módulo de Young (E) o módulo de Elasticidad (MOE), Módulo de Young específico (Es), entre otros parámetros acústicos de interés para los instrumentos musicales. Conociendo esta variable se pueden calcular y simular distintos modelos de piezas de madera sin necesidad de destruirlas o tallarlas. Por lo tanto, para la construcción de instrumentos musicales se necesitan evaluar los rangos y criterios elásticos del sólido para poder propagarse, la oscilación de un punto fijo para estimar sus dimensiones, la velocidad de propagación del sonido; ya que de estas dependen las propiedades anatómicas y estructurales del tejido y la resistencia a la compresión, rigidez y densidad, ya que al aumentar la rigidez del medio aumenta la velocidad y al aumentar la densidad disminuye su velocidad. Con estos datos se pueden construir gráficos que muestren el tono fundamental y los armónicos de una nota en la madera para que los instrumentistas puedan ver qué tan cerca está su tono del ideal y luego experimentar con su forma de tocar para mejorarlo.

INTRODUCCIÓN. La adecuada evaluación de la madera en aplicaciones acústicas depende de las variables físico-mecánicas que son óptimas para estimar la vocación sonora, por ejemplo, la calidad del tono para instrumentos musicales o bien su propagación del sonido que tenga cada pieza ya que se ha visto que tienen una estrecha relación debido a su densidad o su constitución anatómica y, que son necesarios estimarlos con métodos que nos permitan no comprometer a la pieza de madera o bien al instrumento cuando está construido ya que puede perder su valor comercial. En este trabajo se pretende medir la velocidad de propagación del sonido para instrumentos musicales mediante dos métodos no destructivos con la finalidad de concretar cuál el más óptimo y preciso o bien saber las variaciones entre lecturas de dos equipos y así tener un modelo que nos permita predecir el comportamiento de las ondas ultrasónicas en madera de Picea abies, principalmente, ya que es la madera con que está construida la tapa de un instrumento de cuerda frotada del cuarteto clásico (violín, viola, violoncelo y contrabajo) y es la

parte vibracional y de irradiación acústica que permite mayormente la transmisión del sonido. Las ondas ultrasónicas tienen una gran variedad de aplicaciones, entre ellas están los ensayos no destructivos. Estas pruebas ultrasónicas consisten en la propagación de ondas de baja amplitud a través del material para medir el tiempo que dura viajando en el material o el cambio de intensidad de la señal en una distancia dada. Algunas de las aplicaciones de esta técnica son medir distancias, detección de espesores, así como la medición de parámetros, como pueden ser el módulo de elasticidad y el tamaño de grano que se asocia con la estructura de un material [1]. La velocidad ultrasónica es de gran interés tanto para la ciencia, así como para la ingeniería y ahora las artes. En el caso de la ciencia, la medición de la velocidad ultrasónica puede ser utilizada para verificar teorías experimentales de laboratorio. La velocidad o el cambio de velocidad puede ser la salida de una teoría física acerca de los materiales. En ingeniería, la velocidad ultrasónica puede ser una variable que asegura la calidad o controlar un proceso. También puede ser un parámetro de control en diseño de dispositivos. En ambos casos es necesaria una medición exacta de la velocidad de la onda [2]. Así mismo en la construcción y criterio de elección de maderas se pueden generar rangos donde sea posible predecir el comportamiento de una madera para estimar su vocación acústica sin necesidad de construirla totalmente y estimar como se deberá trabajar la pieza un laudero debido a su composición y calidad.

Las ondas ultrasónicas corresponden al margen superior de frecuencias del espectro de ondas acústicas (infrasonido, sonido y ultrasonido) cuyo límite inferior se encuentra en el entorno de los 20 KHz, valor que representa la máxima frecuencia audible del oído humano. Las ondas acústicas, y por lo tanto las ultrasónicas, son vibraciones mecánicas de las partículas del medio en que se propaga. Un tipo de equipo empleado fue el transductor este trasmite ondas en forma de impulso. Esta transmisión lleva a cabo como consecuencia de la vibración del cristal piezoeléctrico en contacto con la superficie de la pieza de madera o cualquier material a evaluar, como consecuencia del impulso eléctrico aplicado a la cara del cristal, esta vibración se trasmite a las partículas de la pieza a examinar. Determinados cristales naturales (como el cuarzo) poseen la propiedad de crear cargas eléctricas cuando se ejerce una presión sobre sus caras (efecto piezoeléctrico directo). El mismo fenómeno, pero inverso ocurre cuando se le aplica una carga eléctrica a una de sus caras generando vibraciones en el cristal.[3]

La velocidad de la onda longitudinal (CL) y transversal (CT) se pueden calcular mediante la siguiente ecuación:

(1) (2)

Dónde:

- E= Módulo de elasticidad.
- ρ= Densidad del material.
- μ= Relación de Poisson.
- G= Módulo de corte.

VELOCIDAD ULTRASÓNICA.

El sonido viaja a diferentes velocidades dependiendo del material por el cual se propague, en ultrasonido a esto se le llama velocidad del sonido en el material. Los factores que afectan la velocidad son la densidad y la elasticidad del material. Los materiales con altos módulos elásticos de Young tienen una alta velocidad del sonido, los valores altos de densidad en el material tienen baja velocidad del sonido [4].

Otro de los equipos que se utilizó fue el Lucchi meter Minipalm es un equipo que fue inventado y patentado en 1983 por el italiano Giovanni Lucchi, para evaluaciones de madera de arcos principalmente de Pernambuco, tapas de picea o fondos de arce. Este es un dispositivo de

velocidades ultrasónicas que sirve para medir la velocidad ultrasónica en la madera (m/s). Conociendo esta variable se pueden calcular y simular distintos modelos de piezas de madera sin necesidad de destruirlas o tallarlas. Pero ¿cómo podríamos calcular estos valores? Se hace una correlación con la velocidad de propagación y sus propiedades físicas como la densidad y la longitud; con lo cual podemos calcular:

Módulo de Young (E)

E (g/cm2) = [Velocidad (m/s)]2 * Densidad (g/cm3)

Por lo tanto, para la construcción de instrumentos musicales se necesitan evaluar los rangos elásticos del sólido para poder propagarse, principalmente, la oscilación de un punto fijo para estimar sus dimensiones, la velocidad de propagación del sonido; ya que de estas dependen de las propiedades anatómicas y estructurales del tejido y la resistencia a la compresión, rigidez y densidad, ya que al aumentar la rigidez del medio aumenta la velocidad y al aumentar la densidad disminuye su velocidad. Con estos datos se pueden construir gráficos que muestren el tono fundamental y los armónicos de una nota en la madera para que los instrumentistas puedan ver qué tan cerca está su tono del ideal y luego experimentar con su forma de tocar para mejorarlo.

MATERIALES Y MÉTODOS.



El material maderable proviene de La Escuela de Lauderia del INBAL, Santiago de Querétaro, Querétaro. Las velocidades ultrasónicas que se determinaron por medio del transductor fueron tanto la Velocidad Longitudinal, y el Módulo de Young, para siete muestras de madera *Picea abies* de 30 x 30 x 30 mm, en sus tres direcciones principales de la madera (longitudinal L, transversal T y radial R).



Para las velocidades ultrasónicas empleadas por el Lucchi meter Minipalm se realizaron probetas de 10 X 10 X 70 mm y se determinó el módulo de Young, en sus tres direcciones principales de la madera (longitudinal L, transversal T y radial R).

RESULTADOS. Debido a la naturaleza multicapa de las muestras de madera y la sensibilidad de cada tipo de instrumento, se tuvieron distintos tipos de probetas para determinar la velocidad ultrasónica promedio de las muestras de madera y determinar cuál es la velocidad de la energía del modo más rápido, dando los siguientes resultados presentados en la tabla 1:

Velocidad de propagación Radial			Velocidad de propagación Transversal			Velocidad de propagación Longitudinal		
tipo de equipo	Lucchimeter	transductor	tipo de equipo	Lucchimeter	transductor	tipo de equipo	Lucchimeter	transductor
Media	1745.50	1296.98	Media	3502.29	2087.64	Media	5238.71	5283.02
Desviación estándar	86.25	28.60	Desviación estándar	152.91	85.08	Desviación estándar	387.01	87.65
Rango	219.00	77.85	Rango	449	267.526	Rango	959.00	292.00
Mínimo	1570.00	1246.53	Mínimo	3185	1970.53	Mínimo	4818.00	5126.60
Máximo	1789.00	1324.38	Máximo	3634	2238.056	Máximo	5777.00	5418.60
Coef Corr	0.90		Coef Corr	0.84		Coef Corr	0.84	

Tabla 1. *Comparación y resultados entre métodos de la evaluación de la velocidad de propagación del sonido en los tres ejes (Radial (R)), (transversal (T) y longitudinal (L).*

En los bloques de la madera la velocidad Longitudinal promedio de las muestras en los tres sentidos de medición de la madera, fue de 5238.71 (lucchi meter) vs 5 283.02 m/s (transductor) en el sentido L con un coeficiente de correlación del 0.84; mientras que para sentido T el promedio fue de 3502.29 m/s (lucchi meter) 2 087.64 m/s (transductor) con un coeficiente de correlación del 0.84 y finalmente en el sentido R el promedio fue de 1745.50 (lucchi meter) vs 1 296.202 m/s (transductor) con un coeficiente del 0.90 a 1 MHz.

	MOE RADIAL		TRANSVERSAL		LONGITUDINAL	
RESULTADO DE	*MOE (lucchimeter) ($x10^8$ N/m2)*	*MOE (transductor) ($x10^8$ N/m2)*	*MOE (lucchimeter) ($x10^9$ N/m2)*	*MOE (transductor) ($x10^9$ N/m2)*	*MOE (lucchimeter) ($x10^{10}$ N/m2)*	*MOE (transductor) ($x10^{10}$ N/m2)*
Media	3.18E+08	6.79E+08	5.23E+09	1.76E+09	1.17E+10	1.12E+10
Desviación estándar	2.56E+07	6.62E+07	3.09E+08	2.04E+08	1.38E+09	6.49E+08
Rango	6.51E+07	2.00E+08	1.01E+09	5.72E+08	3.11E+09	2.05E+09
Mínimo	2.91E+08	5.50E+08	4.65E+09	1.59E+09	1.04E+10	9.95E+09
Máximo	3.56E+08	7.50E+08	5.65E+09	2.16E+09	1.35E+10	1.20E+10

***Tabla 2**. Comparación y resultados entre métodos para MOE (modulo de elasticidad para cada uno de los ejes típicos de la madera de Picea abies (Radial (R)), (transversal (T) y longitudinal (L)*

En los cubos de madera, empleando la velocidad Longitudinal el promedio del Módulo de Young para las tres caras de las muestras en los tres sentidos de la madera, fue de 1.12 (transductor) vs 1.17 (lucchi meter) ambos en (x 10^{10} N/m^2) en L, para T el promedio fue de 1.76 (x 10^9 N/m^2) y finalmente el valor obtenido para el sentido R fue de 6.79 (transductor) y 3.18 (lucchi meter) en (x 10^8 N/m^2) a 1 MHz.

CONCLUSIONES. Siendo los valores medidos por las distintas técnicas de emisión-transmisión, esto se notó que afecta directamente el tipo de aparato debido a su sensibilidad y a la constitución de las dimensiones de las probetas evaluadas, se estima que este cambio es fundamentalmente debido a la densidad del material y provoca cambios en su estructura interna; cambios que afectan a la propagación de las ondas ultrasónicas. Se observó que las mediciones de la velocidad longitudinal son sensibles a la dirección de propagación de la onda ultrasónica ya que la interacción entre el haz ultrasónico y la anatomía de la madera presenta una desviación y perdida de dicho parámetro ultrasónico durante el paso de este en el medio analizado. Los valores más altos de velocidad siempre se presentaron en el sentido L. Los cubos de madera que tienen una estructura multicapa pueden ser dispersivos a frecuencias relativamente más altas cuando la longitud de onda es del mismo orden de magnitud que las dimensiones del cubo / grosor. Además, la madera tardía y la madera temprana tienen diferentes densidades y propiedades materiales, donde la densidad y las velocidades para la madera tardía son típicamente más altas que las de la madera temprana [5] [6] [7].

REFERENCIAS.

1 BLITZ J, SIMPSON G. Ultrasonic Methods of Non-destructive Testing. ed. London, UK. Chapman and Hall. 1996.
2 THURSTON R N, PIERCE A D, PAPADAKIS E P. Reference for Modern Instrumentation, Techniques, and Technology: Ultrasonic Instruments and Devices II: Ultrasonic Instruments and Devices II. ed. Elsevier Science. 1998.
3 G.A.L.H. NKS Ultrasonido. 3 ed. México. 1983.
4 Carrillo G., M. I. (2022). Comparación del módulo de young empleando técnicas no destructiva y destructiva en madera de recuperación in situ y laboratorio. 19° Foro de Ingeniería e Investigación en Materiales. Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (19) 330-340. ISSN electrónico: 24486892.

5 Carrillo G., M. I. y Carreón G., H. G. (2019). Ultrasonic determination of the elastic and shear modulus on aged wood. Nondestructive Characterization and Monitoring of Advanced Materials, Aerospace, Civil Infrastructure, and Transportation XIII, edited by A. L. Gyekenyesi, T.-Y. Yu, H. F. Wu, P. J. Shull, Proc. of SPIE (10971) 109711Z CCC code: 0277-786X/19/ doi: 10.1117/12.2513294.
6 Carrillo G., M. I. y Carreón G., H. G. (2020). Study of the degradation effects on aged wood beams from the Cathedral of Morelia, Mexico by acoustic birefringence measurements. Russian Journal of Nondestructive Testing (56) 12, 1042–1049. Pleiades Publishing, Ltd., ISSN 1061-8309, DOI 10.1134/S1061830921010034.
7 Carrillo, M. y Carreón, H. (2020). Determination of the Acoustic Anisotropy on a Recent and Aged Mexican pine wood by Ultrasound. (SPIE) Nondestructive Characterization and Monitoring of Advanced Materials, Aerospace, Civil Infrastructure, and Transportation IX., 11380(113801J). doi:10.1117/12.2557085¡
8 Carrillo G., M. I. y Carreón G., H. G. (2021). Determination of the ultrasonic velocity on a recent and aged pine wood. 48th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation. Virtual, Online, Proceedings of the ASME 2021 QNDE2021-74998. V001T21A001-1.
9 Carrillo G., M. I., Carreón G. H. G. y Cruz L., J. (2018). Estudio microestructural de madera de Pinus pseudostrobus sana y deteriorada. 14° Foro de Ingeniería e Investigación en Materiales realizado en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (14) 231-239. ISSN electrónico: 24486892.
10 Carrillo G., M. I., Carreón G., H. G. y Raya G,. D. (2020). Determination of the acoustic anisotropy on a recent and aged mexican pine wood by ultrasound. Nondestructive Characterization and Monitoring of Advanced Materials, Aerospace, Civil Infrastructure and Transportation IX, edited by Tzu-Yang Yu, H.

AGRADECIEMITENTOS. A La Escuela de Lauderia del INBAL (Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura) a través de la Subdirección General de Educación e Investigación Artísticas (SGEIA) por el material donado para esta investigación que será parte de la vinculación que existe entre casas de conocimiento.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224109

MODELADO DE LA COMBUSTIÓN DE UNA MEZCLA DE GAS NATURAL E HIDRÓGENO PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN TURBINAS DE GAS

Luis F. Villalón-López[1], Carlos Rubio-Maya[2], J. Jesús Pacheco-Ibarra[2], A. Gutiérrez-Martínez[3], José Guevara-Gómez[1]

1Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica, UMSNH; luis.fernando.villalon@umich.mx; 2251692e@umich.mx

2Facultad de Ingeniería Mecánica, UMSNH; carlos.maya@umich.mx; jpacheco@umich.mx

3Facultad de Ingeniería Eléctrica, UMSNH; alberto.gutierrez@umich.mx

Palabras Clave: Combustión, mezcla de hidrógeno, gas natural, modelado estequiométrico, ciclo combinado.

RESUMEN. Los combustibles fósiles han sido muy utilizados por la humanidad en las últimas décadas, pero el incremento de su uso debido al aumento en la demanda energética global ha causado diversas problemáticas, entre ellas el impacto ambiental generado al utilizar dichos combustibles. Esto ha impulsado la necesidad de buscar otro tipo de combustibles y fuentes de energía. Una de ellas es el uso de hidrógeno como combustible, ya que el hidrógeno no genera gases contaminantes como los monóxidos y dióxidos de carbono. En este trabajo se desarrolló un modelo para obtener propiedades de la combustión de una mezcla de gas natural e hidrógeno, tales como la temperatura de flama adiabática, el índice de Wobbe y los coeficientes estequiométricos de la reacción, variando el porcentaje de hidrógeno en la mezcla desde 0 hasta 100 %. El modelo también permitió variar la composición del gas natural, así como el porcentaje de aire teórico utilizado en la combustión desde 100% de aire teórico hasta un exceso del 50% para evaluar el efecto de la implementación gradual de hidrógeno en las propiedades termodinámicas. Se determinó un límite de porcentaje de hidrógeno de 18.16% en la mezcla para el uso de este combustible en ciclos que utilicen turbinas de gas sin requerir modificaciones mayores de los equipos. Por último, se comparó la variación en los resultados entre considerar el gas natural como metano o de acuerdo a su composición.

INTRODUCCIÓN. El aumento en la demanda de energía que requiere el humano, así como el número de equipos que utilizan tales combustibles está generado una crisis energética, a la par de una problemática climática que la humanidad lucha por disminuir desde las últimas décadas. Tal sobrexplotación ha generado excesos en la contaminación a nivel global provocando notables cambios climáticos. En 2019 el total de emisiones de CO2 fueron equivalentes a 33 gigatoneladas, siendo el 41% de estas emisiones provenientes del sector de generación de energía. Debido a estos problemas en los últimos años se han buscado fuentes alternas de energía tales como la generación eólica, geotérmica y solar entre otras. Una acción propuesta para reducir dichas emisiones, es el uso de hidrógeno como combustible ya que este no contiene carbón y por tanto no libera dióxido de carbono al ser quemado, aunque en su lugar libera emisiones de óxidos nitrosos (NOX) los cuales deben ser monitoreados de igual manera. En general, el hidrógeno es una opción presente, pero aún existen muchas cuestiones por determinar para que este elemento sea aplicado como combustible recurrente en los diversos sistemas energéticos del mundo, por lo que un punto clave en su desarrollo es en análisis a profundidad

de su proceso de combustión y su comportamiento. Este trabajo propone un modelo estequiométrico para analizar la combustión del hidrógeno mezclado a diferentes porcentajes con gas natural para obtener las propiedades necesarias que permitan caracterizar sistemas energéticos, para posteriormente ser utilizado en turbinas de gas.

ANTECEDENTES. En la actualidad, se han desarrollado algunos experimentos y estudios para utilizar el hidrógeno como combustible. Se han obtenido equipos funcionando con mezclas de hidrógeno y algún otro combustible o modelos a escala de turbinas de gas. A la par, se han modelado diversos procesos de combustión del hidrógeno, tanto con mezclas como de forma individual, de entre ellos destacan los siguientes:
Cappelletti y Martelli (2017), describieron el diseño y las investigaciones llevadas a cabo para la elaboración de un quemador alimentado 100% por hidrógeno, modificando un quemador ya existente al agregar un remolino axial y un sistema de inyección de múltiples flujos. Obtuvieron un quemador que brinda un control de flama totalmente funcionando con hidrógeno puro. Meziane y Bentebbiche (2019), investigaron el efecto de la mezcla de hidrógeno y gas natural en la eficiencia de combustión de una cámara de combustión, realizando simulaciones CFD para varias fracciones de hidrógeno (desde 0% hasta 90%). Los resultados principales mostraron que el uso de un esquema detallado para la combustión produce distribuciones de temperatura más suaves, pero a la vez produce errores en las mediciones de CO2 y NOx. Maya, Restrepo y Amell (2021), realizaron un modelo para cuantificar las propiedades del combustible, incluyendo variables como el poder calorífico, el índice de Wobbe, la gravedad específica. Con los resultados del modelo, obtuvieron una curva parabólica donde la temperatura de flama adiabática máxima se alcanza al tener 100% de aire teórico.

OBJETIVO. Modelar la combustión del gas natural mezclado con hidrógeno a diferentes porcentajes. Obtener las propiedades termodinámicas de la combustión que permitan caracterizar termodinámicamente el proceso de combustión para ser implementado en una planta de ciclo Brayton.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología para el análisis de la combustión del hidrógeno comienza con la revisión bibliográfica de las fuentes de información necesarias para recopilar los datos necesarios sobre le hidrógeno, los procesos de combustión y su implementación en cámaras de combustión. Posteriormente para la elaboración del modelo inicia con un modelo simple de la combustión del metano, que permite obtener los coeficientes estequiométricos y propiedades tales como la temperatura de flama adiabática, la relación de aire combustible y el índice de Wobbe. Una vez hecho esto, el modelo es implementado en el software Engineering Equation Solver (EES), lo que permite la manipulación de variables de entrada como la presión, la temperatura, la humedad del aire o porcentaje de aire estequiométrico. A continuación, se agrega al modelo el hidrógeno como combustible a diferentes porcentajes y se comparan las propiedades de la combustión. Después, el metano es sustituido por gas natural, agregando variables como el porcentaje de hidrocarburos en su composición y poder calorífico. Con esto se tiene el segundo modelado de la combustión den hidrógeno, pero ahora mezclado con gas natural. De ambos modelos, se presentan los resultados por medio de diversas gráficas. Por último, la validación del modelo se realizó tomando otros trabajos similares como referencia. La metodología completa a seguir de este trabajo se muestra en la Figura 1.



Fig 1. *Metodología del modelado.*

RESULTADOS. Con el modelo se obtuvieron entre otros datos, el valor de los coeficientes estequiométricos de los principales productos de la combustión (dióxidos de carbono y agua), así como la cantidad de aire teórico requerido. La Tabla 1 muestra los resultados para 0%, 50%, 90% y 100% de hidrógeno en el combustible para ambos modelos de metano mezclado con hidrógeno y gas natural mezclado con hidrógeno. Para el caso del dióxido de carbono y el agua, el valor de los coeficientes estequiométricos disminuye conforme se aumenta el porcentaje de hidrógeno. Cuando hay 100% de hidrógeno, la cantidad de dióxido de carbón generado es cero, debido a que el combustible ya no contiene carbono. La cantidad de aire estequiométrico requerido es mayor para el gas natural un 5.57% que para el metano cuando hay 0% de hidrógeno, pero también se reduce conforme se aumenta el porcentaje de hidrógeno hasta un 1.78% cuando hay 90% de hidrógeno.

Hidrógeno (%)	$CO2$		$H2O$		**Aire**	
	GN	CH4	GN	CH4	GN	CH4
0	1.09	1	2.07	2	2.118	2
50	0.545	0.5	1.535	1.5	1.309	1.25
90	0.109	0.1	1.107	1.1	0.6618	0.65
100	0	0	1	1	0.5	0.5

Tabla 1*. Coeficientes estequiométricos y aire teórico.*

También se obtiene la relación aire combustible para ambos casos. Se aprecia un aumento en la relación tanto para el metano como para el gas natural al incrementar el porcentaje de hidrógeno. Cuando se considera en el modelo el gas natural, la cantidad de aire necesaria es ligeramente menor que la del metano con una diferencia del 4.67% hasta el 60% de hidrógeno, posterior a eso la diferencia se reduce hasta 3.29% al tener 90% de hidrógeno. Estos resultados se observan en la Figura 2.
El índice de Wobbe obtenido al considerar el modelo con el metano se muestra en la Figura 3. Se observa que el valor se hace más pequeño conforme se aumenta el porcentaje de hidrógeno hasta el 80%. El valor del índice de Wobbe para turbinas gas natural permitido por la NOM-001-SECRE-2010 va desde los 48.2 $\mathrm{kJ/m3}$ hasta 53.2 $\mathrm{kJ/m3}$. El valor en el cual hay un límite con esta norma se observa en la gráfica cuando hay un 18.16% de hidrógeno en la mezcla.

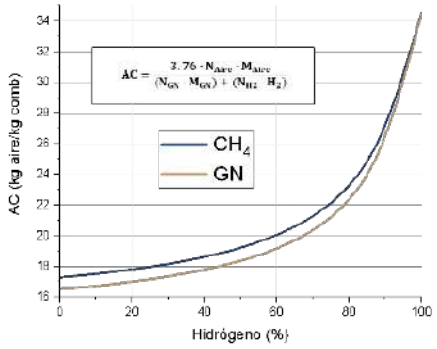


Fig 2. *Relación aire-combustible.*

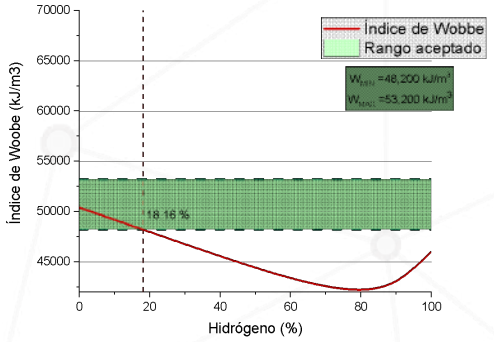


Fig 3. *Índice de Wobbe.*

La temperatura de flama adiabática permite conocer la temperatura máxima a la cual saldrán los gases de combustión, a mayor temperatura habrá más energía en los gases. Los resultados del modelo al utilizar gas natural mezclado con hidrógeno indican un incremento de dicha temperatura conforme aumenta el porcentaje de hidrógeno en la mezcla, dichos resultados se muestran en la Tabla 2. Desde el 0% hasta el 100% de hidrógeno hay un aumento total del 8.1% en la temperatura de flama adiabática. Esta temperatura es obtenida considerando un 100% de aire teórico, ya que, al haber un exceso o un déficit de aire, el porcentaje disminuirá debido a las reacciones internas del proceso de combustión.

H2	**0 %**	**20 %**	**40 %**	**60 %**	**80 %**	**100 %**
TFA (°C)	2331	2343	2359	2384	2428	2519

Tabla 2. *Temperatura de flama adiabática.*

CONCLUSIONES. La implementación de mezclas de hidrógeno con gas natural para ser utilizado en turbinas de gas en una opción aún en estudio, pero con grandes avances en los últimos años. Es una alternativa viable ya que al analizar el proceso de la combustión de dicha mezcla a diferentes porcentajes mediante un modelo estequiométrico se obtuvieron coeficientes estequiométricos menores conforme se aumentaba el porcentaje de hidrógeno, incluyendo el del dióxido de carbono. Esto significa que al usar hidrógeno como combustible es posible reducir las emisiones de gases contaminantes y así contribuir a la reducción del cambio climático. La relación de aire combustible aumenta conforme se aumentan los porcentajes de hidrógeno en las mezclas, por lo cuál se requerirá más aire, pero este al ser un elemento muy abundante en la Tierra, no representa un mayor inconveniente, sin embargo, se debe considerar para las dimensiones de los equipos para poder proporcionar el flujo de aire adecuado. De igual forma, la temperatura de flama adiabática aumenta hasta un 8.1% al utilizar el hidrógeno como combustible, lo que significa que habrá más energía disponible cuando hay una combustión completa con 100% de aire teórico. Por último, el índice de Wobbe indica que es posible utilizar el hidrógeno mezclado con gas natural en los equipos ya existentes hasta una mezcla del 18.16% de hidrógeno, debido a que tienen una relación entre el poder calorífico y la densidad relativa similares.

REFERENCIAS.

1. Cappelletti, A., & Martelli, F. (2017). Investigation of a pure hydrogen fueled gas turbine burner. International Journal of Hydrogen Energy, 42(15), 10513–10523. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.104
2. Goldmeer, J. G., & Catillaz, J. C. Hydrogen for power generation: Experience, requirements, and implications for use in gas turbines. The Future of Energy—building a World That Works.
3. IMCO staff. (2022). México anuncia el incremento de sus compromisos climáticos en la COP7. In Instituto Mexicano Para La Competitividad. [Último acceso julio 2024] https://imco.org.mx/mexico-anuncia-el-incremento-de-sus-compromisos-climaticos-en-la-cop-27/.
4. Maya, L., Restrepo, A., & Amell Arrieta, A. A. (2021). Theoretical and numerical study of the combustion properties of premixed hydrogen/natural gas/air at a sub-atmospheric pressure of 0.849 Bar. CT&F - Ciencia, Tecnología Y Futuro, 11(2), 39–49. https://doi.org/10.29047/01225383.374.
5. Meziane, S., & Bentebbiche, A. (2019). Numerical study of blended fuel natural gas-hydrogen combustion in rich/quench/lean combustor of a micro gas turbine. International Journal of Hydrogen Energy, 44(29), 15610–15621. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.04.128.
6. NOM-001-SECRE-2010, Diario Oficial de la Federación, México, D.F., a 19 de marzo de 2010.

Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología **ID: CC0224111**

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DE MANUFACTURA ADITIVA POR ARCO DE ALMBRE CON BAJO APORTE TÉRMICO Y DEFORMACIÓN

Benjamín Max Medina Prieto[1], Víctor García García[1], Emmanuel Reyes-Gordillo[1]

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; l20121382@morelia.tecnm.mx

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; victor.gg@morelia.tecnm.mx

1 Tecnológico Nacional De México campus Instituto Tecnológico de Morelia; reyesg_le@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: manufactura aditiva, modelación, esfuerzos residuales, deformaciones.

RESUMEN. Este trabajo simuló la recuperación de componentes industriales por modelación de elemento finito en Ansys Mechanical mediante la adición de elementos ordenada al avance de fuente de calor. Se realizó análisis térmico transitorio de adición de material con fuente de calor de doble elipsoide de Goldak. Se determinaron distribución de temperatura, medición de temperatura en puntos específicos. La temperatura máxima registrada fue de 589.22 °C. Mientras que, la deformación y esfuerzo normal máximos fueron de 0.25866 mm y 180 MPa, respectivamente. A pesar del sobrecalentamiento, los esfuerzos y deformaciones estimados fueron relativamente bajos.

INTRODUCCIÓN. La manufactura aditiva (Additive Manufacturing), ha ganado relevancia en años recientes. Este proceso se basa en unir materiales para crear objetos geométricamente complejos de acuerdo con un modelo 3D mediante incrementos capa por capa de material fundido sobre un sustrato [1,2]. El proceso WAAM (manufactura aditiva por arco de alambre, por sus siglas en inglés), es uno de los más empleados debido a su alta tasa de deposición. El método GMAW (soldadura por arco metálico con gas), por sus siglas en inglés, tiene la mayor tasa de deposición y una eficiencia energética de 90%, tiene costo bajo en comparación con otros métodos por lo que, suele emplearse con el método WAAM. Los problemas del proceso WAAM son los altos esfuerzos residuales por excesivo calor, poca precisión en dimensiones, deformaciones y acabado superficial pobre [3,4]. Sin embargo, la manufactura aditiva es útil para recuperar piezas industriales de alto valor que han sufrido desgaste. Estos componentes tienen propiedades mecánicas y dimensiones específicas y no es rentable adquirir unidades nuevas para las pequeñas empresas, siendo una desventaja frente a grandes industrias. Para recuperar las piezas se debe determinar la secuencia de aplicación del material de aporte sin cambiar sus propiedades por sobrecalentamiento. Las pruebas experimentales son gastos de materiales, mano de obra y energéticos, por lo que la simulación resulta en una herramienta apropiada para esta tarea.

ANTESCEDENTES. P. Poljak, et al. (2023). Simulación de soldadura con método de elementos finitos, nacimiento y muerte de elementos en Ansys. Análisis de unión soldada en estructuras de acero inoxidable. [5]. Yeye Cheng & Hehui Wang (2021). Analizaron acero para tuberías L415 y simularon los campos térmico y mecánico mediante ANSYS. Ellos aplicaron una fuente de calor de banda implementada a través de comandos APDL y usando la técnica de nacimiento y muerte de elementos. [6]. Raffaele Sepe, et al. (2021). Estudiaron el proceso de soldadura de junta T

disímil unidas por soldadura SMAW, con modelado avanzado de elementos finitos y prueba de laboratorio. Además, utilizaron la técnica nacimiento y muerte de elementos. [7].

OBJETIVO. Establecer las condiciones necesarias para evitar sobrecalentamiento y distorsión excesiva en la recuperación de piezas industriales. Determinar la ruta del movimiento de la fuente de calor para la aplicación de material de aporte para optimizar el proceso de recuperación del componente. Determinar tiempos de enfriamiento entre aplicación de material para obtener un tamaño de capa idóneo. Definir parámetros a utilizar en fuente de calor que representen adecuadamente las condiciones reales de soldeo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Modelos matemáticos. Campo térmico: ecuación de difusión de calor, estado transitorio, (Ecuación 1) fue resuelta numéricamente mediante elemento finito [8].

$$\partial xk\partial T\partial x+\partial yk\partial T\partial y+\partial zk\partial T\partial z+q=\rho cp\partial T\partial t$$

Modelo de fuente de calor. Modelo de doble elipsoide de Goldak (Fig. 1). Basado en distribución gaussiana de densidad de calor en el espacio [11]. Las ecuaciones del modelo se muestran desde la Ecuación 2 a la Ecuación 7.

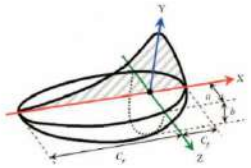


Figura 1. *Modelo de doble elipsoide. [10]*

$$qf=6\sqrt{3}ffQabcf\pi\sqrt{\pi}exp(-3(x-h2a2+y-k2b2+z-m2cf2)$$

$$qr=6\sqrt{3}frQabcr\pi\sqrt{\pi}exp(-3(x-h2a2+y-k2b2+z-m2cr2)$$

$$ff+fr=2 \qquad ff=2ffff+fr \qquad fr=2frff+fr \qquad Q=VI\eta v$$

Modelo mecánico. El campo mecánico contempló la solución numérica de las siguientes ecuaciones: ecuación de equilibrio de tensiones (Ecuación 8) y ley isótropa de Hooke (Ecuación 9) [9].

$$\nabla\cdot\sigma=0 \qquad \sigma=Ce$$

Deformación total ε (Ecuación 10), la cual se compone de ε^{th}, ε^{p} y ε^{e} que representan la deformación térmica (Ecuación 11), plástica y elástica, respectivamente [9].

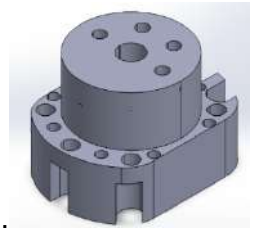
$$\varepsilon=th+p+e \qquad th=\alpha\cdot\Delta T$$

Modelo de pieza a recuperar: sección de molde para fabricar piezas automotrices (Fig. 2). La superficie para recuperar fue la cara superior donde se practicaron cinco barrenos de 3 mm de profundidad y 1/16 in de diámetro para colocación de termopares tipo K. Los barrenos fueron enumerados del 1 al 5 y ubicados a distancias desde la superficie de 5 mm, 10 mm, 15mm, 20mm y 25 mm; y a 45° de separación polar entre ellos.

Se aplicarán 18 cordones rectos. Las dimensiones de los cordones fueron obtenidas en pruebas previas. Se aplicó un movimiento de adición de material en zigzag usando parámetros indicados en la Tabla 1. Se realizó el análisis térmico transitorio en Ansys Mechanical. La pieza fabricada en acero H13 opera a una temperatura máxima de 540°C [12]. Las propiedades termo dependientes se muestran en la Tabla 2. El material de cordones: acero 308L. Propiedades: conductividad térmica isotrópica: 0.0152 W/mmK; densidad: 7.90E-06 kg/mm^3; calor específico (cp): 500 J/kgK.

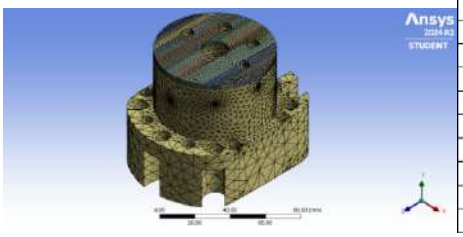
La malla del modelo (Fig. 3) consistió en elementos hexaédricos de 1.5 mm para los cordones. Elementos tetragonales de 7 mm en el resto de la pieza. Refinamiento de 1 en caras donde están

los probes. El número total de nodos fue 103,487 y 45,791 elementos. Las condiciones de frontera impuesta fue la convección en las capas y pieza base (usando coeficientes de convección de 2e-5 W/mm^{2}K y 3e-5 W/mm^{2}K).



.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidades
Fuente de calor	a	2	mm
	b	5.2	mm
	cf	3	mm
	cr	6	mm
Altura de cordón	-	3.7	mm
Ancho de cordón	-	3.5	mm
Paso de tiempo	PT	0.6	-
velocidad de avance	v	3	mm/s
Voltaje	V	16	V
Corriente	I	151.73	A
eficiencia térmica	η	0.8	-
Tiempo de espera entre cordones	Tesp1	3	s
Tiempo de espera entre capa	Tesp2	30	s



Temperatura (°C)	Densidad	Unidades
20	0.0000078	kg/mm3
400	0.0000077	kg/mm3
1100	0.0000076	kg/mm3
	Conductividad térmica isotrópica	
215	0.0243	W/mmK
350	0.0243	W/mmK
475	0.0244	W/mmK
605	0.0247	W/mmK
1100	0.03	W/mmK
	Calor específico	
	460	J/kg°C

La fuente de calor y la técnica de nacimiento y muerte fueron implementados en el modelo computacional mediante comandos APDL. La deformación y el esfuerzo residual fueron modelados aplicando la misma malla del modelo térmico. Un apoyo fijo en la base de la pieza fue aplicado como condición de frontera. Las propiedades de materiales para la modelación mecánica fueron: Coeficiente de expansión térmica: 1.14E-05°C^{-1}; Modulo de Young: 202.5 GPa; Relación de Possion: 0.3 para el acero **H13**. Mientras que para el material de aporte **(308L),** se aplicaron las siguientes propiedades: Coeficiente de expansión térmica: 1.65E-05°C^{-1}; Modulo de Young: 196.5 GPa; Relación de Possion: 0.3

RESULTADOS. Distribución de temperatura obtenida con parámetros establecidos (Fig. 4). Las mediciones de los cinco Probes se muestran de Figura 5 a Figura 9, así como la deformación total por la carga térmica (Fig.10) y el esfuerzo residual (Fig. 11).

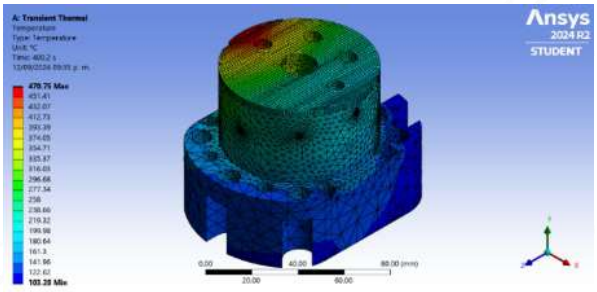


Figura 4. *Distribución de temperatura térmico.*

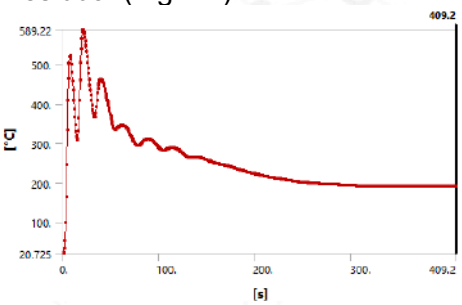


Figura 5. *Probe 1*

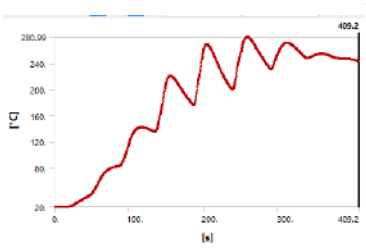


Figura 6. *Probe 2 térmico.*

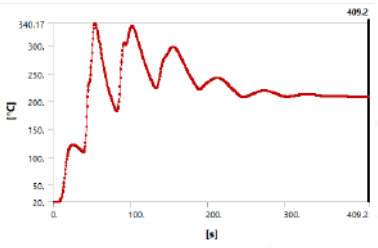


Figura 7. *Probe 3 térmico.*

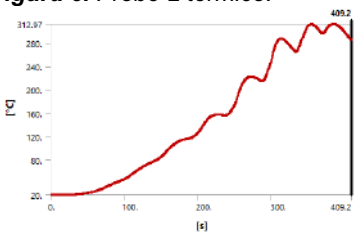


Figura 8. *Probe 4*

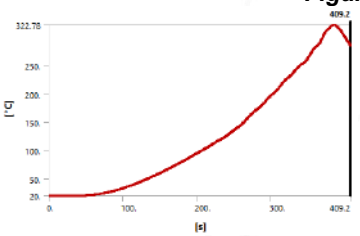


Figura 9. *Probe 5*

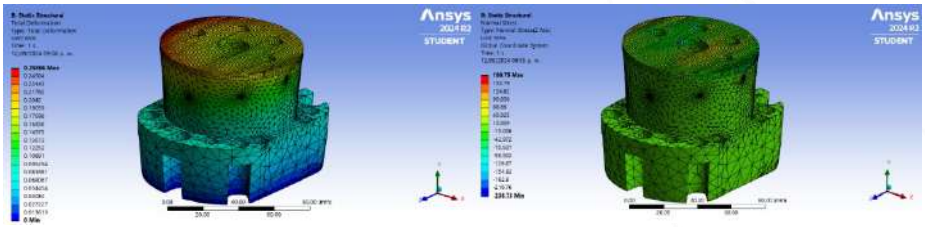


Figura 10. *Deformación total.*

Figura 11. *Esfuerzo residual*

.

CONCLUSIONES. Probe 1, es el más cercano a superficie, cuya temperatura máxima registrada fue 589.22°C, la cual excedió por poco la temperatura máxima de trabajo del material. Esta temperatura es consecuencia del poco tiempo de espera entre cordones (Tesp1). Sin embargo, aumentar el tiempo de espera trae consigo el incremento del tiempo de simulación. Otros factores que influyen en tiempo de simulación son paso de tiempo, calidad de la malla y condiciones de frontera, ya que no se consideró radiación, así como se utilizó convección constante. El análisis mecánico muestra bajas deformaciones y bajos esfuerzos residuales a pesar del ligero sobrecalentamiento.

REFERENCIAS.

1. Gong, G., Ye, J., Chi, Y., Zhao, Z., Wang, Z., Xia, G., ... & Chen, C. (2021). Research status of laser additive manufacturing for metal: a review. Journal of Materials Research and Technology, 15, 855-884.
2. Herzog, D., Seyda, V., Wycisk, E., & Emmelmann, C. (2016). Additive manufacturing of metals. Acta Materialia, 117, 371-392.
3. Wu, B., Pan, Z., Ding, D., Cuiuri, D., Li, H., Xu, J., & Norrish, J. (2018). A review of the wire arc additive manufacturing of metals: properties, defects and quality improvement. Journal of manufacturing processes, 35, 127-139.
4. Ding, D., Pan, Z., Cuiuri, D., & Li, H. (2015). Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 81, 465-481.
5. Poljak, P., Pavković, M., Konjatić, P., & Gelo, I. IMPLEMENTATION OF BIRTH AND DEATH TECHNIQUE IN ANSYS SOFTWARE FOR WELDING DISTORTION SIMULATION.

6. Cheng, Y., & Wang, H. (2021, March). Finite Element Analysis of Welding Residual Stress in Longdistance Gas Pipeline. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 687, No. 1, p. 012105). IOP Publishing.
7. Sepe, R., Giannella, V., Greco, A., & De Luca, A. (2021). Fem simulation and experimental tests on the smaw welding of a dissimilar t-joint. Metals, 11(7), 1016.
8. Melicher, R., Meško, J., Novák, P., & Žmindák, M. (2007). Residual stress simulation of circumferential welded joints.
9. Li, L., Zhang, X., Pan, T., & Liou, F. (2022). Component repair using additive manufacturing: Experiments and thermal modeling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1-14.
10. Moradi, M., Ghoreishi, M., & Rahmani, A. (2016). Numerical and experimental study of geometrical dimensions on laser-TIG hybrid welding of stainless steel 1.4418. Journal of Modern Processes in Manufacturing and Production, 5(2), 21-31.
11. Goldak, J., Chakravarti, A., & Bibby, M. (1984). A new finite element model for welding heat sources. Metallurgical transactions B, 15, 299-305.
12. Aceros SISA. (2012). Acero SISA H13. Acero para trabajo en caliente. https://sisa1.com.mx/wp-content/uploads/Acero-SISA-H13.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224112

DIAGNÓSTICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA ESTRUCTURA DE MADERA DE LA IGLESIA DE SANTIAGO APÓSTOL, TUPÁTARO MICHOACÁN

Karla Ortiz Paramo[1], Mayra Irery Carrillo Gómez[2] Carlos Alberto Hiriart Pardo[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Arquitectura, Morelia México – 2009414g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la madera, División de Estudios de Posgrado, Morelia, México - 9506397x@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Arquitectura, División de Estudios de Posgrado, Morelia, México - carlos.hiriart@umich.mx

Palabras Clave: Diagnóstico, Madera patrimonial, Contenido de humedad.

RESUMEN. La humedad en las estructuras de madera es un factor crítico que puede influir significativamente en la durabilidad y la integridad estructural. En este documento se muestra una parte del análisis que actualmente se realiza apoyando a la investigación Post Doctoral de la Dra. Mayra Irery Carrillo Gómez, referente a la madera estructural en la iglesia de Tupátaro, Michoacán. En el marco de un proyecto de investigación conjunto de la Facultad de Arquitectura en la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo y en colaboración con el Centro INAH Michoacán. (Instituto Nacional de Antropología e Historia) y financiado por CONACYT. El objetivo del estudio fue proporcionar una visión integral del estado actual de las estructuras de madera, fundamental para la planificación de intervenciones de conservación y restauración. La evaluación incluyó una observación detallada para identificar signos visibles de daño y la aplicación de técnicas avanzadas como mediciones de humedad y ultrasonidos, que permitieron detectar problemas estructurales no visibles. Los resultados mostraron que las áreas más afectadas son aquellas expuestas al aire libre y las que contienen madera original de la estructura. Este diagnóstico es esencial no solo para la preservación de este patrimonio histórico, sino también para garantizar la estabilidad y seguridad a largo plazo de la edificación.

INTRODUCCIÓN. Las estructuras de madera han sido una elección común en la construcción de edificios históricos, especialmente en regiones con una rica herencia cultural. (Macchioni et al., 2018; Riggio et al., 2018; Machado et al., 2015) Sin embargo, su conservación presenta desafíos significativos, siendo la humedad uno de los factores más críticos que afectan su durabilidad. La comparación entre medidas iniciales y detalladas de la humedad en la madera puede revelar la progresión del deterioro o la afectación por factores estacionales. El monitoreo continuo de la humedad es esencial para la conservación de estructuras de madera, ya que las primeras mediciones pueden subestimar problemas ocultos (Forest Products Laboratory, 2010). Esto resalta la importancia de utilizar técnicas avanzadas, como el ultrasonido, para obtener una evaluación más precisa de las condiciones internas de la madera y detectar daños potenciales no visibles en la superficie. La inspección y diagnóstico detallados de estas estructuras son fundamentales para identificar daños, deficiencias y para analizar las causas de los procesos de deterioro, (Carrillo G. M. I., Raya G. D.;2020, Carrillo G. M. I., et. alt 2022).

ANTECEDENTES. La madera ha sido fundamental en construcciones históricas, siendo las iglesias grandes representantes de la tipología colonial en México. Debido a su disponibilidad y propiedades estructurales la madera ha estado presente en distintos estilos arquitectónicos. Ejemplos como la Iglesia de Santiago Apóstol en Tupátaro, Michoacán, en donde la madera es uno de los materiales principales, es posible apreciar el uso de técnicas tradicionales propias del arte y la arquitectura de la región. Sin embargo, la madera es vulnerable a la humedad, que puede dañarla a largo plazo. (M. Riggio, et. alt, 2018). Diagnósticos como el ultrasonido y mediciones de humedad son esenciales para preservar estas edificaciones. (Carrillo G. M. I., Raya G. D.;2020, Carrillo G. M.I., et.alt 2022). En la Iglesia de Santiago Apóstol, estudios preliminares han detectado humedad en las vigas, lo que resalta la necesidad de evaluar y conservar adecuadamente la estructura

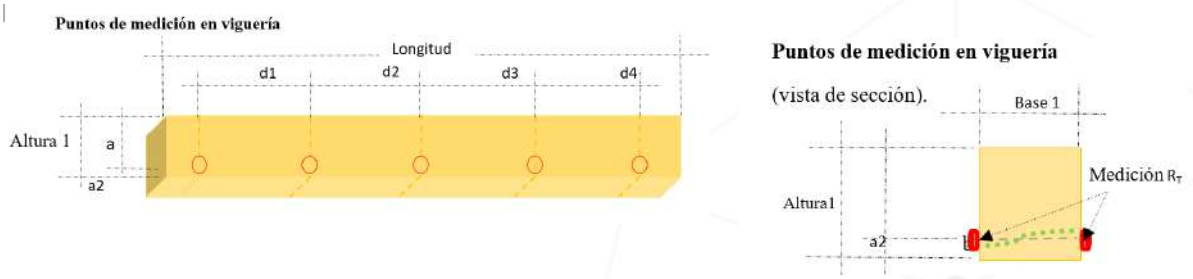
OBJETIVO. El objetivo fue emplear una metodología de trabajo basada en la aplicación de métodos no destructivo como medida predictora para la inspección y evaluación, in situ, del estado de elementos estructurales de madera. Basándonos en las medidas de la velocidad de transmisión de ondas ultrasónicas, empleando equipos portátiles, de fácil manejo y apta para su empleo en piezas estructurales de madera. Para así mejorar los diagnósticos de las edificaciones, enfocadas especialmente a la restauración y rehabilitación.

MATERIALES Y MÉTODOS. La estrategia experimental consistió en analizar viga por viga una muestra representativa del entramado del techo como se propone en varios trabajos de esta índole con un total de 27 vigas, siendo esta la primera etapa del estudio (ver Fig. 1), (Carrillo M. I., H.G. Carreón G. 2019). Se consideraron los puntos siguientes: Antecedentes (Descripción general: tipo de edificio, antigüedad, número de plantas, tipo de construcción).



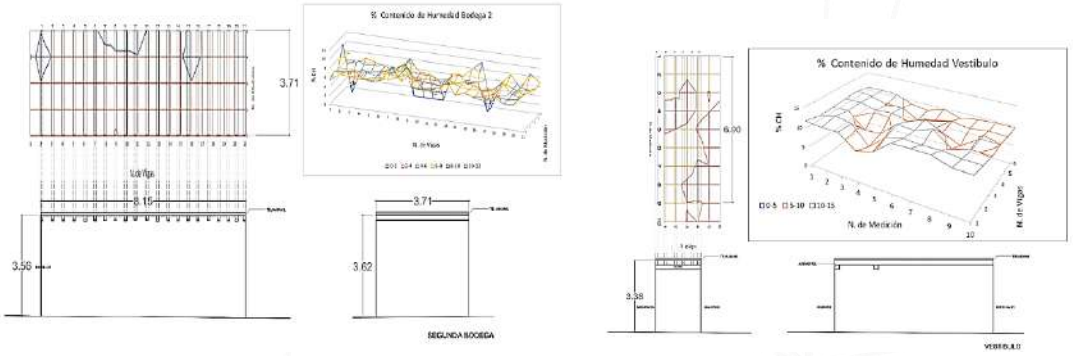
Figura 1. *Planta donde se ubican con amarillo los espacios analizados. Elaboro: Karla Ortiz Páramo*

Inspección (Existencia de planos, documentación, levantamiento arquitectónico y estructural). Peritaje estructural (Asignación de propiedades mecánicas mediante clasificación visual y aplicación de técnicas no destructivas de ultrasonido). Conclusiones (Estado actual). El factor de variabilidad se limita al género *Pinus* de madera aserrada originaria de árboles originarios de regiones ecológicamente similares. El grupo de vigas fue estudiado desde la parte empotrada al muro y la zona expuesta en tres de sus caras al ambiente de exterior. Se estima que su periodo de servicio no es mayor de 50 años aproximadamente según los datos proporcionados en las dos zonas analizadas y presentadas. Para los estudios en campo se utilizó los equipos Fakcopp (Fig. 2) e higrómetro eléctrico Neoteck Humidímetro digital para madera. A la par de la toma de dimensiones de las secciones se fueron marcando los puntos en los elementos de madera en donde se colocaron los sensores de medición para obtener la velocidad en el sentido longitudinal y transversal radial de la madera (Fig. 2). (Carrillo G. M.I., J. Cruz L. J., G.H. Carreón G, 2018). En este caso no fue posible de obtener una muestra debido a los criterios de manejo de las estructuras de madera del propio instituto, el dato fue tomado de bibliografía existente basándose en los datos proporcionados del INAH referentes al origen y tipo de madera (Íñiguez-González G., et. alt. 2005).



Los tiempos de transmisión de la onda se midieron con el aparato Fakopp en la dirección trasversal radial de las vigas en los mismos puntos donde se midió el contenido de humedad (Figura 3). El equipo emplea una frecuencia de emisión de la onda acústica (23 kHz) por excitación mecánica mediante un golpe sobre uno de los sensores Este tipo de equipo se emplea en las evaluaciones de los árboles en el bosque o plantaciones. Esta herramienta proporciona mediciones de la velocidad acústica, que se ha demostrado que se relacionan directamente con una importante propiedad de la madera. La velocidad de onda se calculó con la relación distancia/tiempo de transmisión en 5 puntos a lo largo de cada una de las vigas como se muestra en la Fig. 2 (Carrillo G. M. I, et. alt 2019; Carballo-Collar, et. alt 2009).

RESULTADOS. El estudio está en proceso lo presentado aquí son los primeros análisis de resultados. El diagnóstico del % CH se realizó en dos fases la primera reveló diferencias notables en él % CH entre las vigas situadas en el huerto y aquellas en la sacristía, aun cuando estas son una extensión una de otra. Las vigas en el huerto, expuestas al ambiente exterior, mostraron un % CH significativamente mayor. Esta mayor humedad, combinada con la acción de insectos, ha llevado a un deterioro considerable de la madera. En contraste, las vigas ubicadas dentro de la sacristía presentaron un % CH menor y mejores condiciones estructurales. La protección natural ofrecida por el edificio y la menor exposición a las condiciones ambientales extremas contribuyen a esta diferencia. Dentro del huerto, las mediciones de humedad indicaron una variabilidad significativa que está influenciada por factores ambientales específicos. Las vigas situadas cerca de fuentes de vegetación, como los baños y la nave central, mostraron niveles de humedad más elevados. Esta mayor humedad puede atribuirse a la proximidad de estas vigas a áreas con alta humedad relativa y vegetación, que contribuyen a la acumulación de humedad en la madera. En contraste, las vigas ubicadas en el centro del huerto, que están más expuestas a la radiación solar directa, registraron niveles de humedad más bajos. La exposición solar ayuda a reducir la humedad en la madera, lo que resulta en una menor acumulación de agua y un mejor estado general de las vigas.

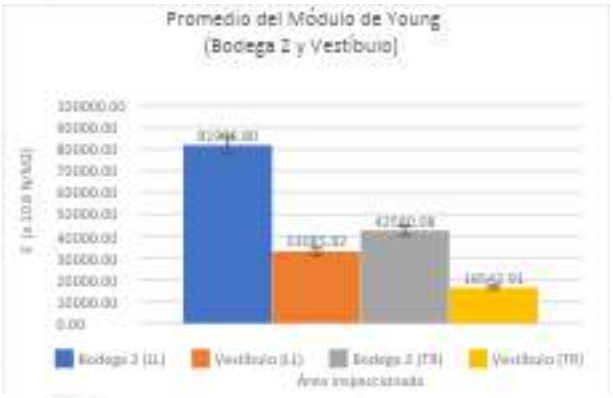


La segunda fase del análisis del % CH se efecto a la par de las mediciones ultrasónicas, ya que por norma la madera debe de estar en un 12% CH para considerarse significativas Fig.3.



Los resultados de esta segunda fase muestran que el promedio del % CH fue mayor en el área del vestíbulo en el mes de julio, mientras que los valores menores también se presentaron en esta área en el mes de junio. El área de la bodega 02 sufrió menos cambios en el % CH debido a que es un espacio que esta menos expuesto a la lluvia Fig.4.





Las mediciones de la velocidad Longitudinal y el Módulo de Young indican que el sentido longitudinal de medición presenta los valores más altos, en tanto que el sentido T y R presentan valores muy semejantes entre ellos en los valores de la velocidad de Onda longitudinal. El Módulo de Young en el sentido L de medición presenta los valores más altos en el área de la bodega 02. El valor más bajo se observó en el sentido TR en el área del vestíbulo, estos valores coinciden con lo reportado en otros trabajos fig. 5. El % CH afecta la resistencia mecánica de la madera (Carrillo G. M. I., Raya G. D.;2020, Carrillo G. M.I., et.alt 2022).

CONCLUSIONES. La investigación sobre la humedad en las estructuras de madera del Templo de Santiago Apóstol en Tupátaro, Michoacán, ha revelado que la exposición al ambiente exterior afecta significativamente la condición de las vigas. El diagnóstico, que incluyó mediciones de humedad y ultrasonido, permitió identificar áreas más vulnerables y sugiere que las intervenciones de conservación deben priorizarse en las zonas con mayor deterioro. Las zonas inspeccionas se encuentran dentro de los parámetros de seguridad y no suponen ningún riesgo para los usuarios. La información obtenida es clave para garantizar la preservación y seguridad de esta edificación histórica a largo plazo.

REFERENCIAS.

1. Carballo-Collar J., E. Hermoso-Prieto, R. Díez Barra. Kurú (2009). Revista Forestal, 17, p 26-41.
2. Carrillo G. M. I, H.G. Carreon G. (2019). Nondestructive Characterization and Monitoring of Advanced Materials, Aerospace, Civil Infrastructure, and Transportation XIII, edited by A. L. Gyekenyesi, T.-Y. Yu, H. F. Wu, P. J. Shull, Proc. Proceedings Vol. 10971.
3. Carrillo G. M. I, J.R. Sotomayor Castellanos, D. Raya González. (2019). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W15, p. 263-270. 12.
4. Carrillo G. M. I., Hiriart P. C. A. y Raya G. D. (2022). La aplicación de los Métodos no Destructivos en la Conservación del Patrimonio Construido en Madera: una estrategia preventiva de protección del Patrimonio de Morelia. 17º Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y 11º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán.
5. Carrillo G. M. I., Raya G. D. (2020). Técnicas de Inspección básicas de la madera Estructural. 15º Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y 9º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán.
6. Carrillo G. M.I., J. Cruz L. J., G.H. Carreón G. (2018), Foro de Ingeniería e Investigación en Materiales. Editado por: E.A. Aguilar-Reyes, E.Bedolla, C.A. León-Patiño, 15, p. 356-362.
7. Forest Products Laboratory. (2010). Wood handbook: Wood as an engineering material (Centennial ed.). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
8. Íñiguez-González G., J. Montón, F. Arriaga, E. Segués. (2005). Bioresources, 10, p. 2256-2265.
9. J.L. Sandoz, Y. Benoit. (2006), Structural Analysi of Historical Construction. Edited by: P.B. Lourenço, P. Roca, C. Modena, S. Agrawal p. 519-526
10. M. Riggio, D. D'Ayala, M.A. Parisi, C. Tardini. (2018), Journal of Cultural Heritage, 31, p. 220-235. 3.
11. Macchioni, N., Pizzo, B., & Sandak, J. (2018). Moisture-induced wood degradation in outdoor cultural heritage. Journal of Cultural Heritage, 31, 62-68.

Agradecimientos. Se agradece el apoyo brindado para esta investigación al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), Delegación Regional de Michoacán por las facilidades y el apoyo brindado para el muestreo correspondiente. Así como la División de Estudios de Posgrado Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224116

SÍNTESIS DE FOTOCATALIZADORES DE TiO2 MESOPOROSA DOPADOS CON Zn PARA APLICACIONES EN REACCIONES FOTOCATALÍTICAS

María Guadalupe Pérez Ponce[1], Jaime Espino Valencia[2], Jorge Luis Sánchez Escobar[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1595096f@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jaime.espino@umich.mx
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Fotocatálisis, Dióxido de titanio, Degradación.

RESUMEN. La síntesis de materiales mesoestructurados de TiO2 dopados con Zn mediante el método EISA (Por sus siglas en inglés Evaporation Induced Self Assembly) representa una forma atractiva para producir materiales mesoporosos y así obtener altos porcentajes de degradación de contaminantes. De acuerdo con lo anterior, en el presente proyecto se evaluó la síntesis de titania mesoporosa pura y dopada con distintos porcentajes de Zn para posteriormente evaluar sus propiedades fisicoquímicas mediante técnicas como TGA, DRX y actividad fotocatalítica. Los materiales sintetizados presentaron en el análisis TGA su punto de estabilidad cerca de los 250°C. Se presentaron señales de cambio de fase de los 250 a los 450°C. Los patrones de difracción de rayos X indican la presencia de las estructuras cristalinas de TiO2 (anatasa y rutilo) y ZnO (hexagonal tipo wurtzita). Se observó una señal mayor de fase rutilo en el sólido de TiO2 pura la cual al ser dopada con el Zn disminuyó la señal de rutilo y aumento la fase anatasa al aumentar el porcentaje de Zn. La actividad fotocatalítica, se analizó mediante una fotorreacción de colorante rodamina B con una concentración de colorante de 30 ppm, obteniéndose el mayor porcentaje de degradación con el sólido de TiO2 pura con un 92.61% seguido del sólido dopado con 15% Zn degradando un 89.72%. La baja actividad presentada por los sólidos dopados puede atribuirse a la mezcla de fases anatasa y rutilo dentro de su estructura. Por lo anterior al aumentar la cantidad de Zn no precisamente aumentará la actividad fotocatalítica al menos con este contaminante.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, se han llevado a cabo numerosos estudios enfocados en la contaminación de los recursos naturales. Particularmente, el análisis del agua y el suelo ha cobrado gran relevancia debido a los procesos de dispersión, bioacumulación y transporte de contaminantes presentes en estos medios. [1]. El agua al ser una molécula polar, tiene una gran capacidad de establecer enlaces de hidrógeno con otras moléculas. Debido a esto puede diluir un gran número de sustancias por lo que es considerada el “disolvente universal”. Esta característica hace que los contaminantes, principalmente los químicos que llegan a este recurso, por vertidos o arrastre, alteren en forma significativa su calidad. Algunos de los principales contaminantes en aguas son los colorantes, metales pesados y los fármacos. Debido a la gran diversidad de colorantes que existen, sus usos y aplicaciones incluyen diferentes sectores industriales como la fabricación de textiles, alimentos, cosméticos y fármacos [2]. La industria textil por ejemplo demanda colorantes azo, éstos representan el 70% de los colorantes más usados durante la tinción de telas. Se estima que hasta un 50% de colorantes utilizados en este sector termina en las aguas residuales de esta industria debido al bajo grado de fijación en las

telas [3]. Los procesos de oxidación avanzada están basados en la generación de especies fuertemente oxidantes, que tiene como objetivo principal la eliminación de compuestos solubles no biodegradables presentes en las aguas residuales. Dichos procesos usan oxidantes (químicos) para reducir los niveles DQO/DBO, y para separar los componentes orgánicos y los componentes inorgánicos oxidables. [4] dentro de estos procesos se encuentra el proceso fotocatalítico que se basa en la absorción de energía mediante un sólido, generalmente un semiconductor de banda ancha. En la región interfacial entre sólido excitado y la solución, tienen lugar las reacciones sin que el catalizador sufra cambios químicos. Por lo que, en el presente trabajo se sintetizaron catalizadores a base de TiO2 dopándolos con diferentes concentraciones de Zn, esperando que este último incida en la reacción fotocatalítica para la degradación de la rodamina B como molécula modelo de reacción.

OBJETIVO. Comparar como influye la concentración del Zn en TiO2 en fotocatalizadores preparados por el método EISA controlando la humedad. Comparar el comportamiento de los fotocatalizadores de Zn/TiO2 en función de la concentración de Zn presente en reacciones de fotocatalíticas. Determinar las propiedades fisicoquímicas de los sólidos sintetizados mediante TGA, difracción de rayos X y reacción fotocatalítica.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la síntesis de la titania mesoporosa pura y dopada con Zn, se tiene la siguiente ruta experimental: Se utilizó ácido nítrico (HNO3) como catalizador para regular la cinética de condensación evitando la precipitación del precursor y favorecer la formación de la estructura. El solvente fue alcohol etílico absoluto anhidro. Como orientador de estructura se empleó el copolímero neutro P123. [5] Primeramente, se comenzó por preparar una solución alcohólica del orientador, ésta se mezcló durante un periodo de tiempo y posteriormente se agregó el catalizador y el precursor de titania (Butóxido de titanio IV), la mezcla resultante, se agitó durante 1 hora, en el caso de los catalizadores dopados el precursor de Zn (Nitrato de Zn hexahidratado) con porcentajes en peso en los polvos de titania teórica 5, 10, 15 y 20% en solución alcohólica fueron adicionados posterior a la adición del catalizador y precursor de titanio, para después mezclar por 1 hora, posteriormente se adicionó agua por goteo hasta formarse el gel. Ya formado el gel se suspende la agitación y el sistema formado fue colocado en la cámara climática a 25°C y 80% humedad por 24 horas. Posterior al secado se sometió el sólido a un análisis termogravimétrico él cuál nos sirvió de ayuda para poder establecer un perfil para el tratamiento térmico (calcinación). Terminado el proceso de secado se llevó a cabo un análisis TGA para acondicionar un perfil de calcinación adecuado y conservar el sólido en fase anatasa. Después se caracterizó por DRX y se probó en la reacción fotocatalítica de la colorante rodamina B.

RESULTADOS.

Análisis termogravimétrico. En la figura 1 a) se muestra la comparativa de la perdida en % peso de las muestras dopadas con Zn y la muestra de titania pura. Podemos observar que todas las muestras a excepción de la muestra del 5% Zn sufren la mayor pérdida de peso en aproximadamente los 150°C, podemos observar que conforme aumenta el porcentaje de Zn también aumenta la pérdida de peso porque recordemos que los iones de Zn fueron obtenidos a partir de su sal de nitrato de zinc hexahidratado por lo cual vamos a tener una mayor cantidad de agua. Una de las razones por las que el material de 5% Zn pierde el mayor % peso en casi 250°C se le puede atribuir a que el templante (P123) se adhiere a las paredes del material y le es difícil desprenderse. En la figura 1 b) podemos observar una serie de reacciones tanto exotérmicas

como endotérmicas que también están ligadas con las pérdidas de peso de los materiales. Los materiales después de los 450°C comienzan a presentar una serie de señales pequeñas que nos indican los cambios de fase. Por lo cual es necesario hacer un tratamiento térmico a 500°C para asegurar la fase anatasa.

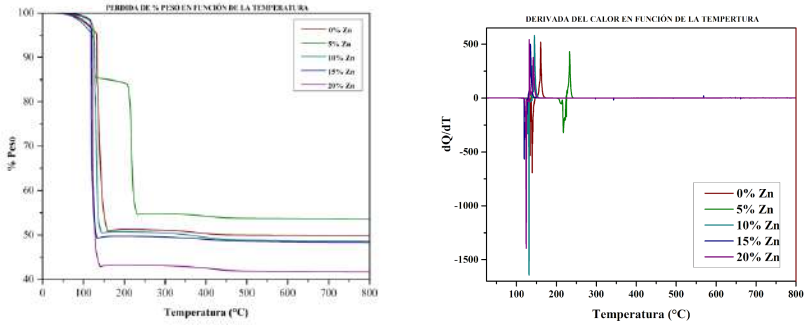


Fig.1. a) Perdida de %Peso en función de la temperatura (Elaboración propia). b) Derivada del calor en función de la temperatura (Elaboración propia).

Difracción de rayos X (DRX). En la figura 2 se muestran los difractogramas de los catalizadores de TiO2/Zn del 0 al 20% en peso de Zn. En donde podemos observar que el catalizador que no contiene Zn presenta una estructura cristalina con separación de fase anatasa en el ángulo 2θ cercano a 25.36, 36.25, 48.09, 54.46, 56.8, 62.85 que corresponden a los planos (101), (004), (200), (105), (211) y (204) respectivamente [5] y se identifica una segunda fase la cual es rutilo en el ángulo2θ cercano a 27.54, 41.38, 44.23, 69.16 que corresponden a los planos (110), (111), (210) y (301) respectivamente [6,7].

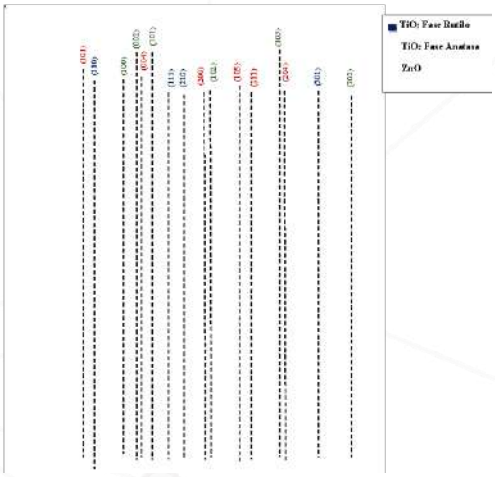


Fig.2. *Patrones de difracción de las muestras de titania pura y dopada con Zn*

Se puede observar que al aumentar la cantidad de Zn también aumenta la intensidad de la fase anatasa y disminuye la intensidad de la fase rutilo La presencia de Zn se muestra en el ángulo 2θ cercano a 32.97, 35.41, 38.10, 49.08,61.97, 74.87 que corresponden a los planos (100), (002), (101) , (102), (103) y (202) respectivamente. [8,9]

Fotoactividad. En la figura 3 se presentan los perfiles de fotodegradación hasta 6 horas de radiación. Se puede observar que la muestra de titania pura a través del método de síntesis presenta el mayor porcentaje de degradación de RhB con un 92.61%. Por otra parte, las muestras de TiO_2 dopada con Zn presentan diferentes porcentajes de degradación donde la mayor se presenta con el catalizador dopado con el 15% Zn presentando una degradación de RhB del 89.72%, seguido del catalizador con 5% Zn degradando un 84.41%, Mientras que las muestras restantes no tienen mayor significancia. Por todo lo anterior podemos deducir que el catalizador de titania pura tiene una buena funcionabilidad y no hay necesidad de sumarle Zn. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en la funcionabilidad de los sólidos pudieron estar influenciados por la mezcla de fases anatasa y rutilo en presencia del Zn.

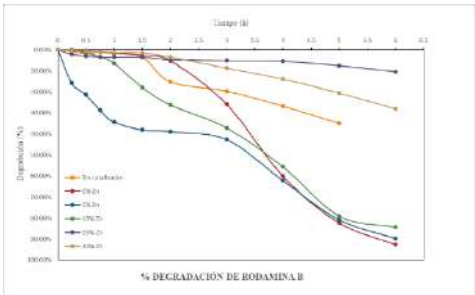


Fig.3. Perfiles de degradación fotocatalitica del colorante RhB utilizando todas las muestras sintetizadas y un blanco de referencia sin catalizador. $[RhB]_0$=6.2628 x10^{-5} M, C_{cat}=0.03 g/L, T_{cte}=25°C

CONCLUSIONES. Se sintetizaron sólidos de TiO2 y TiO2 dopados con Zn por el método EISA y se probaron fotocatalíticamente con la reacción del colorante rodamina B por ser un contaminante orgánico altamente tóxico. El análisis TGA mostró información importante, primeramente, que los sólidos sintetizados pierden aproximadamente el 50% de su peso cerca a los 150°C. Cerca a los 250 °C todos los materiales tienden a la estabilidad. Se pudieron identificar una serie de señales que indicaron el cambio de fase de anatasa a rutilo. Los resultados del análisis TGA fueron de gran ayuda para poder proponer un perfil de calcinación (tratamiento térmico). Mientras que los patrones de difracción de rayos X de todas las muestras sintetizadas presentaron flexiones correspondientes a fases cristalinas anatasa y rutilo. Se pudo observar que al aumentar la cantidad de Zn en la estructura aumenta la fase anatasa y disminuye la fase rutilo. La actividad fotocatalítica de los materiales sintetizados fue evaluada en la degradación fotocatalítica del colorante rodamina B. Los resultados obtenidos arrojan que la mejor actividad es de el sólido de TiO2 pura con un porcentaje de degradación del 92.61% seguido de los sólidos dopados con el 15% y 5% de Zn obteniendo 89.2% y 84.41% de degradación respectivamente. Por lo cual podemos deducir que el catalizador de titania pura funcionalmente es mejor y no hay necesidad de sumarle Zn. Por lo tanto, al aumentar la cantidad de Zn no aumenta su actividad fotocatalítica, al menos para este contaminante orgánico.

REFERENCIAS.

1. Manoj, S., Thirumurugan, M. & Elango, L. (2017). An integrated approach for assessment of groundwater quality in and around uranium mineralized zone, Gogi region, Karnataka, India. Arabian Journal of Geosciences, 10(24), 557. https://doi.org/10.1007/s12517-017-3321-5 Cortazar-Martínez, A, González-Ramírez, CA, Coronel-Olivares, C, Escalante-Lozada, JA, Castro-Rosas, J, & Villagómez-Ibarra, JR. (2012). Universidad y ciencia, 28(2), 187-199.
2. Cortazar-Martínez, A, González-Ramírez, CA, Coronel-Olivares, C, Escalante-Lozada, JA, Castro-Rosas, J, & Villagómez-Ibarra, JR. (2012). Universidad y ciencia, 28(2), 187-199.
3. Van der Zee, F. P. (2002) Anaerobic azo dye reduction. Wageningen University, The Netherlands, pp. 142. ISBN 90-5808-610-0.
4. LENNTECH (2023). Oxidacion avanzada. Recuperado 27 de junio de 2023
5. García, O. A. (2018). Titania Mesoporosa Dopada Con W, Mo Y W-Mo: Síntesis, Caracterización Y Actividad Fotocatalítica. 111
6. Chang, Y.-S., Lee, Y.-C., Yuhara, J., Chan, L., Teoh, L., & Chen, H. (2011). Effect of water on the formation of nanostructured mesoporous titania. CURRENT APPLIED PHYSICS, 11, 486-491
7. Shi, L., Cao, L., Gao, R., Zhao, Y., Zhang, H., & Xia, C. (2014). Synthesis and characterization of gadolinium-doped nanotubular titania for enhanced photocatalysis. Journal of Alloys and Compounds, 617, 756-762.
8. Z. Zidi, M. Ltifi, Z. Ben Ayadi, L. EL Mir & XR Nóvoa (2020) Efecto de la nano-ZnO sobre propiedades mecánicas y térmicas de geopolímeros, Journal of Asian Ceramic Societies, 8:1
9. Jayswal, Shefali & Moirangthem, Rakesh S.. (2018). Thermal decomposition route to synthesize ZnO nanoparticles for photocatalytic application. AIP Conference Proceedings. 2009.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224120

REMOCIÓN DE TETRACICLINA EN DISOLUCIONES ACUOSAS MEDIANTE BIOCARBÓN A BASE DE CÁSCARA DE AGUACATE

Maritza Rojas Martínez[1], Ruth Alfaro Cuevas Villanueva[2], Raúl Cortés Martínez[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 161467@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ruth.alfaro@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; raul.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Adsorción, biocarbón, contaminantes emergentes, tetraciclina, tratamiento de agua.

RESUMEN. Biocarbón (BC) producido a partir de cáscara de aguacate mediante el proceso de pirolisis a 500 °C modificado con solución alcalina, fue utilizado como adsorbente para remover tetraciclina (TC) de soluciones acuosas. El BC se caracterizó por microscopía electrónica de barrido para investigar su morfología y propiedades de superficie, así como también un análisis de espectroscopia de infrarrojo para identificar sustancias químicas o grupos funcionales. Los resultados demostraron que el BC activado contiene estructuras porosas y grupos funcionales que contienen oxígeno más abundante. Se evaluaron los efectos de la concentración inicial de TC, el tiempo de contacto, el valor del pH y la temperatura de la solución sobre el rendimiento de la adsorción. Los resultados demuestran que la capacidad de adsorción del BC para remover TC es mediana en comparación con otros BC con un valor de 83.82 mg/g. Los datos se ajustaron a modelos de isotermas, demostrando que los modelos de Freundlich y Langmuir describen bien los datos a temperaturas bajas; sin embargo, el modelo Langmuir-Freundlich se ajusta mejor a los datos a 40°C, sugiriendo un mecanismo de adsorción distinto a mayor temperatura. El sistema de adsorción tiene propiedades endotérmicas y espontáneas de acuerdo con los parámetros termodinámicos. El mecanismo de adsorción de TC mediante el biocarbón activado sugiere un rol importante del llenado de poros, así como de la interacción del aceptor del donante de electrones, los enlaces de hidrógeno y las fuerzas electrostáticas. Se pudo demostrar la capacidad del BC para remover tetraciclina de soluciones acuosas, mejorando dicha remoción mediante la modificación alcalina

INTRODUCCIÓN. La tetraciclina (TC) es compuesto de color amarillo utilizado para tratar infecciones bacterianas considerado como uno de los contaminantes emergentes de preocupación mundial debido a que sus metabolitos y productos de degradación pueden desarrollar resistencia a los antibióticos (Zhong et al., 2022), el cual llega al recurso hídrico a través de los efluentes de aguas residuales de las empresas de fabricación de medicamentos, la eliminación de medicamentos vencidos que contienen tetraciclina, y también de los desechos animales, y agrícolas, afectando ecosistemas y a los seres humanos a través de la cadena trófica (Parida et al., 2021). Por lo mencionado la remoción de dicho antibiótico como contaminante emergente es de gran importancia y para ello en la presente investigación se evaluó el efecto de la modificación del biocarbón obtenido a partir de la cáscara de aguacate (BioCH-M), para remover la tetraciclina de soluciones acuosas en un sistema de lotes, así como caracterizar el

biocarbón, evaluar la influencia de pH y temperatura y determinar los parámetros de equilibrio en la adsorción de la TC.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se obtuvo biocarbón a partir de cáscara de aguacate previamente tratada mediante el proceso de pirolisis a 500°C por 65 min en un horno tubular de marca Thermo Scientific, donde se mantuvo un flujo constante de gas nitrógeno. El postratamiento químico del biocarbón se realizó con una solución de NaOH 2N en agitación en un termo baño de marca Termo Electron Corporation por 2 horas a 60 °C, se lavó con agua destilada para eliminar cualquier exceso de reactivo, posterior se secó y tamizó obteniendo un tamaño de partícula de 0.425um. Las morfologías del BioCH-M se investigaron con un microscopio electrónico de barrido (SEM) JSM-IT300. La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) se registró en un espectrómetro Thermo Nicolet Avatar 360.Para los experimentos de adsorción se prepararon soluciones madre de TC de 300 mg/L al día de las pruebas experimentales, debido a que se degrada, las pruebas se llevaron a cabo en un termo baño marca Termo Electrón Corporación con una agitación de 100rpm y para leer el sobrenadante el cual se obtuvo mediante filtración se utilizó un espectrofotómetro S2100UV + SPECTROPHOTOMETER a una longitud de onda de 320nm. Los experimentos cinéticos de adsorción se llevaron a cabo utilizando una concentración de 20 mg/L al valor de pH natural y 25°C a diferentes tiempos (30, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 450 y 480min). Además, los experimentos de isotermas de adsorción se realizaron en las diferentes concentraciones iniciales (10, 20, 50, 80, 100, 120 mg/L) bajo las diferentes temperaturas (25, 35 y 40 ◦C) con el valor de pH natural por 6 horas. El efecto del valor de pH de la solución en el rendimiento de adsorción se llevó a cabo ajustando el valor de pH inicial de la solución (de 2,0 a 8,0) utilizando 0,1 mol/L de HCl o 0,1 mol/L de solución de NaOH. La capacidad de adsorción y la eficiencia de eliminación se calcularon mediante las siguientes ecuaciones.

$$\%r=Co\text{-}CfCo*$$

%r: Porcentaje de remoción
C_o: Concentración inicial
C_f: Concentración final

$$qe=Co\text{-}CeVM$$

qe= Capacidad de adsorción
Co=Concentración inicial
Ce=Concentración en equilibrio
V=Volumen de la disolución
M=Masa del adsorbente

Los datos experimentales, se interpretaron ajustando a los modelos matemáticos de Langmuir, Freundlich, Elovich, lagergren, pseudo segundo orden (PSO), Langmuir-Freundlich (L-F) para describir el equilibrio de adsorción de la TC en el biocarbón modificado eligiendo el mejor modelo mediante un análisis de regresión no lineal, por medio del programa statistics 7.0.

RESULTADOS.

Caracterización del biocarbón. El análisis MEB permitió establecer la morfología del BioCH-M y la composición química elemental. En las Figura 1 se presenta la porosidad de la partícula con un acercamiento, a 500x c) donde se detalla mejor los diferentes tamaños de los poros y las distintas zonas irregulares. Finalmente se observa los tamaños de los poros del material a 1300x d) que varía de 17.76 µm, 11.46 µm, 12.53 µm, 23.76 µm, 17.55 µm, 27.27 µm. Esta disposición indica que el biocarbón modificado es un material potencial para que la molécula de TC se adhiera a la superficie de biocarbón, ya que el tamaño de los poros del biocarbón es mucho mayor que el tamaño de la molécula de TC de alrededor de 1,27 nm (Qin et al., 2022), por lo tanto, las moléculas de TC pueden entrar fácilmente en los poros internos del biocarbón.

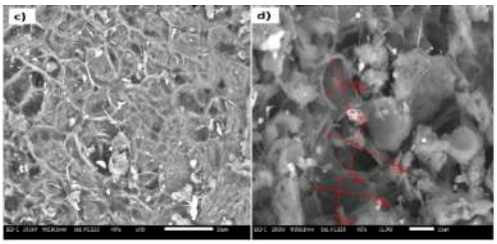


Fig 1. *Imágenes MEB del BioCH-M*

Espectroscopia de Infrarrojo Transformada de Fourier (FTIR). Las BioCH-M y el BioCH-TC, se muestra en la Figura 2 una comparación de los análisis de los espectros de FTIR de biocarbón, las muestras presentan muchos picos similares, sin embargo, hubo una disminución en la intensidad de los picos, hay un desplazamiento de grupo hidróxido (OH) de 3693.54308 a 3676.18439, los grupos –OH que se pueden atribuir al hecho de que pueden existir enlaces de hidrógeno intermoleculares debido a los grupos hidroxilo.

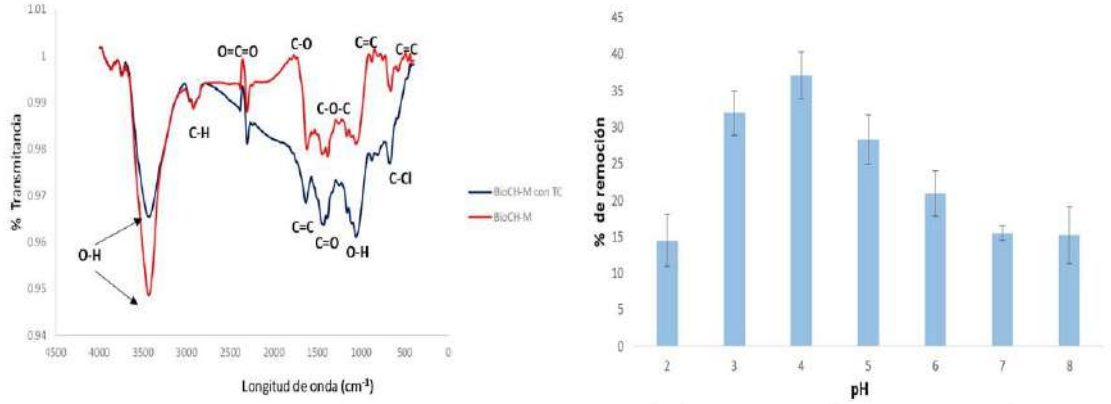


Fig 2. *Análisis de FTIR del BioCH-M*
Fig 3. *Influencia del pH en la adsorción de TC*

Influencia del pH en la adsorción de la TC. Se observa una región comprendida de pH de 3-5 donde se puede apreciar porcentajes de remoción entre el 30% y 20% de la TC (Figura 3). Mientras que a los extremos fuera del rango 3-5 el porcentaje de remoción fue en descenso, debido a que la molécula de la TC es anfótera con múltiples pka y aparece en diferentes estados químicos a diferentes valores de pH (Zhang et al., 2021), aunado a la progresiva ionización de los grupos oxigenados superficiales del biocarbón cuando el valor de pH aumente llevan a cabo interacciones electrostáticas, así como cuando este disminuye. Sin embargo, en los experimentos de contacto con el contaminante se trabajó sin modificar pH, debido a que las pruebas mostraron que los valores no difieren significativamente entre el rango de 3-5, debido a que en estos pH se encuentra la tetraciclina.

Experimentos de adsorción. Los resultados de cinética de adsorción de la TC se observan que a los primeros 60 min hay incremento en la remoción conforme se aumenta el tiempo de contacto, el tiempo en el que se alcanza el equilibrio es a los 360 minutos, donde se obtiene remoción de hasta el 38.509%. En la figura 5 se muestra el ajuste matemático al proceso experimental donde el mejor ajuste fue el modelo de Elovich con un coeficiente de correlación R=0.980, dicho modelo establece que el mecanismo de adsorción se lleva a cabo

mediante un proceso químico (quimiadsorción) y supone que los sitios de adsorción son heterogéneos, por lo que se exhiben diferentes energías de activación. Siendo α (mmol·g-1·min-1) la velocidad inicial de adsorción de TC con un valor de 7.956 g/mg

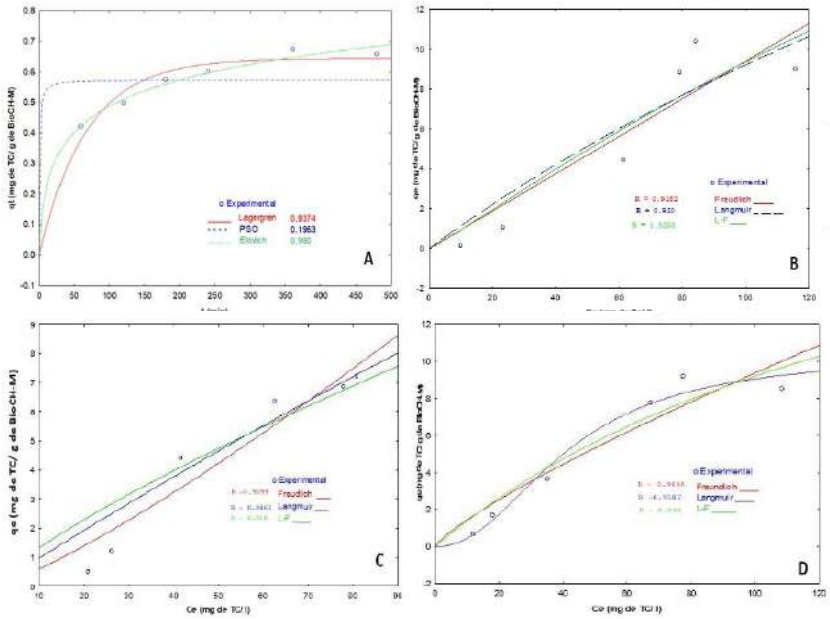


Fig 5. *Ajuste matemático no lineal al proceso experimental* ***A)*** *Cinética de adsorción de la TC,* ***B)*** *Isoterma a 25°C,* ***C)*** *Isoterma a 35°C,* ***D)*** *Isoterma a 40°C*

Se observa que para el sistema de adsorción de la tetraciclina en el BioCH-M en las tres temperaturas a 25, 35 y 40 °C (Figura 5) los modelos que mejor se ajustaron a los resultados experimentales fue el de Freundlich y Langmuir-Freundlich. Este tiene diversos sitios de unión para tetraciclina. Se observa también que la capacidad máxima de adsorción aumenta con el incremento de la temperatura, donde el coeficiente de correlación para el modelo L-F fluctúa entre 0.9523 y 0.986. La pendiente de la isoterma a 40°C en cualquier punto, puede considerarse como una medida de la facilidad con la que las moléculas de TC que bombardean pueden encontrar sitios vacantes en la superficie. La cual se puede observar que tienen isotermas de tipo L lo que representa que los sitios de alta energía se ocupan primero seguido de los de baja energía es decir se adsorbe mejor en bajas concentraciones.

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos, el biocarbón a base de cáscara de aguacate activado con un álcali favorece la remoción de la tetraciclina en un sistema acuoso; sin embargo, el BioCH-M exhibió una capacidad de adsorción intermedia para TC, comparada ante otros adsorbentes reportados utilizando como materia prima un residuo agroindustrial.

REFERENCIAS.

1. Liu H, Xu G, Li G. The characteristics of pharmaceutical sludge-derived biochar and its application for the adsorption of tetracycline. Science of the Total Environment. el 10 de diciembre de 2020;747.
2. Parida VK, Saidulu D, Majumder A, Srivastava A, Gupta B, Gupta AK. Emerging contaminants in wastewater: A critical review on occurrence, existing legislations, risk assessment, and sustainable treatment alternatives. Vol. 9, Journal of Environmental Chemical Engineering. Elsevier Ltd; 2021.

3. Qin Y, Chai B, Wang C, Yan J, Fan G, Song G. Removal of tetracycline onto KOH-activated biochar derived from rape straw: Affecting factors, mechanisms and reusability inspection. Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. el 5 de mayo de 2022;640.
4. Salazar-López NJ, Salmerón-Ruiz ML, Domínguez-Avila JA, Villegas-Ochoa MA, Ayala-Zavala JF, González-Aguilar GA. Phenolic compounds from 'Hass' avocado peel are retained in the indigestible fraction after an in vitro gastrointestinal digestion. Journal of Food Measurement and Characterization. el 1 de abril de 2021;15(2):1982–90.
5. Universitario Ciencias Biológicas Y Agropecuarias C DE, Agujas L, del N. U N I V E R S I D A D D E G U A D A L A J A R A P R E S E N T A MIRIAM EVELIA PÉREZ VÁZQUEZ
6. Zhong SF, Yang B, Xiong Q, Cai WW, Lan ZG, Ying GG. Hydrolytic transformation mechanism of tetracycline antibiotics: Reaction kinetics, products identification and determination in WWTPs. Ecotoxicol Environ Saf. el 1 de enero de 2022;229.
7. Zhang D, He Q, Hu X, Zhang K, Chen C, Xue Y. Enhanced adsorption for the removal of tetracycline hydrochloride (TC) using ball-milled biochar derived from crayfish shell. Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. el 20 de abril de 2021;615.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224121

EVALUACIÓN DE LOS VALORES HEMATOLÓGICOS DEL FLAMENCO AMERICANO (*PHOENICOPTERUS RUBER*) BAJO CUIDADO PROFESIONAL

Rufino Osorio Márquez[1], Víctor Jesús Sagrero Mora[2], Jesús Iván Mejía Navarro[1], Maricela Duran Rios[1], María Dolores Claudia Guzmán Lara[3]

1Preparatoria Melchor Ocampo. UMSNH, rufino.osorio@umich.mx, ivan.mejia@umich.mx, maricela.duran@umich.mx

2 Instituto de Investigación Metalurgia y materiales. UMSNH victor.sagrero@umich.mx

3Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.UMSNH claudia.guzman@umich.mx,

Palabras Clave: Hematología, Phoenicopterus ruber, zoológico.

RESUMEN. Se recolectó muestra sanguínea de la vena basílica a 21 ejemplares sanos de Phoenicopterus ruber del Parque zoológico Benito Juárez de Morelia, en tubos microtainer con EDTA y sin anticoagulante, a los cuales se les realizó la medición de proteína sérica por refractometria, medición del microhematocrito y frotis sanguíneos con tinción Wright para el conteo porcentual de leucocitos. Los intervalos de referencia fueron los siguientes: linfocitos de 38%-53%, heterofilos de 29%-51%, eosinófilos de 0-3%, monocitos de 0-3%, basófilos 2%-5%, Eritroblastos de 0-3.8% por cada cien leucocitos contados. El microhematocrito tuvo un intervalo de referencia de 43.1% a 54.9 %, y las proteínas totales de 4.9 g/dL a 6.4 g/dL.

INTRODUCCIÓN. La hematología aviar es una herramienta de diagnóstico sumamente importante para la detección de diversas patologías, en los flamencos americanos existen algunos estudios, sin embargo, hay poca información sobre la descripción morfológica de eritrocitos, leucocitos además de sus conteos porcentuales. La determinación de los parámetros porcentuales leucocitarios, la proteína sérica y el microhematocrito pueden variar debido al curso de procesos patológicos, pero también ambientales, de ahí que es importante que, en condiciones de cuidado profesional, cada Zoológico o Unidad de Manejo Ambiental cuente con sus valores definidos.

ANTECEDENTES. Existen pocos estudios hematológicos en aves silvestres donde se aborden los valores porcentuales de sus células sanguíneas, en el caso de los flamencos americanos no existen registros, sin embargo, sí hay reportes en la especie Phoenicopterus roseus realizado en el zoológico de Londres, que se encuentra localizada a 11 m sobre el nivel del mar , y que V. I Peinado et al, (2007) determinaron un porcentaje de heterofilos de 13%-38 %, linfocitos de 10%-34% , monocitos menor a 1, eosinófilos 1-2, y monocitos de 0%-3%. Este es el único estudio que se encontró en la revisión bibliográfica con respecto a este género, por lo que nuestro estudio es el primero en su ramo.

OBJETIVO. Determinar los parámetros hematológicos normales de microhematocrito, proteínas totales, heterófilos, linfocitos, basófilos, eosinófilos y monocitos en Flamencos americanos localizados en la ciudad de Morelia.

MATERIALES Y MÉTODOS. Animales: 21 ejemplares de Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber)* bajo cuidado profesional. El estudio se realizó en el Parque Zoológico "Benito Juárez" de Morelia, localizado en la calzada Juárez sin número, colonia Félix Ireta, C.P 58070, Morelia, Michoacán, México, en el mes de octubre del 2019. Los animales fueron contenidos físicamente para la revisión, resultando clínicamente sanos. Se les extrajo sangre de la vena basílica por medio de una jeringa de 1 ml, posteriormente se recolectó en tubos microtainer de 500 microlitros con EDTA y sin anticoagulante para su análisis en el laboratorio. De los tubos con EDTA una vez homogenizados se realizaron frotis sanguíneos y tinciones con el colorante Wright, además, de este mismo tubo se extrajo muestra con tubos capilares, los cuales fueron sellados con calor y posteriormente se llevaron a centrifugación a 3500 revoluciones por minuto durante diez minutos, para la medición del microhematocrito. La sangre del microtainer sin anticoagulante se centrifugó y se midió la proteína sérica con la ayuda de un refractómetro clínico portátil, previa calibración.

RESULTADOS.

FLAMENCO	LINFOCITOS	HETEROFILOS	EOSINOFILOS	MONOCITOS	BASOFILOS	ERITROBLASTOS	TOTAL
Sin Marcaje # 2	50%	32%	1%	0%	17%	0%	100 %
A/DA	66%	17%	4%	10%	3%	9.91%	100 %
Anillo #65	53%	42%	0%	3%	2%	0%	100 %
A/DA 340	57%	29%	2%	1%	11%	2.91%	100 %
A/DA 339	38%	54%	0%	3%	5%	0%	100 %
Sin Marcaje #4	59%	34%	2%	2%	3%	12.28%	100 %
A/DA 655	51%	40%	1%	4%	4%	18.7%	100 %
AVID*010*839*372	55%	25%	9%	2%	9%	0%	100 %
A/DA 141	49%	46%	3%	0%	2%	2.91%	100 %
A/DA 142	63%	18%	10%	3%	6%	0%	100 %
Anillo #53	44%	48%	2%	1%	5%	0%	100 %
A/DA	66%	26%	2%	0%	6%	6.54%	100 %
A/DA 341	56%	32%	1%	2%	9%	3.85%	100 %
Anillo B #3	44%	51%	0%	1%	4%	0%	100 %
AVID*010*859*844	32%	54%	0%	4%	10%	0%	100 %
Anillo #5614	42%	46%	0%	2%	10%	0%	100 %

A/DA 657	49%	40%	2%	1%	8%	0%	100 %
A/DA 5618	38%	57%	3%	0%	2%	1.96%	100 %
AVID*010*835*805	42%	50%	2%	1%	5%	3.85%	100 %
Anillo # 53	49%	43%	4%	0%	4%	8.26%	100 %
A/DA 511	49%	46%	1%	1%	3%	0%	100 %

Tabla 1.- *Resultados del conteo leucocitario realizado en flamencos del Parque Zoológico Benito Juárez de Morelia.*

Flamenco	Proteínas totales (g/dL)
A/DA 339	6.8 g/dL
Sin marcaje #4	6.0 g/dL
Anillo #65	6.8 g/dL
A/DA 142	6.0g/dL
A/DA	6.2g/dL
Anillo “B” Sin marcaje #3	6.6g/dL
A/DA 655	Fuera de rango
A/DA 5618	8.2g/dL
A/DA 511	4.4g/dL
A/DA 341	5.6g/dL
Sin Marcaje #2	5.1g/dL
A/DA	6.1g/dL
Anillo #53	7.2g/dL
A/DA 340	g/dL
AVID*010*859*844	6.4g/dL
Anillo #5611	5.4g/dL
Anillo #5614	6.0g/dL
A/DA 141	4.8g/dL
AVID*010*835*805	6.1g/dL
A/DA 657	6.0g/dL
AVID*010*834*372	6.3g/dL

Tabla 2. *Valores de proteínas totales medidos por refractometria en flamencos del PZBJ.*

Flamenco	Microhematocrito
A/DA 339	50.0%
Sin marcaje #4	50.79%
Anillo #65	51.61%
A/DA 142	48.38%
A/DA	47.61%
Anillo “B” Sin marcaje #3	46.87%
A/DA 655	45.16%
A/DA 5618	54.23%
A/DA 511	56.45%
A/DA 341	49.18%
Sin Marcaje #2	50.87%
A/DA	50.81%

Anillo #53	38.33%
A/DA 340	53.57%
AVID*010*859*844	46.77%
Anillo #5611	44.82%
Anillo #5614	46.77%
A/DA 141	50%
AVID*010*835*805	53.33%
A/DA 657	51.61%
AVID*010*834*372	54.83%

Tabla 3. *Valores de microhematocrito en flamencos del PZBJ.*

Análisis estadístico. Realizando un análisis estadístico y representando el comportamiento de los datos en graficas lineales y gráficas en barra se obtienen los valores de referencia de los analitos antes mencionados.

Analito	**Media**	**Intervalo de referencia**
Linfocitos	50.3	38%-53 %
Heterófilos	40%	29%-51%
Eosinófilos	2.9%	0-3%
Monocitos	0.9%	0-3%
Basófilos	4.8%	2-5%
Eritroblastos	1%	0-3.8% por cada cien leucocitos contados
Microhematocrito	50.5%	43.1% - 54.9%
Proteínas totales	5.6 g/dL	4.9 g/dL- 6.4g/dL.

Tabla 4.-*Tabla general de valores de intervalos de referencia en flamencos del PZBJ. Fuente: Elaboración propia.*

CONCLUSIONES. La evaluación hematológica es uno de los primeros pasos de rutina antes de realizar un tratamiento, como la detección de posibles anemias, inflamación, infecciones, parasitosis, hipersensibilidad, neoplasias, entre otras. Es por ello que la determinación de los intervalos de referencia normales nos da un punto de partida certero para evaluar posibles padecimientos en ejemplares bajo cuidado profesional.

REFERENCIAS.

1. Alvarado, Mary Cruz, Arraga-Alvarado, Cruz, Rincón Rincón, Fernández, Gibson, Aguilar Lara, Juan, Villasmil-Ontiveros, Yenen, Gómez, Orlando, & Henríquez, Antmar. (2008). Valores hematológicos de psitácidos de los géneros ara y Amazona cautivos en zoológicos de Venezuela. Revista Científica, 18(6), 469-661. Recuperado en 12 de agosto de 2019, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000600002&lng=es&tlng=es.
2. Avilez Colon BL, et al.(2015).Parámetros hematológicos en pollos de engorde criados en una granja de producción cerrada en el trópico bajo. Rev Med Vet. 2015;(29):33-39.
3. Christine Hawkey, MG Hart y HJ Samour (1984) Cambios hematológicos relacionados con la edad y respuestas hemopatológicas en flamencos chilenos (Phoenicopterus chiliensis) , Patología aviar, 13: 2, 223-229, DOI: 10.1080 / 03079458408418526
4. Christine Hawkey, MG Hart, HJ Samour, JA Knight y RE Hutton (1984) Hallazgos hematológicos en flamencos rosados cautivos sanos y enfermos (Phoenicopterus ruber ruber) , Patología aviar, 13: 2, 163-172, DOI: 10.1080 / 03079458408418521
5. Gálvez Martínez, C. Ramírez Benavides, G. y Osorio, J. 2009. El laboratorio clínico en hematología de aves exóticas. Biosalud. 2009;8:178-88.
6. Herrera, J., Ávalos, A., Herrera, G., Gómez, D., Varela, A., Guzmán, A., y Rosales, A. (2013). Parámetros hematológicos en polluelos de psitácidos en cautiverio de origen silvestre. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 60 (2), 79-85. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/40667/42593

7. Meoño-Sánchez, E., & Fuentes-Rousselin, H., & Villatoro-Chacón, D., & Talgi, Y., & Peralta-Moreno, K., & Guerra-Centeno, D. (2016). Hematología y química sérica del pijije de ala blanca (Dendrocygna autumnalis): valores de referencia.REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17 (11), 1-9.
8. Novoa-Fajardo, D., & Benitez-Tumay, I., & Corredor-Matus, J., & Rodriguez-Pulido, J. (2008). Hallazgos Hematológicos en Iguana Verde Suramericana (Iguana iguana), de Ejemplares Ubicados en Zona Urbana y Suburbana de Villavicencio (Meta). Orinoquia, 12 (1), 67-79.
9. Robles-Huaynate, R., Hurtado-Ramírez, L., & Paredes-López, D. (2014). Efecto de la torta de Sacha inchi (plukenetia volúbilis l.) en el perfil bioquímico sanguíneo e histopatología del hígado de aves de postura. Ciencia Amazónica (Iquitos), 4(1), 60-66. https://doi.org/10.22386/ca.v4i1.69
10. Soto Piñeiro, C., & Acosta Guevara, I., & Cruz López, E. (2009). Parámetros hematológicos de Cotorras (Amazona leucocephala) y Cateyes (Aratinga euops). REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 10 (7B), 1-10.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CC0224122

ANÁLISIS DE PRUEBAS FÍSICO-MECÁNICAS EN MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO CON SUSTITUCIÓN DE AGREGADO GRUESO POR PET EMPLEANDO ROSTROS DE CHERNOFF

Michelle Montserrat Hernández Pablo[1], Hugo Luis Chávez García[1], Juan Pablo Molina Aguilar[1], Cipriano Bernabé Reyes[1], Shannit Haiatt Silva Torres[1], Elia Mercedes Alonso Guzman[1], Marco Antonio Navarrete Seras[1], Wilfrido Martínez Molina[1]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1418315f@umich.mx

Palabras Clave: Rostros de Chernoff, Concreto hidráulico, PET.

RESUMEN. La búsqueda de la sustentabilidad en diversos ámbitos ha sido un tema relevante en la actualidad. Desde el área de la construcción se han analizado posibles soluciones ante la sobre explotación de geo materiales, misma que es necesaria para la elaboración de mezclas de concreto y otras aplicaciones en obras civiles. Por ello en el presente trabajo se muestra la técnica de rostros de Chernoff aplicada a una base de datos obtenidos de la realización de mezclas de concreto hidráulico. Que tienen sustituciones del agregado grueso por PET en porcentajes de 0%, 15% y 30%. Los especímenes analizados fueron cilindros de 10cm x 20cm y vigas de 15cm x 15cm x 45cm. Los cuales fueron sometidos a pruebas destructivas y no destructivas a edades de prueba de 28, 45 y 60 días. Obteniendo los mejores valores en las mezclas con 0% de sustitución para pruebas destructivas y teniendo valores variados en las mezclas con sustituciones del 15% y 30% para pruebas no destructivas. Se tuvo un total de 2 variables independientes, 6 dependientes y 9 casos de análisis para rostros de Chernoff que fueron realizados con el programa statistica. Con la que se logró obtener de manera muy visual la comparación de todas las mezclas, por edades y de cada mezcla entre sí a diversas edades de prueba.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad es de suma importancia generar conciencia en asuntos ambientales desde todas las áreas y disciplinas que existen. Ya que nos encontramos ante emergencias ambientales que afectan a la población en general. México es uno de los países con mayor consumo y producción de botellas de PET. Debido a que es un material y producto muy popular puesto que tiene la capacidad de almacenar líquidos y que estos sean transportados de manera más sencilla, desafortunadamente es de un solo uso. El reciclaje en México es popular, pero no lo suficiente como para alcanzar cifras en las que se iguale el consumo con el reciclaje. En el año 2021 en México hubo un consumo de 422,929 toneladas de PET de los cuales solo se recicló el 7.15% del mismo (ANIPAC, 2021). Lo cual nos deja con un problema muy grande de reciclaje, por ello es que desde la industria de la construcción se le ha buscado su implementación, tratando de que se solucionen también aquellos problemas generados por la misma industria. Teniendo esto en consideración se busca reducir la sobre explotación de bancos de materiales para la obtención de agregados pétreos con la creación y sustitución de un agregado grueso similar a la grava natural hecho a partir de botellas de plástico PET.

ANTECEDENTES. Herman Chernoff realizó por primera vez en diciembre de 1971 un reporte técnico en el que se mencionaba el uso de rostros para representar variables multidimensionales, con la finalidad de representarlos en un espacio multidimensional. Para junio de 1973 presentó oficialmente su trabajo en la edición número 342 del Journal of American Statistical Association un artículo llamado The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically. Donde se explica que cada uno de los datos estará ligado de manera directa a un rasgo facial. Sin embargo, tiene limitaciones en su aplicación, ya que cada punto es representado en el espacio k-dimensional, donde k ≤ 18 (Chernoff, 1973).

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la realización de esta experimentación se diseñó un concreto hidráulico bajo el método descrito por el *American Concrete Institute* (PRC-211.1, 2022). Los materiales que se utilizaron para la realización de las mezclas de concreto fueron:

1. *Agregado grueso (grava)*
2. *Agregado fino* (arena)
3. *Cemento*: CPC 30 RS
4. *Agua*: Agua tomada del Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Ruelas”.
5. *PET*: Agregado grueso hecho a partir de botellas de plástico PET.

Con los resultados obtenidos a partir de los materiales con los que se trabajaron y el diseño realizado. Se consideran los siguientes datos:

- F´c= 250kg/cm^2
- Módulo de finura en arena: 3.3
- Tamaño máximo del agregado: 3/4”
- Revenimiento del concreto: 15 cm

Considerando 1m^3 de concreto el proporcionamiento es:

Mezcla	Cemento (kg)	Agua (kg)	Grava (kg)	Arena (kg)	Aire (kg)	PET (kg)
Control	354.1	216.0	968.6	647.68	0.0	0.0
MPET-15%	354.1	216.0	823.31	647.68	0.0	145.3
MPET-30%	354.1	216	678.02	647.68	0.0	290.58

Tabla 1*. Resumen de datos del proporcionamiento para 1m^3 de todas las mezclas.*

Que es el diseño base con el que se realizaron los 3 tipos de mezclas de concreto hidráulico. Denominados de la siguiente manera:

1. *Mezcla control (*0% de sustitución de la grava natural triturada)
2. *Mezcla MPET-15%* (sustitución del 15% del agregado grueso natural por el agregado hecho a partir de botellas de PET)
3. *Mezcla MPET-30%* (30% de sustitución del agregado grueso natural por el agregado hecho a partir de botellas de PET).

Los especímenes que se obtuvieron, se colaron en moldes cilíndricos para concreto con medidas de 10cm x 20cm y moldes para vigas de concreto de 15cm x 15cm x 45cm. Se determino que las edades de prueba serian a los 28,45 y 60 días. Dichos especímenes fueron sometidos a las siguientes pruebas:

1. *Pruebas destructivas*
    1. *Resistencia al esfuerzo de compresión (Comp.)*
    2. *Resistencia a la tensión por compresión diametral (Tensión indirecta (T.I.))*
    3. *Módulo de ruptura (MR)*.
2. *Pruebas no destructivas*
    1. *Velocidad de pulso ultrasónico (VPU)*

2. *Resistividad eléctrica (Resist. E)*
3. *Frecuencia de resonancia (F. Reso)*

Tomando como variables *independientes* al tipo de *mezcla* y *edad*. Mientras que las variables *dependientes* serán las que se obtuvieron de la pruebas físico mecánicas que se realizaron a los especímenes (destructivas y no destructivas). Para la elaboración de los rostros de Chernoff, se hará uso del programa *statistica*, que recopila la construcción de caras a partir de lo definido por (Chernoff, 1973), explica que a través de distancias desde un punto origen genera varios ángulos y representación de distancias para generar características faciales determinadas. Se ingresarán los resultados al programa *statistica*, el cual recopilará y realizará la asignación de cada variable a un rasgo facial. Que será modificado y condicionado a lo mostrado en la tabla 2, con la finalidad de identificarlo de manera más gráfica.

Rasgo facial	Variable
Ancho de la cara	Edad de prueba (Edad)
Posición de las orejas	Velocidad de pulso ultrasónico (VPU)
Altura media del rostro	Tensión indirecta (T.I.)
Excentricidad de la parte alta de la cara	Módulo de ruptura (MR)
Excentricidad de la parte baja de la cara	Resistividad eléctrica (Resis. E)
Longitud de la nariz	Tipo de mezcla (Mezcla)
Posición central de la boca	Frecuencia de resonancia (F. Res)
Curvatura de la boca	Resistencia a la compresión (Comp.)

***Tabla 2**. Asignación de variables a rasgos faciales*

RESULTADOS. En el fig. 1, se muestra el resultado de la asignación de la tabla 2. Mismo que fue separado por edades y por mezclas.
De manera visual se observan rostros que se encuentran ordenados en un sistema de 3 filas y 3 columnas. La primera fila con rectángulos negros engloba la mezcla control para las 3 edades de prueba, la segunda fila con rectángulos azules representa la mezcla con 15% de sustitución a las mismas 3 edades de prueba y finalmente los rectángulos con color rojo en la tercera fila representan la mayor sustitución con el 30% a las 3 edades de prueba.

Variable	Rasgo facial y descripción
Edad (días)	Es una variable independiente. Por lo que no entra en esta evaluación.
VPU (m/s)	La posición de las orejas indica que el valor más alto es de la mezcla control a los 28 días.
T.I. (MPa)	La altura media del rostro es mayor en la mezcla control a los 60 días.
MR (kgf/cm^2)	La excentricidad de la parte alta de la cara es mayor en la mezcla control a los 60 días.
Resis. E (kΩ-cm)	La Excentricidad de la parte baja de la cara es mayor en la mezcla MPET-30% a los 60 días.
Mezcla	Es una variable independiente. Por lo que no entra en esta evaluación.
F. Res (hz)	La posición central de la boca se encuentra más arriba en la mezcla control a los 45 días.
Comp. (kgf/cm^2)	La curvatura de la boca muestra que el mejor resultado es el de la mezcla control a los 60 días.

***Tabla 3**. Interpretación de todas las edades y mezclas.*

CONCLUSIONES. La técnica de rostros de Chernoff es muy visual, lo que la hace una manera muy sencilla de crear difusión de los datos que se obtienen en la experimentación. Aunque puede

llegar a ser sensible a la percepción personal y no puede ser aplicada a investigaciones que poseen demasiadas variables ya que el límite es de 18. Sin embargo, en este trabajo fue aplicado de manera sencilla y nos dio un gráfico entendible para 9 casos. La resistencia que ofrece a la compresión no es la suficiente para considerarse de uso estructural. Se muestra muy buenos valores de resistividad eléctrica en la mezcla MPET-30%. Lo que nos deja con la oportunidad de realizar nuevos enfoques con los que se podría trabajar cada una de las características de la mezcla y la diferencia que hace en cuanto a su proporción.

REFERENCIAS.

1. ANIPAC. (2021). 2o INFORME DEL ACUERDO NACIONAL PARA LA NUEVA ECONOMIA DEL PLÁSTICO EN MÉXICO. CDMX.
2. Chernoff, H. (1973). The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically. Journal of the American Statistical Association(342), 361-368. doi:https://doi.org/10.2307/2284077
3. PRC-211.1, A. (2022). Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete-Guide. Farmington Hills: American Concrete Institute.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología **ID: CC0224126**

REDISEÑO DE POKA-YOKE PARA MEJORAR PRODUCCIÓN EN CAJONERAS DE TOCADORES EN MUEBLES INDUSTRIA NUEVA PURUÁNDIRO

Lizeth Medina Magaña[1], Oscar Pérez Andrade[2], Cristian Alexis Villegas Bedolla[3]
1Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; mlizeth829@gmail.com
2 Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; perandoscar@gmail.com
3 Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; cristian.villegas@puruandiro.tecnm.mx

Palabras Clave: Poka-Yoke, rediseño, reingeniería, procesos, eficiencia.

RESUMEN. Este estudio se centra en mejorar el ensamblaje de rieles en tocadores fabricados en la Industria Nueva Puruándiro, utilizando un sistema Poka-Yoke diseñado con tecnología láser en madera MDF. El objetivo es reducir errores y optimizar tiempos de ciclo en el proceso de instalación. La implementación del dispositivo Poka-Yoke ha logrado disminuir drásticamente los tiempos de instalación, aumentando la productividad en más del 200%, destacando la importancia de la innovación para mejorar la eficiencia y calidad en la producción.

INTRODUCCIÓN. La fábrica "Industria Nueva Puruándiro" enfrenta un desafío en el ensamblaje de los rieles de cajoneras, donde pequeños errores afectan la calidad del producto final. La investigación busca mejorar la calidad y optimizar los procesos de producción mediante un sistema Poka-Yoke. Este sistema reducirá errores, tiempos de ciclo y asegurará una mejora sostenible en la producción de tocadores. La hipótesis plantea que la implementación del Poka-Yoke mejorará la eficiencia y la calidad, beneficiando tanto a la empresa como al sector del mobiliario al aportar conocimiento sobre su aplicación en contextos industriales.

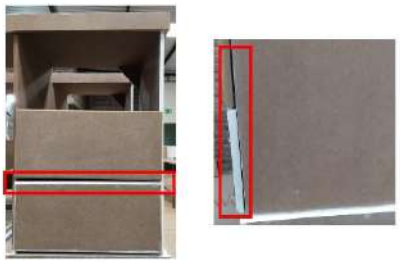
ANTECEDENTES. En la fabricación de muebles, se ha detectado un problema en el ensamblaje de los rieles de cajoneras, donde pequeños errores afectan la calidad final. Un proyecto anterior, dirigido por Violeta Mariel Mendoza Lira y Emily Pérez Hernández, implementó un sistema Poka-Yoke para mejorar este proceso, pero no alcanzó los objetivos esperados. Ahora, se propone una nueva investigación para rediseñar el sistema, incorporando factores adicionales y buscando una solución más efectiva y confiable en el ensamblaje de los rieles de las cajoneras.

OBJETIVO. Diseñar e implementar un sistema Poka-Yoke altamente efectivo en el proceso de ensamblaje de rieles de cajonera en la producción de tocadores en la fábrica de muebles Industria Nueva de Puruándiro. Este sistema tiene como finalidad mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos de ciclo y elevar la calidad del producto final, especialmente en lo que respecta a la minimización de desniveles.

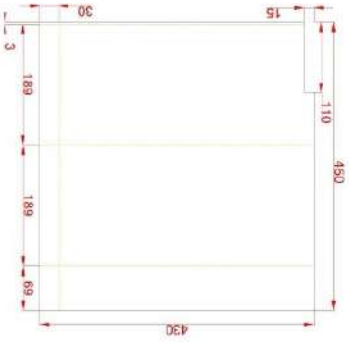
OBJETIVOS PARTICULARES. Diseñar un sistema Poka-Yoke que minimice los errores en el ensamblaje de rieles de cajonera, reduciendo así la necesidad de reprocesos y el consecuente maltrato de la madera en la producción de tocadores. Implementar el sistema Poka-Yoke diseñado para agilizar el proceso de ensamblaje, reduciendo de manera significativa los tiempos

de ciclo y mejorando la eficiencia de la mano de obra en la fábrica. Evaluar y ajustar el sistema Poka-Yoke en función de los resultados obtenidos, asegurando una mejora sostenible en la calidad del producto final y una reducción constante de los recursos y el tiempo requeridos en el proceso de ensamblaje.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología empleada para el rediseño del dispositivo Poka-Yoke se ha detallado minuciosamente en la Fig. 1, proporcionando una visualización gráfica del proceso llevado a cabo en el desarrollo de este dispositivo. El enfoque adoptado permite una comprensión más clara y completa de las diversas etapas del proceso de rediseño. En la etapa inicial, se visitó la fábrica Industria Nueva de Puruándiro para conocer el proceso de producción del "Tocador Normal" y obtener el diagrama de procesos. Este análisis permitió identificar un problema crítico en la instalación de los rieles de la cajonera, relacionado con la falta de eficiencia y precisión durante el ensamblaje, lo que afecta tanto el tiempo de instalación como la calidad final.



La instalación manual de los seis rieles presenta dificultades en la medición exacta y alineación, lo que provoca pérdida de tiempo e inconsistencias en la calidad del producto. Este problema impulsa la necesidad de implementar un dispositivo Poka-Yoke que mejore la eficiencia y precisión en el proceso de instalación.



En el rediseño del Poka-Yoke para la fábrica Industria Nueva, se utilizó AutoCAD para crear una plantilla basada en la cara lateral interna de la cajonera. Se ajustaron medidas clave: la longitud vertical de 567 mm y la distancia de 189 mm entre los tres rieles, considerando un espacio de 3 mm sobre la base para el primer riel. Además, se añadió un margen en la esquina inferior y se asignó un espacio de 30 mm para el eje vertical de los rieles, resultando en una longitud horizontal de 430 mm para el Poka-Yoke, garantizando precisión en la instalación. Se creó una silueta de riel que permite la colocación de rieles de diversas dimensiones, asegurando la adaptabilidad del Poka-Yoke. Esta silueta se ubicó en la plantilla utilizando ejes horizontales y un eje vertical, a continuación, se muestran las dimensiones de la silueta utilizada para la instalación de los rieles.

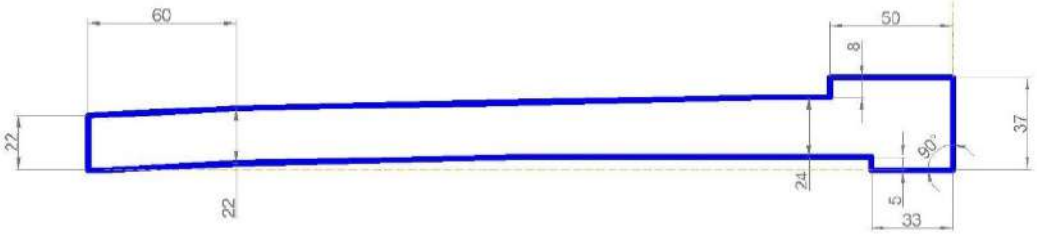
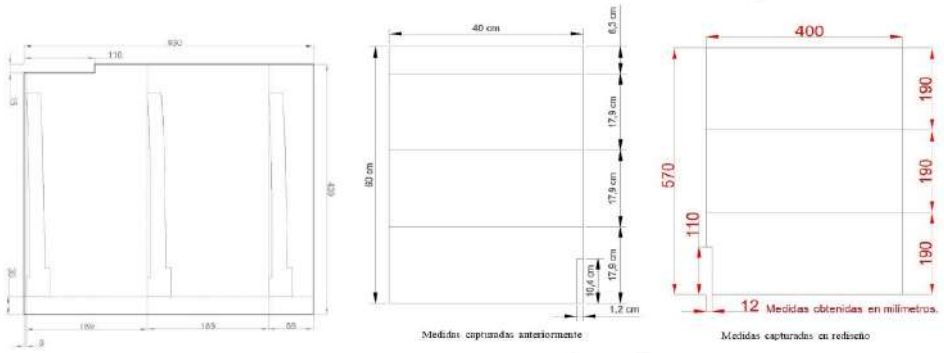


Figura 4. *Medidas del controno del riel.*

Finalmente, se concluyó que una longitud vertical de 450 mm era suficiente para la plantilla, en lugar de los 570 mm iniciales. Durante su fabricación, se definió un grosor de 12 mm para

asegurar resistencia y durabilidad, garantizando que la plantilla cumpla con los requisitos y condiciones de producción de la fábrica.



RESULTADOS. El producto final consistió en un dispositivo Poka-Yoke fabricado en madera MDF de 12 mm, utilizando tecnología láser para garantizar precisión. Este dispositivo fue diseñado para optimizar la instalación de seis rieles en el "Tocador Normal". Inicialmente, el proceso manual de instalación de tres rieles en un lado del tocador tomaba un promedio de 17:02 minutos, con tiempos de 4:44, 6:06 y 6:12 minutos por riel. Este proceso debía repetirse en el otro lado, sumando un total de seis rieles a instalar. Con la implementación del Poka-Yoke en la fábrica Industria Nueva, los tiempos de instalación se redujeron a un promedio de 2 minutos con 45 segundos por lado, totalizando 5 minutos con 40 segundos para ambas caras laterales. Esto representa un incremento de más del 200% en la productividad.



El tiempo de colocación se redujo un total de 11 minutos y 22 segundos

$$Productividad = \frac{Producción\ realizada}{Minutos\ utilizados}$$

$$Productividad\ antigua\ (Po) = \frac{1\ colocación\ de\ rieles}{17.0333\ minutos} = 0.05870\ colocacion\ de\ rieles\ en\ un\ minuto$$

$$Productividad\ nueva\ (P1) = \frac{1\ colocación\ de\ rieles}{5.6666\ minutos} = 0.1764\ \ colocacion\ de\ rieles\ en\ un\ minuto$$

$$Tasa\ de\ variación\ de\ productividad\ global(TVP) = \frac{P1 - Po}{Po} \times 100$$

$$(TVP) = \frac{0.1764 - 0.05870}{0.05970} \times 100 = 200.51\%$$

La productividad aumenta en un 200.51% con respecto a cuantas colocaciones de rieles se hacen en un minuto

Nota: Elaboración propia.

CONCLUSIONES. La implementación del dispositivo Poka-Yoke ha reducido significativamente los tiempos de instalación de rieles y mejorado la consistencia en la colocación de rieles en ambas caras de la cajonera. Esto resulta en una mayor uniformidad y calidad del producto final. El dispositivo es especialmente beneficioso en entornos de producción de lotes grandes de tocadores, aumentando la eficiencia y la coherencia en la fabricación diaria

REFERENCIAS.

1. Alfaro, G. (2023). Reingeniería de Procesos como una Herramienta para la Mejora de la Productividad en las Empresas. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(5), 1623-1641. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7835
2. Gutiérrez, H. 2005. Calidad Total y Productividad. México, D.F.: McGraw-Hill.
3. Pérez, G., Gisbert, V. & Pérez, E. (2017). Reingeniería de Procesos. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Epsecial, 81-91. DOI: http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.81-91
4. Saurin, T.A., Ribeiro, J.L.D., Vidor, G. A. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. Journal of Manufacturing Systems, vol 31, no. 3, p. 358–366, DOI: 10.1016/J.JMSY.2012.04.001

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología **ID: CC0224127**

APLICACIÓN DE TÉCNICA MULTIVARIADA ROSTROS DE CHERNOFF EN UN CONCRETO PERMEABLE CON ADICIÓN DE MICROFIBRAS Y PET

Maria Guadalupe Gomez Valdovinos[1], Wilfrido Martinez Molina[1], Elia Mercedes Alonso Guzman[1], Hugo Luis Chvez García[1], Marcos Ariel Villanueva Guzman[1], Juan Pablo Molina Aguilar[1], Jorge Borrego Perez, Adrian Ixcoatl[1] Cervantes ServinJuan González Fuentes[1]

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; maria.valdovinos@umich.mx

Palabras Clave: concreto permeable, PET, sostenibilidad, rostros de Chernoff.

RESUMEN. El concreto permeable es un material poroso que cuenta con una estructura abierta interconectada que permite al agua filtrase por él para desalojarla de manera sencilla de la superficie del material. Su capacidad de filtración, ha llamado la atención en las últimas décadas ya que permite su aplicación en múltiples beneficios ambientales, como disminución de aguas pluviales, disminución de la isla de calor en ciudades y recarga de mantos acuíferos locales. A pesar de que existe vario material sobre investigaciones aplicadas a concreto permeable, no se encuentra registro de trabajos que utilicen alguna técnica multivariada para su análisis, el cual, se vuelve más complejo que en un concreto convencional debido a su heterogeneidad. Por ello, en el presente trabajo se hace un estudio de las propiedades y el comportamiento mecánico de un concreto permeable adicionado con microfibras empleando las técnicas multivariadas “Rostros de Chernoff” y “Análisis de Conglomerados” Se colaron 3 mezclas de este material, una mezcla control (TP-6), una mezcla con microfibras (TP6-M) y una mezcla con PET (TP6-PET), se prepararon especímenes cilíndricos y vigas, para finalmente llevar a cabo en ellos las pruebas de resistividad eléctrica, frecuencia de resonancia, compresión, tensión y flexión a edades de 90, 120 y 180 días. El uso de las técnicas multivariadas permitió una reducción de dimensionalidades en una representación visual, logrando de una mejor manera la identificación de patrones y comparación de grupos con datos similares. Con los resultados obtenidos de las técnicas usada fue más sencillo interpretar los resultados de las pruebas mecánicas en el material elaborado, los cuales indican una fuerte correlación entre la adición de microfibras y el aumento de resistencia mecánica ante fuerzas de compresión y tensión en un concreto permeable.

INTRODUCCIÓN. El concreto permeable, también conocido como concreto poroso, es un material creado con la mezcla de cemento, agua, agregado grueso uniforme y con una pequeña cantidad de agregado fino o sin él (Huang, Wu, Shu, & Burdette, 2010). Dentro del diseño de este material, se busca crear la cantidad de pasta adecuada para cubrir las partículas de agregado, dejando una estructura graduada de poros interconectados para que el agua pueda filtrarse a través de ellos (Narasimha & Narasimha, 2013). El uso del concreto permeable ganó popularidad por su variedad de beneficios ambientales; gracias a su estructura que representa tuberías de flujo, ayuda al control de escorrentías, disminuye los fenómenos de inundaciones, absorbe algunos contaminantes, contribuye en la restauración de suministros de agua subterránea y presenta propiedades acústicas debido a su alta porosidad (Hesami, Ahmadi, & Nematzadeh, 2014). El principal uso que se le da a este material es su uso como capa de rodadura de

pavimentos rígidos, de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de USA, las principales ventajas de un pavimento permeable son el tratamiento de agua mediante la eliminación de contaminantes debido al efecto de filtración natural, menor necesidad de sistemas de drenaje (bordillos, alcantarillas), mayor seguridad por su resistencia al deslizamiento y recarga de acuíferos locales (Giustozzi, 2016). La eliminación de agregado fino resulta en agregados gruesos limitados únicamente por una capa delgada de pasta de cemento, lo cual se traduce en propiedades mecánicas más bajas que en el concreto convencional; el concreto permeable presenta resistencias a compresión a los 20 días en un rango de 2.8 a 28 MPa, a diferencia de los 20 a 40 MPa del concreto convencional (Rangelov, Nassiri, Haselbach, & Englund, 2016).

ANTECEDENTES. A pesar de la gran popularidad que ganó el concreto permeable, sus bajas resistencias mecánicas llevaron a la comunidad científica a centrar sus investigaciones en mejorar su comportamiento ante los esfuerzos que está sometido en su vida útil, así como lograr una mayor durabilidad. Se han logrado importantes mejoras en el diseño de mezcla de concreto con la adición de varios elementos de refuerzo como fibras de acero, fibras de plástico, adición de polímeros, fibras de carbono, etc.
Ali Toghroli et. al. (2020) adicionaron fibras de acero a una mezcla de concreto permeable, así como fibras de plástico de desecho, con el fin de mejorar su resistencia; los resultados mostraron que se mejoró la resistencia a compresión y a flexión hasta un 65% y 79%, respectivamente. Por su parte, F. Giustozzi (2016) evaluó si la adición de polímeros en concreto poroso podría mejorar su comportamiento mecánico sin reducir su contenido de huecos y la capacidad de drenaje; sus resultados fueron un curado retardado en las mezclas modificadas con polímeros, así como una mayor resistencia mecánica y durabilidad a ciclos de congelamiento-deshielo. Milena Rangelov et. al. (2016) realizaron un estudio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto permeable compuesto con fibras de carbono curado; los resultados indicaron que la adición de dichas fibras mejoró la trabajabilidad en la mezcla, aumentó la taza de filtración con respecto a la mezcla control y se observaron mejoras en las propiedades mecánicas.

OBJETIVO. A pesar de que existe vario material sobre investigaciones aplicadas a concreto permeable, no se encuentra registro de trabajos que utilicen alguna técnica multivariada para su análisis, el cual, se vuelve más complejo que en un concreto convencional debido a su heterogeneidad. Por ello, en el presente trabajo se hace un estudio de las propiedades y el comportamiento mecánico de un concreto permeable adicionado con microfibras empleando las técnicas multivariadas “Rostros de Chernoff” y “Análisis de Conglomerados”.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se elaboró un concreto permeable con dos adiciones: 0.08% de PET y 0.08% de microfibras sintéticas, con respecto al peso total de la mezcla, para conocer las características adquiridas en el material por dichas adiciones y compararlas con un concreto permeable sin adición. Las mezclas se prepararon utilizando una relación agua/cemento de 0.4 y añadiendo 6 ml de aditivo inclusor de agua de aire por cada kilogramo de cemento; la mezcla sin adición se denominó TP-6, la mezcla adicionada con microfibras se llamó TP6-M y, por último, la mezcla incorporada con PET se nombró TP6-PET. T Las pruebas mecánicas realizadas en las diferentes mezclas fueron: resistividad eléctrica (RE), frecuencia de resonancia para conocer el módulo de elasticidad dinámico (Edd), resistencia a compresión (f’c), tensión indirecta (TI) y flexión para conocer módulo de ruptura (MR). Al final, se tiene una recopilación de datos con los resultados de estas pruebas elaboradas a tres mezclas de concreto permeable: Mezcla control (TP6), Mezcla con PET (TP6-PET) y Mezcla con microfibras sintéticas (TP6-M). Todos los

ensayos se realizaron a edades de 90, 120 y 180 días. Se aplicaron las técnicas multivariadas "Análisis por conglomerados" y "Rostros de Chernoff" a una matriz con la recopilación de datos de las 3 mezclas mencionadas (Tabla 1) con el software "Statistica 7". Las variables de dicha matriz quedaron definidas por los resultados de las pruebas físico-mecánicas llevadas a cabo en los especímenes de cada mezcla, es decir, RE, Edd, f'c, TI y MR; una variable que define la edad de prueba (90 días, 120 días o 180 días), y por último, una que define el tipo de mezcla 1, 2 o 3 (1-TP6, 2-TP6M, 3-TP6PET).

Edad	T-Add	RE	Edd	f'c	TI	MR
90	1	27.72	243587.87	56.46	7.95	19.94
120	1	26.05	198374.40	59.85	12.08	13.10
180	1	20.23	196876.41	47.21	11.41	17.83
90	2	21.76	157122.68	68.60	11.96	34.07
120	2	29.01	162272.60	56.51	16.57	12.71
180	2	25.30	110686.68	68.69	17.14	7.23
90	3	22.37	233878.59	56.22	18.29	18.48
120	3	23.31	182632.14	74.16	22.62	15.50
180	3	24.42	181707.95	75.94	13.27	14.88

Tabla 1. *Matriz de datos inicial para aplicar las técnicas multivariadas.*

RESULTADOS. En la fig. 1 se presenta el análisis de conglomerados aplicado a la matriz de datos inicial. De manera general, se pueden observar dos grupos: un grupo formado por el caso 1 que pertenece a la edad de 90 días de la mezcla sin adición, y el caso 7 que representa la edad de 90 días de la muestra con adición de PET; el segundo grupo general contiene a todos los demás datos de análisis. Analizando detenidamente todos los grupos, se puede observar que la mezcla control o sin adición es más similar con la mezcla adicionada con PET que con la mezcla adicionada con microfibras, ya que el primer grupo relaciona los valores de ambas mezclas a la primera edad de prueba (90 días), y el segundo grupo relaciona las otras dos edades de ambas mezclas, de la misma manera.

Figura 1. *Resultado del análisis de conglomerados para toda la matriz de datos*

La fig. 1 también muestra que los dato de las pruebas a 120 y 180 días, están relacionados entre sí, ya que todos se encuentra en el segundo grupo general, a diferencia de los datos a 90 días, pues 2 de los 3 casos están en el otro grupo.

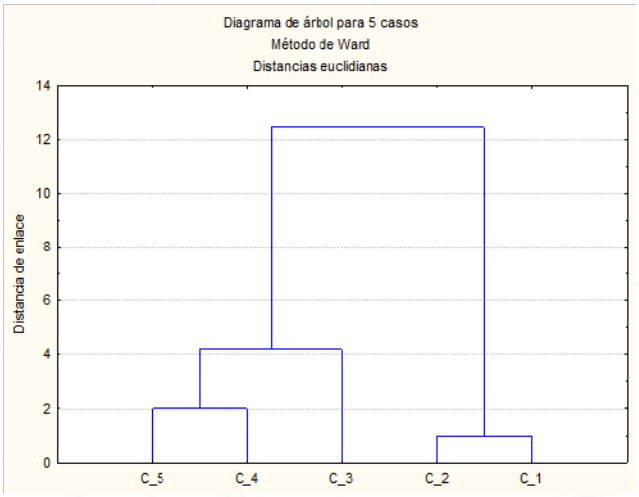
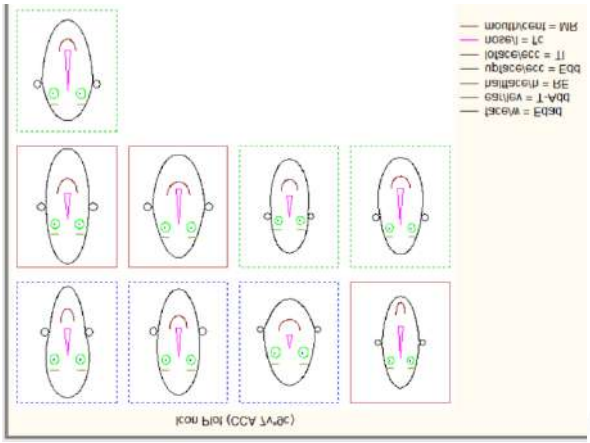


Figura 2. *Resultado del análisis de "Rostros de Chernoff"*



El análisis realizado con “Rostros de Chernoff” (fig. 2) permite un análisis visual y mucho más sencillo. Cada una de las características que tiene el ícono de cara representa una de las variables en análisis. Primeramente, la variable *T-Add* se puede apreciar en la altura a la que se encuentra la oreja al nivel de la cara, por lo tanto, los primeros 3 íconos en los que se encuentran en el nivel más bajo representan los datos de la mezcla TP6 los siguientes íconos con las orejas a mitad de la cara son los de adición tipo TP6-M y los últimos íconos con las orejas en el nivel más alto representa la mezcla con PET. El tamaño de la cara (en altura) nos indica la variable *Edad*, es decir, entre más grande sea la cara en altura, menor será la edad de prueba.

Una de las variables que más se aprecia en los íconos es la representada por el ancho de la cara que nos indica la RE. Es fácil distinguir que el ícono con menor valor de RE es el primero, mientras que los íconos con mayor resistividad eléctrica son el tercero y sexto. Por último, la longitud de la nariz representa la resistencia a compresión de los datos de análisis (f’c); es notable que los dos últimos grupos que contienen a las mezclas con adiciones son las de mayor resistencia a compresión en la mayoría de sus edades, ya que estos íconos son en los que se observa una nariz de mayor tamaño.

CONCLUSIONES. Las mezclas de concreto permeable elaboradas con microfibras y PET presentaron mejor comportamiento que la mezcla control, esto se constata por los valores de resistencia a compresión que muestran ambas mezclas en la mayoría de las edades, siendo el mismo caso para la prueba de resistencia a tensión, sobre todo para la mezcla con PET. La aplicación de técnica multivariadas para el análisis mecánico de un concreto permeable fue favorable, puesto que ayudaron a comprobar de una forma sencilla y visual una fuerte correlación entre la adición de microfibras y el aumento de resistencia mecánica ante fuerzas de compresión y tensión en un concreto permeable.

REFERENCIAS.

5. Giustozzi, F. (2016). Polimer-modified pervious concrete for durable and sustainable transportation infrastructure. Construction and Building Materials, 502-512. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.136
6. Hesami, S., Ahmadi, S., & Nematzadeh, M. (2014). Effects of rice husk ash and fiber on mechanical properties of pervious concrete pavement. Construction and Building Materials, 680-691. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.070
7. Huang, B., Wu, H., Shu, X., & Burdette, E. (2010). Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete. Construction and Building Materials, 818-823. doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.10.025
8. Narasimha, V., & Narasimha, V. (2013). Studies of characterization of pervious concrete for pavement application. Social and Behaviroal Sciences, 198-207. doi:10.1016/j.sbspro.2013.11.112
9. Rangelov, M., Nassiri, S., Haselbach, L., & Englund, K. (2016). Using carbon fiber composites for reinforcing pervious concrete. Construction and Building Materials, 875-885. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.035
10. Toghroli, A., Mehrabi, P., Shariati, M., Trung, N. T., & Jahandari, S. (2020). Evaluating the use of recycled concrete aggregate and pozzolanic additives in fiber-reinforced pervious concrete with industrial and recycle fibers. Construction and Building Materials. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118997

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324101

¿EL CAMBIO CLIMÁTICO HA FAVORECIDO LAS POBLACIONES DE TRIPS Frankliniella occidentalis EN CÍTRICOS EN MICHOACÁN?

Saúl Pardo Melgarejo[1], Filemón Morales-Hernández[2], Jaime González-Cabrera[3], Mario Alberto Miranda-Salcedo[1]

1 *Campo Experimental Valle de Apatzingán, INIFAP-CIRPAC; pardo.saul@inifap.gob.mx, miranda.marioalberto@inifap.gob.mx*

2 *GIFT AGRO (Dragón), Carretera México Toluca km 52.5, Parque Industrial Lerma, Lerma de Villada, Estado de México, México; filemonmh@gmail.com*

3 *Departamento de Control Biológico (=CNRCB), CNRF-SENASICA. Km. 1.5, Carr. Tecomán-Estación FFCC. Tecomán, Colima, México; jgonz017@ucr.edu*

Palabras Clave: Plagas, manejo, temperatura.

RESUMEN. La citricultura en México ha sufrido los estragos del cambio climático, sequía, temperaturas altas. Particularmente, el manejo fitosanitario del cultivo se ha vuelto difícil, en el caso de las plagas, han resurgido algunas que estaban ecológicamente equilibradas, tal es el caso de los trips, Scirtothrips citri y Frankliniella occidentalis en limón mexicano, siendo esta última especie la de mayor importancia. Este insecto al crecer de manera descontrolada se hospeda en las flores. El daño ocasionado por este insecto consiste en su aparato bucal raspador, que ocasiona rayas en frutos de reciente formación, al alcanzar su madurez fisiológica se aprecia el daño estético. Los frutos afectados por este insecto no tienen aceptación en el mercado. En este estudio se determinó el impacto que ha tenido el cambio climático sobre la reproducción de trips en cítricos en Michoacán. Las variables analizadas fueron: precipitación pluvial, temperatura mínima, media y máxima. El experimento se llevó a cabo en un huerto de la zona citrícola más importante de Michoacán, en el Valle de Apatzingán. Se cuantificó el número de adultos de trips quincenalmente durante 12 meses. Se seleccionaron 50 arboles por huerto. Con la ayuda de un polín de 20 cm se golpeteó un brote que tuviera flor o fruto pequeño, y se cuantificaron en una tabla de color morado. Los datos climatológicos fueron facilitados por la CONAGUA. Se observó correlación entre trips y la temperatura media y temperatura máxima, sin una correlación con la temperatura baja, mientras que no se observó correlación con la precipitación pluvial. La temperatura está ligada directamente con la reproducción de los trips, hecho que no se observó con la precipitación pluvial. El cambio climático está influyendo positivamente sobre poblaciones de trips, al aumentar la temperatura, aumentan las generaciones de trips y, por ende, mayor daño en el cultivo de limón mexicano.

INTRODUCCIÓN. El cultivo del limón mexicano (Citrus aurantifolia) es crucial para el estado de Michoacán, con 204,683.00 hectáreas establecidas, produciendo 398,552.12 toneladas valoradas en 136 millones de USD (SIAP 2024). Esta actividad genera aproximadamente 70.000 empleos al año (Pineda et al. 2023), tanto directa como indirectamente, a través de la producción, procesamiento y envasado de cítricos, la logística y transporte de productos para exportación, y la provisión de asesoramiento técnico en el manejo fitosanitario de cultivos, entre otras actividades secundarias. El cambio climático es un factor perjudicial para la producción y adaptabilidad de especies de planta que producen frutos para alimento, en el caso de las plagas,

estos factores favorecen la adaptabilidad y el desarrollo continuo de insectos que caudan problemas en estos sistemas agrícolas Guerrero-Carrera et al. 2020). Las principales plagas de interés económico que afectan al limón mexicano son los trips, ácaros y el psilido asiático (Miranda et al. 2021). Las especies de trips (Thysanoptera: Thripidae), Frankliniella insularis, Scirtotrips perseae, Leptotrips sp., y F. occidentalis Pergande son las más importantes en el cultivo de limón mexicano (Miranda-Salcedo et al. 2019), siendo esta última la especie más difícil de controlar debido a que es polífaga (50 hospederos) (Johansen 2001), tiene un comportamiento reproductivo complejo y un ciclo de vida corto que se traduce en hasta 13 generaciones por año (Mound 1997; Mound y Teulon 1995) y la más importante por los daños directos e indirectos que causa actualmente a los cítricos del valle de Apatzingán (Miranda-Salcedo et al. 2019). La principal estrategia de control de trips ha sido el uso de productos químicos de amplio espectro, como organofosforados, carbamatos y piretroides, lo que ha propiciado un efecto negativo sobre sus enemigos naturales y la selección de resistencia a insecticidas de diferentes grupos toxicológicos (Desneux et al. 2007, Miranda et al. 2019). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue observar por medio de las fluctuaciones de temperatura y precipitación pluvial, si el cambio climático ha favorecido o perjudicado las poblaciones de trips frankliniella occidentalis en limón mexicano en Michoacán.

ANTECEDENTES. El cambio climático está impactando directamente en la producción de alimentos. Los cambios en precipitaciones y temperaturas favorecen el desarrollo y distribución de los insectos plaga (Guerrero-Carrera et al. 2020). La variación climática de un año a otro, torna complejo el control de plagas en los sistemas agrícolas (Hodár et al. 2012). El eficaz mecanismo de dispersión de insectos y la capacidad de adaptación a cambios de temperatura puede hacer más peligrosa la presencia de estas plagas en los cultivos. La temperatura, precipitación, humedad relativa y la concentración de CO2 atmosférico son factores que repercuten directamente sobre el desarrollo de los insectos plaga, lo cual pudiera representar un incremento de daños en los cultivos y pérdidas económicas para el humano (Platero 2015). En tanto que la población de insectos plaga se han visto beneficiadas por los cambios de temperatura y humedad, los cultivos perennes han sido afectados, como ejemplo la producción de cítricos en México. Entre las plagas más importantes que se han presentado en cítricos se encuentra el trips Frankliniella occidentalis Pergande (Thysanoptera: Thripidae) (Miranda-Salcedo et al. 2019). Los trips han cambiado su estatus de plaga secundaria a primaria. Este grupo de insectos, además de los cítricos afectan diferentes cultivos como el mango, aguacate y hortalizas (Miranda, et al. 2019). Las principales especies de trips presentes en limón mexicano en el Valle de Apatzingán son: Frankliniella occidentalis, F. insularis, Scirtotrips perseae y Leptotrips sp. (Thysanoptera: Thripidae) (Miranda et al. 2019). La especie de mayor importancia es F. occidentalis, esta especie es polífaga y afecta alrededor de 50 hospederos (Johansen, 2001).

OBJETIVO. Observar por medio de las fluctuaciones de temperatura y precipitación pluvial, si el cambio climático ha favorecido o perjudicado a las poblaciones de trips frankliniella occidentalis en limón mexicano en Michoacán

MATERIALES Y MÉTODOS. Área de Estudio. La investigación se realizó de enero 2019 a diciembre 2022, en la zona citrícola del Valle de Apatzingán, Michoacán, México.
Descripción de Huertos Experimentales y Protocolo de Muestreo. Se seleccionó un huerto de limón mexicano con manejo convencional. Al agricultor cooperante se le pidió que continuara con sus prácticas agronómicas normales, pero con la condición de que cualquier práctica fitosanitaria

que realizaran debía efectuarse en todo el huerto. Los muestreos se realizaron cada quince días de enero de 2019 a diciembre de 2022, utilizando un muestreo de cuadrícula sistemática. En el huerto experimental se seleccionaron 50 árboles para asegurar la cobertura completa de la parcela, y se etiquetaron con listones rojos numerados para su subsecuente reconocimiento. La cuantificación de trips se llevó a cabo mediante el golpeteo de brotes con un palo de madera sobre una tabla de color azul de 40 x 20 cm, siguiendo el método propuesto por Miranda et al. (2019). Los insectos caídos se recolectaron y almacenaron en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación taxonómica, Se utilizaron claves taxonómicas (Soto-Rodríguez et al. 2017).

Durante esta investigación, solo se consideraron los insectos bajo estudio, es decir, se encontraron otras especies de trips que fueron descartadas pero que también pueden estar dañando en conjunto. Las otras especies diferentes a las aquí evaluadas, fueron descartadas. Este enfoque de exclusión se basó en la suposición de que el efecto de estas especies era aleatorio y normalmente distribuido.

Datos Climatológicos. Los datos de temperatura mínima, media y máxima, así como la precipitación pluvial, fueron obtenidos de la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CONAGUA 2024), representativa para el Valle de Apatzingán.

Análisis estadístico. Se realizaron pruebas de correlación lineal simple entre la población de trips y los factores atmosféricos. Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.3.

RESULTADOS. La densidad poblacional de la plaga se correlacionó con la temperatura media (correlación lineal simple, $r^2 = 0.27$, gl = 1, f = 17.74, p = 0.0001) y máxima (correlación lineal simple, $r^2 = 0.55$, gl = 1, f = 56.25, p < 0.0001), pero no con la temperatura mínina (correlación lineal simple, $r^2 = 0.0001$, gl = 1, f = 0.01, p = 0.94). Es decir, hay una correlación entre la densidad de población de *F. occidentalis* y las temperaturas medias y máximas. No se observó una correlación entre el trips y la precipitación (correlación lineal simple, $r^2 = 0.05$, gl = 1, f = 2.83, p = 0.09) (Fig. 1 a) y b)).

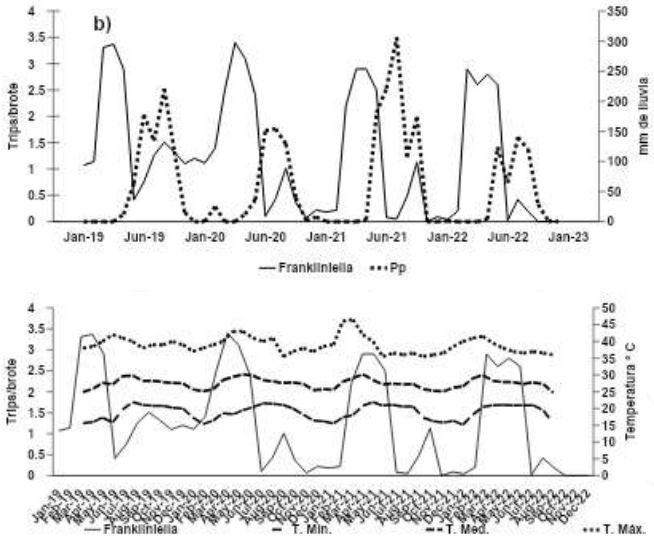


Figura 1 *a), b). Densidad poblacional promedio de Frankliniella occidentalis contra la temperatura y la precipitación pluvial en el Valle de Apatzingán durante 2019-2022.*

CONCLUSIONES. Se concluye que el cambio climático está favoreciendo directamente la capacidad de supervivencia de los trips, sus ciclos se están haciendo más cortos. Principalmente la temperatura es un factor que favorece su reproducción. Se recomienda realizar investigaciones puntuales sobre sitios experimentales con sistemas de captación de datos atmosféricos para ver la variabilidad de las poblaciones entre lo local y lo general y corroborar lo que aquí se reporta.

REFERENCIAS.

1. CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2024. Datos climatológicos de México por Municipio. En Línea: https://smn.conagua.gob.mx/es/pronostico-del-tiempo-por-municipios. Cosultado el 05 de agosto de 2024.
2. Desneux N., Decourtye A., Delpuech J. M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review Entomololy, 52: 81-106.
3. Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J. L., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., y Chulim-Estrella, N. 2020. Impacto del cambio climático sobre la producción de café. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 23: 1-18.
4. Hódar, J. A., Zamora, R., & Cayuela, L. 2012. Cambio climático y plagas: algo más que el clima. Ecosistemas, 21: 73-78.
5. Miranda-Ramirez, J. M., Perales-Segovia, C., Miranda-Salcedo, M. A. y Miranda-Medina, D. 2021. Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de Diaphorina citri Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en limón mexicano (Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle). Revista chilena de entomología, 47: 723-732.
6. Miranda-Salcedo, M.A., E. Loera-Alvarado y E. Cortez-Mondaca. 2019. Interacción de trips (Thysanoptera: Thripidae) y sus enemigos naturales en limón mexicano, en Michoacán. Memoria XLII Congreso Nacional de Control Biológico, Veracruz, Ver. 71-75 pp.
7. Mound, L. A. 1997. Biological diversity. In: Thrips as Crop Pests, edited by T. Lewis. CAB International, Wallingford, UK. pp. 197-215.
8. Mound, L. A. y Teulon, D. A. 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunists. In Thrips biology and management (pp. 3-19). Boston, MA: Springer US.
9. Pineda, S., Guerrero, J. S. A., Martínez, A. M., Hernández, V. H. T., Yañez, J. M. C., Castillo, L. J. P y Figueroa, J. I. 2023. Insectos barrenadores de árboles de cítricos en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México. Acta Agrícola y Pecuaria, 9: 1-14.
10. Platero, G. G. R. 2015. CAMBIO CLIMATICO Y PLAGAS AGRICOLAS1. En linea, consultado el 12 de julio de 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Gonzalo-Galileo-Rivas-Platero/publication/278410790_Cambio_climatico_y_plagas_agricolas/links/55809f4f08ae607ddc322719/Cambio-climatico-y-plagas-agricolas.pdf.
11. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Avances de Siembras y Cosechas. En línea: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/. Consultado el 07 de marzo de 2024.
12. Soto-Rodríguez, G. A., Rodríguez-Arrieta, J. A., González Muñoz, C., Cambero-Campos, J. y Retana-Salazar, A. P. 2017. Clave para la identificación de géneros de Thrips (Insecta: Thysanoptera) comúnmente asociados a plantas ornamentales en Centroamérica. Acta zoológica mexicana, 33: 454-463.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324102

EVALUACIÓN DE ÉPOCAS E INTENSIDADES DE PODA EN MANGO *Mangifera indica* VARIEDAD HADEN EN MICHOACÁN, MEXICO

Héctor Rómulo Rico Ponce

Palabras Clave: Mango, Poda, Rendimiento.

RESUMEN. En México se cultivan 219,452 ha. de mango las cuales generan una producción de 2,248,571 toneladas de fruta con un rendimiento promedio de 10.81 t/ha. Michoacán tiene establecidas 25,608 ha. las cuales producen al año 195,857 toneladas, con una media de rendimiento de 7.72 t/ha. (SIAP 2023). Los bajos rendimientos se deben a diversas causas entre ellas huertos con copas traslapadas, planteándose estrategias metodológicas incluyendo acciones de evaluación de prácticas de podas con el fin de resolver el problema. El objetivo fue generar tecnología del manejo de época adecuada para la poda severa de descopete y lateral de copas traslapadas en huertas de mango cultivar Haden. El experimento se estableció en el municipio de Gabriel Zamora, Michoacán en un huerto con el cv. Haden, se evaluaron diferentes épocas de podas intensas de descopete y lateral tendiente a reducir el porte de los árboles. Los tratamientos fueron: T1. Poda de poscosecha en mayo (Testigo regional), T2. Poda antes de la inducción a Floración, T3. Poda al inicio de la floración, y T4. Testigo sin poda. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar y cinco repeticiones. La evaluación de los tratamientos se hizo en función a las variables fenológicas de brotación vegetativa que se presentó por efecto de la poda, la floración y los rendimientos de fruta cosechada, se realizó análisis de varianza a las variables y los resultados mostraron diferencias significativas. Se concluye como estrategias de renovación de huertos con copas traslapadas realizarla en la época de inicio de la floración T3, registrando un incremento de producción de fruta del 34.5 %, 32. 7 % y 15.8 % con respecto a la poda en poscosecha en mayo, poda antes de inducción a floración y sin poda.

INTRODUCCIÓN. En México se cultivan 219,452 ha. de mango las cuales generan una producción de 2,248,571 toneladas de fruta con un rendimiento promedio de 10.81 t/ha. Michoacán tiene establecidas 25,608 ha. las cuales producen al año 195,857 toneladas, con una media de rendimiento de 7.72 t/ha. (SIAP 2023). Los bajos rendimientos unitarios de fruta se deben a diversas causas entre ellos huertos con copas traslapadas que presentan baja producción motivo por el cual se plantearon diversas estrategias metodológicas incluyendo acciones de evaluación de prácticas de podas con el fin de resolver el problema.

ANTECEDENTES. Durante el ciclo de producción 2008/2009 se iniciaron las actividades tendientes a evaluar diferentes estrategias de podas de descopete en huertos cerrados en la búsqueda de una alterativa que permita realizar la poda sin una merma significativa en la floración y los rendimientos que se logran en el ciclo inmediato siguiente a cuando se realiza la poda. En este ciclo se evaluaron tres épocas de poda: Poda de poscosecha en mayo, Poda antes de la inducción a floración y Poda al inicio de la floración. En este caso, la poda al inicio de la floración presentó los mejores niveles de floración y rendimientos equiparables al testigo sin poda en

comparación a la poda en etapas previas. Considerando que los resultados obtenidos no pueden considerarse todavía como concluyentes se plantea repetir la experiencia en un segundo ciclo.

OBJETIVO. Generar tecnología del manejo de época adecuada para la poda severa de descopete y lateral de copas traslapadas en huertas de mango cultivar Haden.

MATERIALES Y MÉTODOS. En el municipio de Gabriel Zamora, en un huerto con el cv. Haden, el cual presenta copas traslapadas, se evaluaron diferentes épocas para la realización de podas intensas de descopete y lateral tendiente a reducir el porte de los árboles. Los tratamientos fueron: T1. Poda de poscosecha en mayo (Testigo regional), T2. Poda antes de la inducción a Floración, T3. Poda al inicio de la floración, y T4. Testigo sin poda. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño experimental completamente al azar y cinco repeticiones. Cada repetición constó de un árbol. La evaluación de los tratamientos se hizo en función a las variables fenológicas de brotación vegetativa que se presentó por efecto de la poda, la floración y los rendimientos de fruta lograda durante el ciclo, a los datos de las variables en estudio se hizo un análisis de varianza.

RESULTADOS. La poda se realizó en las siguientes fechas: T1. Poda de poscosecha en mayo (fecha 26/05/08), T2. Poda antes de la inducción a floración (fecha 25/09/2008), T3. Poda al inicio de floración (fecha 20/10/2008) y T4. Testigo sin poda. Los resultados muestran que el número de inflorescencia por árbol correspondiente al primer flujo florar de fecha 10 de noviembre de 2008 fue por tratamiento de 130 (T-1), 218 (T-2), 257 (T-3) y 266 (T-Testigo) Figura. 1. El segundo flujo floral de fecha 13 de enero de 2009 fue de 33 (T-1), 41 (T-2), 66 (T-3) y 49 (T-Testigo). para ambos casos el análisis de varianza para los tratamientos no mostró diferencias estadísticas significativas para este factor (Cuadro 1).

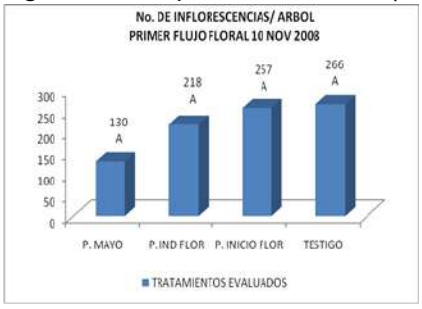


***Fig. 1**. Número de inflorescencias totales por árbol logradas al 10/12/1008. Lombardia, Gabriel Zamora, Mich.*

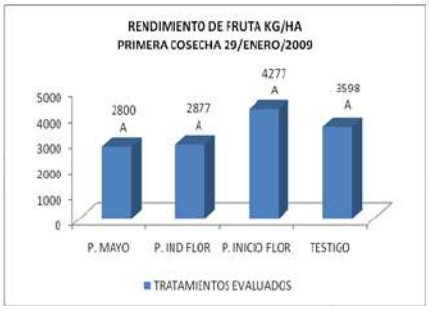


***Fig. 2** Rendimiento de fruta kg/ha. primera cosecha obtenida al 29/01/2009. Lombardia, Gabriel. Zamora, Mich.*

Causas	G.L.	S. C.	C. M.	Cociente de F	P. valor
Tratamientos	3	57398.6	19132.9	1.63	0.2341
Bloques	4	49448.7	12362.2	1.05	0.4202
Error	12	140685.0	11723.7		
CV= 49.60%					

Cuadro 1. *Análisis de varianza para el número de inflorescencia por árbol registrada por los tratamientos evaluados al 10/12/2008. Gabriel Zamora, Mich.*

En relación al rendimiento de fruta (kg/ha) logrado en este primer ciclo de evaluación se obtuvo a primera cosecha el 29 de enero de 2009, 2800 kg/ha (T-1), 2877 kg/ha (T-2), 4277 kg/ha (T-3) y 3598 kg/ha (T-Testigo) Figura 2 y de 1939 kg/ha (T-1), 1155 kg/ha (T-2), 1722 kg/ha (T-3) y 546 kg/ha (T-Testigo). correspondiente a la segunda cosecha de fecha 02 de marzo de 2009, para ambos casos el análisis de varianza para los tratamientos no mostró diferencias estadísticas significativas para rendimiento (Cuadro 2). Sin embargo, se observa una tendencia de realizar la poda para la renovación de huertos con copas traslapadas al inició de floración del huerto. En relación al rendimiento de frutos/árbol el análisis de varianza para los tratamientos de poda de "descopete" y lateral en el ciclo 2010-2011 fue significativo (Cuadro 3).

Causas	G.L.	S. C.	C. M.	Cociente de F	P. valor
Tratamientos	3	7.20643	2.40214	0.68	0.5811
Bloques	4	1.32456	3.31139	0.94	0.4752
Error	12	4.23993	3.53328		
CV=55.48 %					

Cuadro 2*. Análisis de varianza para rendimiento kg/ha obtenida por los tratamientos evaluados al 29/01/2009. Gabriel Zamora, Mich.*

Tratamientos	Producción temprana (Frutos/árbol)	Producción tardía (Frutos/árbol)	Producción. Total (Frutos/árbol)
Poda en mayo (Testigo regional)	135.8	163.4	299.2 c
Poda antes inducción a floración	206.8	199.6	406.4 a
Poda al inicio de floración	203.0	207.0	410.0 a
Testigo sin poda	172.8	201.4	374.2 b

Cuadro 3. *Rendimientos de fruta temprana y normal (tardía), en árboles bajo diferentes tratamientos de podas de "descopete" y lateral en un huerto con copas traslapadas. Gabriel Zamora, Mich. 2010-2011*

En la Fig. 3 se observa el porte de la copa del árbol testigo y el tratamiento de poda al inicio de la floración del arbol.



Fig. 3 *Árbol testigo y árbol con poda al inicio de la floración del arbol.*

CONCLUSIONES. La poda de descopete y lateral, como estrategias de renovación de huertos con copas traslapadas se sugiere realizarla en la época de inicio de la floración, registrándose el mejor comportamiento tanto en floración útil como en producción de fruta. La primera cosecha el 29 de enero de 2009 el tratamiento poda al inicio de floración refleja un incremento de producción de fruta del 34.5 %, 32. 7 % y 15.8 % con respecto a la poda en poscosecha en mayo, poda antes de inducción a floración y sin poda.

REFERENCIAS.

1. De Los Santos, R.F., Mosqueda, V. R., Rosas, G.X. y Ruiz, R.J. 1999. Poda de árboles de mango cv. Manila combinada con aplicaciones de paclobutrazol (PBZ). VIII Congreso de Horticultura. 25 – 30 abril 1999. Manzanillo, Col., México. p. 29
2. Díaz, M.V. 2000. Poda del mango en el Noroeste Brasileño. II Simposium Latinoamericano del mango. Mazatlán, Sin., México. 5 a 8 junio. 2000.
3. EMEX. (Empacadoras de mango de exportación A.C.) 2001. Plan estratégico para el fortalecimiento de la cadena productiva del mango en México. Guadalajara, Jal. Enero 2001.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324103

CARACTERIZACIÓN DE RIZOBACTERIAS ASOCIADAS A ERYNGIUM BEECHAYANUM Y ERYNGIUM HETEROPHYLLUM EN LOS MUNICIPIOS DE MARCOS CASTELLANOS Y JIQUILPAN, MICHOACÁN

Mariana Villa Santiago[1], Brenda Hildeliza Camacho Díaz[2], Ignacio García Ruiz[1], Jannette Guadalupe Cardenas Valdovinos[1], María Valentina Angoa Pérez[1]

1 Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán. marivilla1996@outlook.com , vangoa@ipn.mx

2 CEPROBI: Centro Desarrollo de Productos Bióticos

Palabras Clave: Rizobacterias, Eryngium, Conservación.

RESUMEN. El género Eryngium comprende alrededor de 250 especies distribuidas en todo el mundo, incluyendo 22 especies en Michoacán. Dada su morfología y composición metabólica, ofrecen servicios valiosos para los seres humanos y desempeñan un papel crucial en la restauración y conservación de hábitats. Al ser de origen silvestre, se asocian con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) para sobrevivir. Las RPCV suministran nutrientes y protección, lo que afecta positivamente su crecimiento y desarrollo. En este sentido, es necesario generar conocimiento al respecto de las actividades que puede desarrollar la biota bacteriana asociada a especies silvestres para determinar su efecto en el desarrollo, establecimiento y persistencia en los ecosistemas en los que se encuentran. Dado lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad promotora de bacterias de la rizósfera de E. beechayanum (EB) y E. heterophyllum (EH), dos especies silvestres presentes en dos comunidades de Michoacán: “Los Tábanos” y “Marcos Castellanos”. Se recolectó suelo rizosférico de ambas especies en las localidades seleccionadas. A partir de este, se aislaron rizobacterias y se evaluó la solubilización de fosfatos con el método colorimétrico de fosfovanadomolibdato; las productoras de indoles por espectrofotometría UV-VIS y por HPTLC; las productoras de ACC desaminasa utilizando el medio estéril mínimo de sales y la caracterizaron bioquímica en medios selectivos. Todas las cepas de ambas especies solubilizaron fosfatos, pero la H19 con 0.8 mg/mL fue la mejor para la especie EH, y la B21 con 1.1 mg/mL para EB. La cepa H1 fue la mayor productora de indoles tanto en la prueba colorimétrica como en HPTLC (con 8.27 de AIA, 51.89 de AIB y 18.01 de TPR µg/mL). La producción de ACC desaminasa fue mayor en la cepa H6 con 6.33 mm para la especie EH y B10 con 21.6 mm para la especie EB. Las bacterias no producen gas, SH2, no tiene actividad de la permeasa citrato ni desaminan la lisina. Estos hallazgos son relevantes para comprender el papel de las RPCV en la rizosfera de Eryngium y su potencial aplicación en su conservación.

INTRODUCCIÓN. Eryngium L. es un género de plantas silvestres perteneciente a la familia Apiaceae, también conocida como Umbelliferae Juss (García-Ruiz, 2012). Este género comprende alrededor de 250 especies a nivel mundial, con aproximadamente 185 especies en el continente americano. En México, se reportan alrededor de 60 especies, de las cuales 22 se encuentran en el estado de Michoacán (Cárdenas-Valdovinos et al., 2023). Se utilizan en diversos campos como en la ornamentación, en la gastronomía, la industria farmacéutica y, especialmente, en la medicina tradicional (Rodrigues, et al., 2022; Cárdenas-Valdovinos et al., 2023). Además,

Erynguim spp. es un componente biológico importante, pues son consideradas especies clave para la constitución de hábitats naturales con alto valor para el sostenimiento de la diversidad y la recuperación de paisajes fragmentados (Sabatino et al., 2015). Sin embargo, estas hierbas medicinales, debido a su utilidad en diversos sectores, corren el riesgo de ser sobreexplotadas. Especies como Eryngium maritimum L. enfrentan amenazas significativas tanto naturales como antropogénicas (Mežaka et al., 2023) lo que provoca un desequilibrio ecológico inmediato. Las plantas de este género crecen de manera natural con poco o nulo manejo agronómico, por lo que se puede suponer que la microbiota asociada, entre ellos las RPCV juegan un papel crucial en su desarrollo, facilitando su adaptación y supervivencia en diversos entornos. Las RPCV son un grupo de bacterias que mejoran el crecimiento, la producción y la salud de las plantas (Molina-Romero et al., 2015). Directamente, incrementan la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y hierro, y modulan niveles de fitohormonas como auxinas, etileno, citocininas, ácido abscísico y ácido giberélico. Indirectamente, facilitan el crecimiento y adaptación de las plantas mediante su actividad supresora contra fitopatógenos (Glick, 2012; Kong y Glick, 2017). Por lo tanto, el conocimiento sobre las RPCV es esencial para la conservación del género Eryngium y tiene un gran potencial en la agricultura. Estas bacterias no solo mejoran la disponibilidad de nutrientes y protegen a las plantas contra fitopatógenos, sino que también favorecen la sostenibilidad de estas especies y promueven prácticas agrícolas más eficientes y ecológicas.

ANTECEDENTES. Diversos estudios han demostrado los beneficios del uso de microorganismos para mejorar plantas medicinales. Ceccarelli et al. (2010), inocularon hongos micorrícicos en Cynara cardunculus L. var. scolymus F. y observaron aumentos significativos en el área foliar, longitud de la raíz y peso fresco de la cabeza floral. Además, las plantas inoculadas mostraron un mayor contenido de compuestos fenólicos en las partes comestibles, en comparación con las plantas de control. De manera similar, Banchio et al. (2008), inocularon RPCV en Origanum majorana L. y observaron aumentos significativos en el crecimiento de los brotes, número de hojas y nudos, y peso seco de las raíces. El rendimiento de aceite esencial también aumentó significativamente sin alterar su composición.

OBJETIVO. Evaluar la actividad promotora de bacterias en la rizósfera de E. beechayanum y E. heterophyllum en dos comunidades de Michoacán: “Los Tábanos” y “Marcos Castellanos”.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Colecta del material biológico. El material biológico se colectó en las localidades de Marcos Castellanos y Los Tábanos del estado de Michoacán. Se colectó una muestra compuesta de suelo rizosférico de plantas silvestres de EB y EH. La muestra fue puesta en bolsas de plástico y trasladadas al laboratorio de fitopatología del CIIDIR-IPN unidad Michoacán para su procesamiento.

Aislamiento de las rizobacterias. Las bacterias se aislaron a partir de diluciones seriales de suelo en agua peptonada hasta la $1x10^6$ ufc/mL. Las bacterias se sembraron por el método de vertido en cajas de Petri con agar nutritivo e incubadas 24 y 48 h. Se realizó el aislamiento de bacterias con la técnica del picado de las colonias con distintas morfologías y se purificó cada colonia pasándolas individualmente en cajas con agar nutritivo.

Caracterización de las actividades bioquímicas de las bacterias rizosféricas. Se identificaron las bacterias solubilizadoras de fosfatos de acuerdo con el método colorimétrico de fosfovanadomolibdato (modificado de Hu *et al.,* 2010). Se leyó a una absorbancia de 420 nm. La

concentración de P soluble se determinó usando una solución de fosfato monoamónico (MAP). Los resultados se reportaron como mg equivalentes de P solubilizado. La cuantificación de indoles totales se determinó utilizando la técnica descrita por Anguiano-Cabello *et al.* (2017) con modificaciones. La absorbancia se leyó a 520 nm y la concentración de Indoles se calculó usando una curva de calibración con el estándar ácido 3-indol acético y los resultados fueron reportados en partes por millón (ppm) equivalentes de indoles producidos. La cuantificación del ácido indol acético AIA, ácido indol butírico AIB y del Triptófano TPR se determinó a partir de los extractos previamente obtenidos. Las cepas con mayor producción de indoles totales se sometieron a la cuantificación de las auxinas producidas (AIA y AIB) por la técnica HPTLC, descrita por Goswami *et al.* (2015) con algunas modificaciones, la cuantificación se llevó a cabo por estimación de altura de los picos determinados. Para determinar la actividad de la ACC desaminasa, las bacterias se cultivaron en medio mínimo de sales DF estéril y se incubaron a 28 °C por 3 días. Después, se midió el diámetro de las colonias que crecieron, reportando los resultados de las bacterias productoras de ACC desaminasa. Las bacterias se cultivaron en medios selectivos según las instrucciones del laboratorio Britania para determinar sus actividades bioquímicas: movilidad, ornitina carboxilasa, producción de indol, fermentación de azúcar, producción de gas, permeasa de citato, decarboxilación de la lisina, desaminación de la lisina, SH_2, ureasa. Se sembraron por triplicado en distintos medios, y se registró el crecimiento (positivo) o la ausencia de crecimiento (negativo) de las cepas tras el periodo de incubación.

RESULTADOS. Se obtuvo un total de 60 especies, 22 fueron aisladas de la rizosfera asociada a *E. heterophyllum* y 38 de *E. beechayanum.*

Actividades bioquímicas de las bacterias rizosféricas

Las bacterias aisladas de ambas especies de *Eryngium* spp. mostraron una notable capacidad para solubilizar fosfatos, con concentraciones variables entre 0.2 y 0.75 mg P soluble/mL para EH y entre 0.08 y 1.1 mg P soluble/mL para EB. En cuanto a la producción de indoles totales, las cepas B24, B36 y B37 de EB destacaron con valores entre 26.8 y 30.2 ppm, mientras que la cepa H1 de EH fue la mayor productora con 39.2 ppm. La figura 1 muestra el cromatograma para la identificación de las auxinas AIA, AIB producidas por las siete bacterias seleccionadas, así como el aprovechamiento del TRP (L-triptofano) que tuvieron. La imagen digital muestra la presencia de AIA, AIB y TRP con base a los estándares utilizados por lo que se procedió a cuantificar. Las cepas seleccionadas de EH (H1, H15 y H22) y de EB (B21, B24, B36 y B37) produjeron AIA y AIB, con la cepa H1 de EH destacando en la producción de AIB (51.893 µg/mL) y AIA (8.274 µg/mL), así como en la asimilación de TRP (18.015 µg/mL). En EB, las cepas B21 y B27 fueron las mayores productoras de AIB, pero la cepa B21 mostró una mayor producción de AIA (3.371 µg/mL) y asimilación de TRP (10.265 µg/mL).

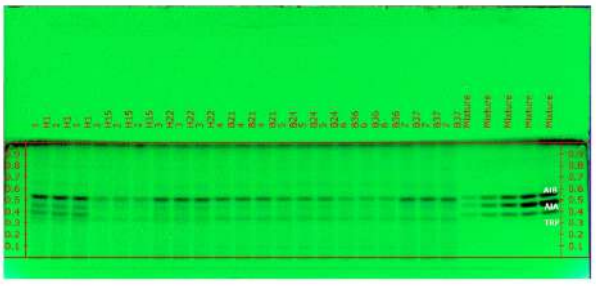
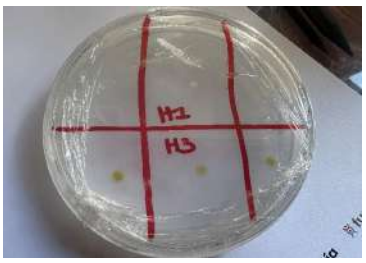


Figura 1. *Cromatograma HTPLC visual para la identificación de ácido indol acético AIA, ácido indol butírico AIB y triptófano TRP de las bacterias aisladas de E. beechayanum y E. heterophyllum. Imagen digital revelada con luz UV a 254 nm.*

En términos de crecimiento, todas las cepas de EH crecieron en el medio mínimo de sales DF a las 72 horas (Figura 2), con la cepa B10 de EB mostrando el mayor crecimiento en el mismo medio, seguida por las cepas B11 y B12.



En el análisis de las actividades bioquímicas de las bacterias se obtuvo una variabilidad en los resultados de todas las bacterias analizadas, sin embargo, ninguna produjo gas dado que en ninguna prueba se observó con ruptura del medio o burbujas, tampoco fue posible ver la producción de citrato permeasa a las 72 h, de igual manera no se observó desaminación de la lisina dada a la ausencia del color rojo en la superficie, así mismo la producción del SH_2 fue negativa dado que no hubo presencia del precipitado de color negro indicativo tanto en el medio Lisina Hierro Agar como en el T.S.I Agar.

CONCLUSIONES. Las bacterias aisladas de las especies de E. heterophyllum y E. beechayanum demostraron ser efectivas en la solubilización de fosfatos y en la producción de compuestos beneficiosos como indoles y auxinas. En particular, las cepas H1 de EH y B21 de EB destacaron por su alta producción de AIB y AIA, así como por su capacidad de asimilar TRP. Estas características sugieren que estas bacterias tienen un gran potencial como promotoras del crecimiento vegetal, lo que podría ser aprovechado tanto en la conservación de estas plantas como en aplicaciones agrícolas.

REFERENCIAS.

1. Anguiano-Cabello, J. C., Flores-Olivas, A., Ochoa-Fuentes, Y. M., Arredondo-Valdés, R., & Olalde-Portugal, V. (2017). Fast detection of auxins by microplate technique. American Journal of Plant Sciences, 8(2), 171-177.
2. Banchio, E., Bogino, P. C., Zygadlo, J., & Giordano, W. (2008). Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in Origanum majorana L. Biochemical Systematics and Ecology, 36(10), 766-771.
3. Cárdenas-Valdovinos, J. G., García-Ruiz, I., Angoa-Pérez, M. V., & Mena-Violante, H. G. (2023). Ethnobotany, Biological Activities and Phytochemical Compounds of Some Species of the Genus Eryngium (Apiaceae), from the Central-Western Region of Mexico. Molecules, 28(10), 4094.
4. Ceccarelli, N., Curadi, M., Martelloni, L., Sbrana, C., Picciarelli, P., & Giovannetti, M. (2010). Mycorrhizal colonization impacts on phenolic content and antioxidant properties
5. of artichoke leaves and flower heads two years after field transplant. Plant and Soil, 335, 311-323.
6. García-Ruiz, I. (2013). Contribución al conocimiento del género Eryngium (Apiaceae) en el estado de Michoacán, México. Acta botánica mexicana, (103), 65-118.
7. Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica, 2012(1), 963401.
8. Goswami, D., Thakker, J. N., & Dhandhukia, P. C. (2015). Simultaneous detection and
9. quantification of indole-3-acetic acid (IAA) and indole-3-butyric acid (IBA) produced by
10. rhizobacteria from l-tryptophan (Trp) using HPTLC. Journal of Microbiological Methods,
11. 110, 7–14.
12. Hu, X. J., Li, Z. J., Cao, Y. C., Zhang, J., Gong, Y. X., & Yang, Y. F. (2010). Isolation and
13. identification of a phosphate-solubilizing bacterium Pantoea stewartii subsp. stewartii g6, and effects of temperature, salinity, and pH on its growth under indoor culture conditions.
14. Aquaculture International, 18(6), 1079–1091.
15. Kong, Z., & Glick, B. R. (2017). The role of bacteria in phytoremediation. Applied Bioengineering: Innovations and Future Directions, 327-353.
16. Mežaka, I., Kļaviņa, D., Kaļāne, L., & Kronberga, A. (2023). Large-Scale In Vitro Propagation and Ex Vitro Adaptation of the Endangered Medicinal Plant Eryngium maritimum L. Horticulturae, 9(2), 271.
17. Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, MDR, Rodríguez-Andrade, O., Morales-García, YE, Santiago-Saenz, Y., Castañeda-Lucio, M., & Muñoz-Rojas, J. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. Biológicas , 17 (2), 24-34.
18. Rodrigues, TL, Silva, ME, Gurgel, ES, Oliveira, MS y Lucas, FC (2022). Eryngium Foetidum L. (Apiaceae): una revisión de la literatura sobre usos tradicionales, composición química y actividades farmacológicas. Medicina alternativa y complementaria basada en la evidencia.
19. Sabatino, M., Rovere, A. E., & Maceira, N. (2015). Germinación de Eryngium regnellii: especie clave para la restauración ecológica de las interacciones planta-polinizador en la Pampa Austral (Buenos Aires, Argentina). Phyton (Buenos Aires), 84(2), 435-443.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324104

EFECTO DEL pH EN LA FERMENTACIÓN DE GLICEROL CON LEVADURAS DEL GÉNERO Pichia PARA LA PRODUCCIÓN DE ARABITOL

Saucedo Zavala Salatiel, Ana Karen Calderón Ordaz, Ma. del Carmen Chávez Parga

Palabras Clave: Arabitol, glicerol, potencial de hidrógeno.

RESUMEN. El arabitol es un poliol que tiene un dulzor similar al de la sacarina, menor contenido calórico, es de importancia industrial y su demanda en el mercado mundial incrementa. Sus métodos de obtención por síntesis química son costosos y perjudiciales para el medio ambiente, por lo cual se buscan alternativas para su producción mediante la fermentación de sustratos económicos con el glicerol. Las levaduras del género Pichia destacan por ser eficientes en la producción de arabitol. Sin embargo, los estudios sobre el efecto del pH inicial en la fermentación de glicerol son limitados. Con el propósito de producir arabitol a partir del glicerol con levaduras del género Pichia, este estudio evaluó el efecto del pH en la producción de arabitol. Las levaduras Pichia stipitis, P. kluyveri y P. pastoris se fermentaron individualmente, en medios que contenían glicerol, como fuente de carbono y cloruro de sodio a una concentración de 0.2 M a pH iniciales de 5 y 6.8. El arabitol se identificó por cromatografía en capa fina y se cuantificó por HPLC. Se determinó la presencia de arabitol en los compuestos intracelulares de P. stipitis.

INTRODUCCIÓN. Las levaduras son microorganismos unicelulares de forma, generalmente, ovalada que representan a un grupo heterogéneo del reino fungí y son de interés por sus aplicaciones en diversas áreas. El género Pichia sobresale por tener especies osmotolerantes y sus procesos de biosíntesis de metabolitos valiosos para fines biotecnológicos, en industrias vinícolas, obtención de proteínas y polioles (Garcia et al, 2021). Los polioles se utilizan, en la industria alimenticia, como sustitutos de azúcar por su capacidad edulcorante y bajo aporte calórico (Erian y Sauer, 2022). Los cuales, se secretan de forma natural por bacterias ácido-lácticas, hongos de los géneros Aspergillus, Penicillium y Trichoderma, y levaduras como Candida, Debaromyces, Pichia y Yarrowia. El arabitol, eritritol y xilitol son los polioles de interés por su obtención mediante fermentaciones con levaduras (Kordowska, 2015). Además, el mercado mundial de polioles se valoró en 25.8 mil millones de dólares en el año 2020 y se estima que, para el año 2029, este aumente con una tasa compuesta anual de 6.3 %, dando un valor cercano a los 44.8 mil millones de dólares (Exactitude Consultancy, 2024). Estos números, muestran que la producción de alcoholes de azúcar es un proceso redituable. Sin embargo, el desarrollo de procesos económicamente sustentables requiere de conceptos como la economía circular. Por lo que futuras investigaciones acerca de especies de Pichia capaces de producir arabitol a partir de glicerol residual son relevantes (Ordaz et al., 2024).

ANTECEDENTES. El glicerol residual, es una fuente de carbono económica para los procesos de fermentación (Santibáñez, 2011). Las levaduras Debaryomyces, Candida, Pichia, Wickerhamomyces, Saccharomycopsis y Wickerhamomyces anomalus son objetivo de estudio por su capacidad de producir arabitol con glicerol (Srujana, 2010; Ranieri et al., 2024). Entre las

especies de Pichia eficaces para producir arabitol se encuentran P. guilliermondii y Pichia stipitis con L-arabinosa como fuente de carbono (Fonseca et al., 2007; McMillan y Boynton, 1994) P. anomala y P. ohmeri a partir de glucosa (Zhu et al. 2010) y P. pastoris crecida en glicerol (Moreira-Melo et al. 2020). Todavía hay pocos estudios sobre la fermentación de glicerol con levaduras del género Pichia para producir arabitol, lo que abre la posibilidad de futuras investigaciones sobre el tema.

OBJETIVO. Evaluar el efecto del pH en el proceso de fermentación de glicerol con levaduras del género Pichia para la producción de arabitol.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las cepas *Pichia kluyveri* (Y13), *P. pastoris* (YPCGS115) y *P. stipitis* (ITMLB05) fueron donadas por el Tecnológico Nacional / Instituto Tecnológico de Morelia y adaptadas al consumo de glicerol, como única fuente de carbono. Las colonias se resembraron en cajas Petri de 90 x 15 mm con medio extracto de levadura peptona y dextrosa (YPD), previo a la fermentación. Las levaduras se cultivaron, individualmente, en matraces Erlenmeyer de 250 mL (Kimax™) con 120 mL de medio líquido con la siguiente composición: glicerol (20.44 g L^{-1}, Meyer®), peptona 2 g L^{-1} (Dibico®), extracto de levadura 1 g L^{-1} (Dibico®), sulfato de magnesio heptahidratado 0.2 g L^{-1} (Meyer®), sulfato de zinc heptahidratado 1.8 $x10^{-3}$ g L^{-1} (Meyer®), tiamina 1.0 $x10^{-3}$, sulfato de cobre pentahidratado 4.0 $x10^{-4}$ g L^{-1} (Meyer®) y cloruro de sodio a concentraciones de 0.2 M (Meyer®). Las fermentaciones se iniciaron a pH de 5 y 6.8, con una concentración de 3 $x10^{6}$ células/mililitro. Los cultivos se incubaron en un agitador orbital modelo LSI-1005R (LabTech©) y se monitorearon cada 12 h por 72 h a 30 °C y 150 rpm. Los parámetros fisicoquímicos que se evaluaron en cada monitoreo fueron: concentración celular, por conteo en cámara de Neubauer con un microscopio Lx400 (Labomed®) a 40x, pH con potenciómetro HI 207 (Hanna Instruments®), producción de biomasa con el método de peso seco y el consumo de glicerol con el método de Malaprade modificado. El arabitol intracelular se extrajo por lisis química y su producción se determinó por cromatografía en capa fina (TLC) y cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC). Los parámetros cinéticos de crecimiento se determinaron mediante un modelo exponencial. La tasa de crecimiento específica se calculó con la ecuación 1

$$xf = x0\ e\mu t \quad \text{(ec 1)}$$

Donde $x0$ es la población celular inicial, xf es la población celular final, es la tasa de crecimiento específica y t es el tiempo en horas

Para calcular el tiempo de duplicación (tD) y la velocidad de división () se utilizaron las ecuaciones 2 y 3 respectivamente

$$tD = \ln 2 / \quad \text{(ec 2)}$$

$$\delta = 1tD \quad \text{(ec 3)}$$

RESULTADOS. El crecimiento celular de las levaduras del género *Pichia* a pH de 5 y 6.8, se muestran en la Figura 1, donde se descarta a *P. pastoris* como candidata para la producción de arabitol dado que está no se desarrolló en el medio a las condiciones establecidas. Las cinéticas de crecimiento se realizaron para analizar el comportamiento de las levaduras a los diferentes pH, además son imperativas para determinar la terminación de la fase exponencial y el inicio de la fase estacionaria, está última es determinante en la producción de arabitol, dado que la cantidad de arabitol aumenta a inicio de la fase estacionaria (Rodríguez-Pupo *et al*., 2021). Los parámetros cinéticos de las fermentaciones se encuentran en la Tabla 1. Las velocidades específicas de crecimiento oscilaron dentro del intervalo de 0.14 h^{-1} – 0.21 h^{-1}. El cambio de pH durante la fermentación se muestra en la Figura 2, donde se puede observar un comportamiento

similar; durante las primeras 12 h de la fermentación el medio se basifica y posteriormente el pH empieza a disminuir, durante la fase logarítmica. Se infiere que este comportamiento se debe a la liberación de protones, formación de ácidos orgánicos, consumo de nitrógeno de los aminoácidos orgánicos, el cual cambia su carácter anfótero a ácido (González-Hernández *et al*., 2015), por último, llegar a una subsecuente estabilización en el pH de los sistemas de homeostasis de la levadura (Serrano, *et al*., 1986). La cuantificación de arabitol por HPLC mostró que *P. stipitis* tuvo una producción de: 0.61 ± 0.02 g L^{-1} y 0.77 ± 0.04 g L^{-1} a un pH inicial de 5 y 6.8, respectivamente. Los resultados del ANOVA ($p \geq 0.05$) mostraron que hubo un aumento estadísticamente significativo en la producción de arabitol a un pH inicial de 6.8. No obstante, la señal de arabitol no se detectó en ninguno de los extractos lisados de *P. kluyveri*.

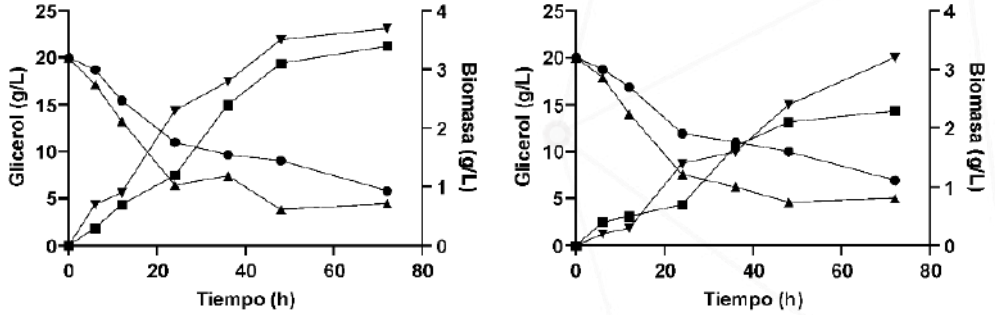


Fig. 1. *Efecto del pH en la producción de biomasa y consumo de sustrato a una concentración de NaCl 0.2 M.* ***a)*** *P. stipitis y* ***b)*** *P. kluyveri.* ***Biomasa*** *(pH = 5, ▼; pH = 6.8, ■) y* ***glicerol*** *(pH = 5, ▲; pH = 6.8, ●).*

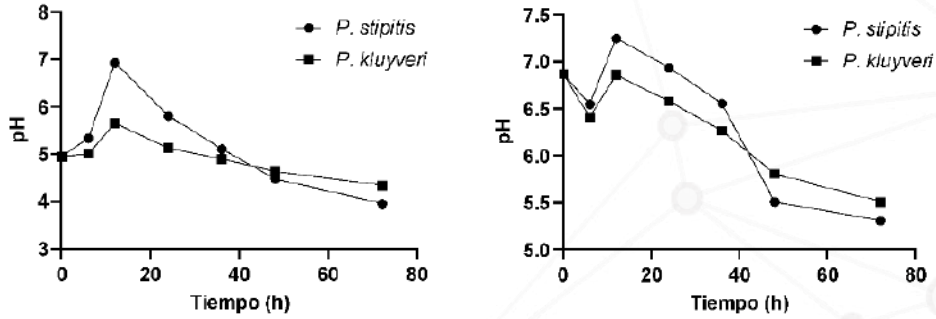


Fig. 2. *Cambios en el potencial de hidrógeno durante la fermentación de las levaduras del género Pichia a una concentración de NaCl 0.2 M y pH inicial de* ***a)*** *5 y* ***b)*** *6.8.*

Cepa	Parámetro	pH	
		5	6.8
P. stipitis	μ	0.17 ± 0.01^{A}	0.18 ± 0.00^{A}
	t_D	4.14 ± 0.26^{A}	3.93 ± 0.08^{A}
	δ	0.24 ± 0.02^{A}	0.25 ± 0.01^{A}
P. kluyveri	μ	0.14 ± 0.00^{a}	0.21 ± 0.02^{b}
	t_D	5.00 ± 0.06^{a}	3.39 ± 0.25^{b}
	δ	0.20 ± 0.00^{a}	0.30 ± 0.02^{b}

Tabla 1. *Parámetros cinéticos de crecimiento de la fermentación de glicerol a diferente pH´s.*
μ (h^{-1}): velocidad específica de crecimiento, **t_D (h):** tiempo de duplicación y **δ (generaciones $hora^{-1}$):** velocidad de división. Los resultados son promedio de dos corridas experimentales **±** la desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ANOVA ($p \geq 0.05$).

CONCLUSIONES. La producción de arabitol, por fermentación de glicerol con Pichia stipitis, tuvo un aumento estadísticamente significativo a un pH inicial de 6.8. Los resultados sugieren que la levadura nativa, P. stipitis es prometedora para la producción de arabitol.

REFERENCIAS.

1. Erian, A. M., & Sauer, M. (2022). Utilizing yeasts for the conversion of renewable feedstocks to sugar alcohols-a review. Bioresource Technology, 346, 126296.
2. Exactitude Consultancy. (2024). El mercado de polioles está segmentado por producto (poliéter, poliéster), aplicación (espuma rígida, espuma flexible, revestimientos, adhesivos y selladores, elastómeros, otros) y región, tendencias globales y pronóstico de 2022 a 2029. https://exactitudeconsultancy.com/es/reports/28024/polyolsmarket/#:~:text=Descripci%C3%B3n%20general%20del%20mercado%20de
3. Farias, D., H.F, A., José, M., Gabriel Cicalese Bevilaqua, Danielle Cavalcante Ribeiro, Goldbeck, R., & Maugeri-Filho, F. (2022). New biotechnological opportunities for C5 sugars from lignocellulosic materials. Bioresource Technology Reports, 17, 100956– 100956. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.100956
4. Fonseca C, Romão R, Rodrigues De Sousa H, Hahn- Hägerdal B, Spencer-Martins I (2007). L-Arabinose transport y catabolism in yeast. FEBS Journal 274(14):3589–3600. https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2007.05892.x
5. García-Suárez, J., Zumalacárregui-de-Cárdenas, L., Santana-Vázquez, Z., García-Suárez, J., Zumalacárregui-de-Cárdenas, L., & Santana-Vázquez, Z. (2021). Usos de la levadura Pichia pastoris en la producción de proteínas recombinantes. Vaccimonitor, 30(3), 153–163. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1025-028X2021000300153&script=sci_arttext&tlng=pt
6. Koganti, S., Kuo, T. M., Kurtzman, C. P., Smith, N., & Ju, L.-K. (2010). Production of arabitol from glycerol: strain screening and study of factors affecting production yield. Applied Microbiology and Biotechnology, 90(1), 257–267. https://doi.org/10.1007/s00253-010-3015-3
7. Kordowska-Wiater, M. (2015). Production of arabitol by yeasts: current status and future prospects. Journal of Applied Microbiology, 119(2), 303–314. https://doi.org/10.1111/jam.12807
8. McMillan, J. D., & Boynton, B. L. (1994). Arabinose utilization by xylose-fermenting yeasts and fungi. Applied biochemistry and biotechnology, 45, 569-584.
9. Moreira-Melo NT, Pontes-Coimbra G, Pierotti-Procópio D, Cunha GC de G, Pontes-Eliodório K, Costa-Paes H, Olitta- Basso T, Skorupa-Parachin N (2020). Evaluation of product distribution in chemostat y batch fermentation in lactic acid- producing Komagataella phaffii strains utilizing glycerol as substrate. Microorganisms 8(5):1–12. https://doi.org/10.3390/ microorganisms8050781
10. Ordaz, A. K. C., Hernández, J. C. G., & Parga, M. D. C. C. (2024). Levaduras del género Pichia y su uso potencial en el desarrollo biotecnológico. Ciencia Nicolaita, (91), 125-135.
11. Ranieri, R., Candeliere, F., Sola, L., Leonardi, A., Rossi, M., Amaretti, A., & Raimondi, S. (2024). Production of arabitol from glycerol by immobilized cells of Wickerhamomyces anomalus WC 1501. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 12. https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1375937
12. Rodríguez-Pupo, E. C., Pérez-Llano, Y., Tinoco-Valencia, J. R., Sánchez, N. S., Padilla-Garfias, F., Calahorra, M., ... & Sánchez-Carbente, M. D. R. (2021). Osmolyte signatures for the protection of Aspergillus sydowii cells under halophilic conditions and osmotic shock. Journal of Fungi, 7(6), 414.
13. Santibáñez, C., Varnero, M. T., & Bustamante, M. (2011). Residual Glycerol from Biodiesel Manufacturing, Waste or Potential Source of Bioenergy: A Review. Chilean Journal of Agricultural Research, 71(3), 469–475. https://doi.org/10.4067/s0718-58392011000300019
14. Zhu HY, Xu H, Dai XY, Zhang Y, Ying HJ, Ouyang PK (2010). Production of D-arabitol by a newly isolated Kodamaea ohmeri. Bioprocess y Biosystems Engineering 33(5):565-571. https://doi.org/10.1007/s00449-009-0378-x

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324107

ELABORACIÓN DE UNA HOJUELA A BASE DE NOPAL (*OPUNTIA FICUS-INDICA*), AMARANTO (*AMARANTHUS*) Y MIEL (*APIS MELLIFERA*) PARA TRATAMIENTOS DE ESTREÑIMIENTO

Isidra Cristina Mondragon Santoyo[1], José Pérez Villarreal[2]
1Instituto Tecnológico Superior de Uruapan / Tecnológico Nacional de México, mondragonisidra101@gmail.com
2Instituto Tecnológico Superior de Uruapan / Tecnológico Nacional de México, jose.pv@uruapan.tecnm.mx

Palabras Clave: Alimentos funcionales, estreñimiento, hojuelas de nopal.

RESUMEN. Las hojuelas de nopal, amaranto y miel, ofrecen varios beneficios para la salud ya que es considerado superalimento porque esta hecho a base de alimentos naturales como lo es el nopal que aporta vitaminas y minerales que ayuda al intestino lo desinflama y lo ayuda a su buen funcionamiento, el amaranto aporta proteínas, antioxidantes y también contiene fibra que ayuda al mismo padecimiento al igual que la miel contiene propiedades antibacterianas y antifúngicas, este se considera un alimento funcional ya que contiene nutrientes, vitaminas y fibra que benefician en gran medida a la salud del ser humano. Juntos pueden ayudar al controlar el colesterol y a mejorar la digestión, además pueden proporcionar energía sostenida y a poyar la salud intestinal. Para la realización de las hojuelas se seleccionaron los mejores ingredientes y se elaboraron 3 formulaciones con diferentes concentraciones y se evaluaron funcionalmente se seleccionaron 30 jueces consumidores para estas pruebas para ver cual de las tres formulaciones les agradaba más, la formulación 3 fue la que mas les gusto ya que cumplía con una mejor textura, aroma, color y sabor, al ser esta la seleccionada fueron elaboradas mas hojuelas con esa misma concentración, al realizar las pruebas funcionales nos dimos cuenta que las hojuelas si ayudan al estreñimiento. Este producto se elaboro con el fin de lanzarlo al mercado y que fuera de preferencia para los consumidores ya que los superalimentos están de moda hoy en día las personas buscan productos que sean naturales y que ayuden, aporten beneficios a nuestro cuerpo. Las hojuelas nutren, es un alimento super natural, las puedes consumir diariamente en el desayuno con el fin de aportar los nutrientes necesarios a nuestro organismo principalmente a dar un buen funcionamiento al sistema digestivo limpian los intestinos y mantienen una buena digestión desde el tracto digestivo.

INTRODUCCIÓN. Super Alimento. Hoy en día la humanidad busca cuidar su salud y eso tiene que ver mucho en su manera de alimentación es por ello que buscan una manera de alimentarse correctamente llevando una dieta rica en proteínas, fibra y minerales ya que estas propiedades de los alimentos ayudan a nuestro cuerpo a protegernos de algunas enfermedades. Es por ello que en los países subdesarrollados buscan la manera de crear alimentos que contengan todas estas propiedades nutricionales y que al mismo tiempo cuiden la salud del consumidor, la empresa de marketing ha desarrollado productos con algunos alimentos naturales, predominante de frutas, plantas y semillas, estas poseen los nutrientes propios de las especies, se les aprecia estas características benéficas para la salud, nombrando este producto como superalimento (Encalada et al, 2021). Cabe destacar que un superalimento es aquel que contine una alta cantidad de nutrientes, algunos de nosotros estamos pocos relacionados con estos productos ya

que estos conllevan a tener una dieta a la que no estamos acostumbrados otros consideran que un superalimento es algo que está de moda y que solo es una estrategia de las empresas de marketing. Sin embargo, la mayoría de la humanidad coincide y sabe de los grandes beneficios que contiene consumir productos como los que son los estos ya que son naturales es decir que no se les añade ningún nutriente ni aditivos. La elaboración y la política coherente de seguridad alimentaria es una de las piezas claves para el desarrollo de cualquier país. México que cuenta con una gran variedad de recursos naturales, de flora y fauna, de plantas, frutos comestibles con un alto potencial beneficioso para la salud, esto ayuda en el desarrollo del país, en México podemos encontrar superalimentas como lo son la chía, miel, linaza, amaranto, maíz, cacao, arroz, aguacate, nopal, algas, avena. Estos alimentos funcionales brindan un beneficio adicional al organismo como proteínas, antioxidantes, fibra, o probióticos, los superalimento se clasifican en cinco categorías principales se clasifican en plantas, frutos y nueces, miel, algas marinas, y por último en hierbas (García, 2019).

Alimentos funcionales. Los superalimentos son considerados como alimentos que contienen una alta concentración de nutrientes esenciales, como vitaminas, minerales y antioxidantes entre otros compuestos que son beneficiosos para la salud, estos alimentos pueden proporcionar beneficios adicionales tales como son la reducción de enfermedades crónicas, mejora la función inmunológica, aumenta la energía y el bienestar, protege contra el envejecimiento celular y apoya a la salud digestiva, algunos ejemplos de los superalimentos son las verduras, frutas, proteínas, granos, bebidas como el té verde, juego de aloe vera entre otros y nueces y semillas (Farjas, 2003). En la actualidad, se han observado una clara preocupación en la sociedad por la relación del estado de salud de cada persona y en la alimentación que recibe, en la opinión de los expertos de la salud muchas de las enfermedades crónicas que ataca a la sociedad de un modo particular son los trastornos gastrointestinales e estreñimiento, el cáncer, la obesidad, trastornos cardiovasculares se relaciona mucho con la dieta alimenticia, en la actualidad el público se preocupa más por su salud y compra alimentos con valor agregado, otros factores que contribuyen en los alimentos funcionales son los grandes avances tecnológicos, entre ellos la biotecnología ya que ella ayuda al mejoramiento o la producción de variados alimentos que consumimos actualmente, así como la investigación científica que verifica los beneficios de estos alimentos que ayudan a la salud humana (Alvídrez et al, 2002). El nopal y amaranto son considerados superalimentas y alimentos del futuro por sus altos niveles nutrimentales, por los beneficios que le traen a la salud humana consumirlos ya que han existido durante muchos años atrás desde el tiempo de los aztecas y son económicos y se pueden incluir en la dieta diaria, tienen mayor cantidad de proteína que algunos otros cereales estas plantas se adaptan a cualquier clima y no se requiere de mucha agua para su mantenimiento (Campara al, 2016).

Problemas de Estreñimiento. El estreñimiento es una de las principales causas de enfermedad en México y todo el mundo ya que es una enfermedad crónica la pueden padecer desde los más pequeños a los adultos mayores. Se han realizado varios estudios donde se comprueba que los que más padecen esta enfermedad es la población que cuenta con sus primeros años de vida y los adultos mayores de 50 a 60 años (Morelia y López, 2006). Algunos de los síntomas de estreñimiento es que van pocas veces al baño durante el día e incluso pueden durar 2 o 3 días sin ir al baño, algunas de las causas por las cuales se manifiesta este padecimiento es por falta de fibra vegetal, o el consumo de medicamento que causa estreñimiento, falta de ejercicio, condiciones de trabajo, falta de agua a nuestro organismo (Moreira y López, 2006). Hoy en día están usando mucho la fibra de las plantas y vegetales para tratar el estreñimiento ya que estos al ser ingeridos ayudan a un buen funcionamiento del intestino tal es el caso del nopal, amaranto y la miel. La miel tiene un efecto laxante ya que esta contiene oligosacáridos que no son digeridos por el cuerpo y ayudan a traer agua al intestino, el nopal es rico en fibras contiene pectina estas

combinaciones ayudan a mejor la digestión, el tracto gastrointestinal reduciendo los síntomas del estreñimiento sea de la manera que se injiera tiene grandes beneficios para nuestra salud (Magaña, 2003). El amaranto por su alto contenido de fibra mejora el tracto intestinal, ayuda para el estreñimiento, es uno de los productos que tiene muchos años y que se puede ingerir de cualquier manera sus beneficios son los mismos para nuestros organismos (León, 2012).
Evaluación sensorial. Una evaluación sensorial es aquella donde la función principal es evaluar algún alimento, ya sea su sabor, aroma, textura etc., por medio de los sentidos humanos (tacto, vista, oído, gusto y olfato), para brindar una mejor calidad, inocuidad y desarrollo de los productos a los consumidores, ya sea para desarrollar un producto nuevo o mejorar alguno que ya exista. Durante la etapa de desarrollo y mejoramiento de algún producto se realizan algunas pruebas sensoriales con el fin de monitorear el grado de aceptabilidad de agrado de los consumidores por tal producto, al ser evaluado por algunos jueces ya sean jueces capacitados o jueces consumidores esto con el fin de mejorar o saber si el producto evaluado fue rechazado o fue del agrado del público consumidor (Dávila et al, 2016).

OBJETIVO. Evaluar el efecto funcional de las hojuelas elaboradas a base de nopal, amaranto y miel en el tratamiento del estreñimiento.

OBJETIVOS PARTICULARES. Estandarizar el proceso de la elaboración de las hojuelas a base de nopal, amaranto y miel. Establecer las características de las pruebas sensoriales y efecto funcional de las hojuelas a base de nopal, amaranto y miel. Analizar la evaluación funcional y sensorial de las hojuelas elaboradas a base de nopal, amaranto y miel.

MATERIALES Y MÉTODOS. Estandarización del proceso de la elaboración de las hojuelas
Para la estandarización del proceso de elaboración de las hojuelas se utilizó, nopal, amaranto y miel. El nopal se cortó posteriormente se puso a secar, se molió el nopal junto con el amaranto hasta quedar totalmente convertido en harina (se utilizó una licuadora de la marca Mabe modelo 853-10) , posteriormente se le agrego la miel y un poco de agua se mezcló la harina del nopal y amanto con la miel, la masa manejable se vertió en una mesa para extenderla y poder hacer los cortes de las hojuelas, se agregaron en una bandeja para hornear, se dejó hornear bien durante 20 min a una temperatura de 120 C (para ello se utilizó un horno de una estufa Mabe, modelo EM7674CFI). Establecimiento de las características de las pruebas sensoriales y efecto funcional de las hojuelas a base de nopal, amaranto y miel. Para la evaluación sensorial se trabajó con 30 evaluadores de un rango de edad de 15 a 65 años, posteriormente se les dio un formato donde indicaron cuál de las 3 muestras fue de su agrado. La prueba que se realizo fue una afectiva, tipo escalar con 4 niveles de agrado. En las pruebas de evaluación del efecto funcional, participaron 15 personas que padecen de estreñimiento, se les dio un formato donde registraron cuantas veces van al baño a la semana, antes de consumir las hojuelas y cuantas veces después de consumir las hojuelas (30 gr) durante 2 semanas.

RESULTADOS. En la Fig. 1, se aprecian las tres formulaciones del cereal.



Figura 1. *Formulaciones de las hojuelas a base de nopal, amaranto y miel*

En la Fig. 2, se muestran los resultados de la prueba de preferencia donde se evaluaron las tres formulaciones del cereal. Se observa que la formulación 3 fue la que más agradó (63% de los encuestados).

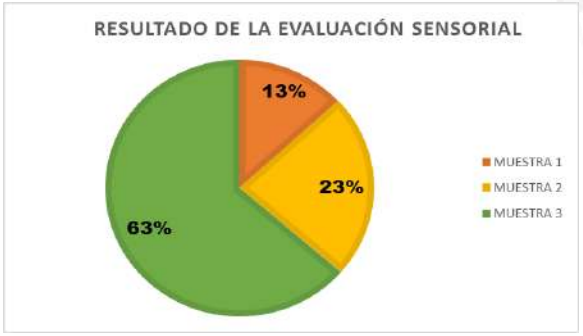


Figura 2. *Resultados de la evaluación sensorial*

En la Fig. 3, se muestran los resultados del consumo de las hojuelas de nopal, amaranto y miel, durante dos semanas. En la semana 1, no hubo consumo de la hojuela. Durante las semanas 2 y 3 hubo consumo de hojuelas. En la semana 1 el promedio de evacuaciones semanales fue de 2. Durante la semana 2, el promedio de evacuaciones semanales fue de 3.2. En la semana 3, el consumo de evacuaciones semanales fue de 4.

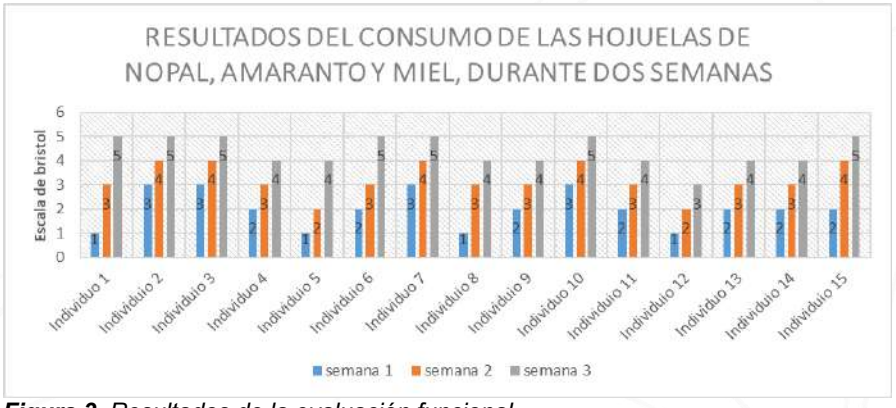


Figura.3, *Resultados de la evaluación funcional*

CONCLUSIONES. Se logró elaborar hojuelas a base de nopal, amaranto y miel, la formulación 3 fue la que más agrado a los evaluadores. Se observó que, durante el consumo de la hojuela, se

incrementó el número de evacuaciones semanales, mostrando que el producto fue eficiente para tratar el estreñimiento.

REFERENCIAS.

1. Alvídrez M.A., Gonzales M.B.E., Jiménez S.Z., 2002, Tendencia de producción de alimentos funcionales, Revista salud pública y nutrición v. 3, n. 3.
2. Campara M.C., 2016, Alimentos funcionales tecnología que hace la diferencia, Revista de investigación agropecuarias v. 42, n. 2, p. 131-137.
3. Dávila H.A., Lepe L.M., Polaco E.S.C., Guerra C.D., 2016, Determinación de valor nutricional y evaluación sensorial del ensilado de Sorghum vulgare y Tithonia diversifoli, Revista Electrónica de Veterinaria v. 17, n. 10, p. 1-11. E-ISSN:1695-7504.
4. Encalada A.R., Peñaherrera V.D., Gonzales I.M., 2021, Los superalimentas como tendencia de mercado un análisis de oportunidad para las empresas, Revista Innova research jornal v. 6, n. 2, p. 157-179.
5. Forjas A.P., 2003, Sobre los alimentos funcionales v. 77, n. 3, p. 313-316.
6. García R.C., 2019, Superalimentas ¿existen realmente o son productos de Marketing?, Universidad facultad de fármacos, tesis de grado.
7. Magaña H.M., 2003, Estreñimiento funcional crónico en la adolescencia, ¿es un problema de educación para la salud?, Revista Pedriatr Aten Primaria n. 5, p. 423-432.
8. Moreira A.F., López R.A, 2006, Información al paciente, Revista Española de enfermedades digestivas v. 98, n. 4, p. 308.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324108

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETAL DE UNA CEPA DE *Trichoderma atroviride*

Karla Ivonne González Martínez[1], Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas[2], Sylvia P. Fernández Pavía3, Gerardo Vázquez Marrufo[1]

1Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UMSNH

karla.ivonne.gonzalez@umich.mx; gerardo.marrufo@umich.mx

2División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez". UMSNH. soledad.vazquez@umich.mx

3Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. UMSNH. patricia.pavia@umich.mx

Palabras Clave: Trichoderma, metabolitos, crecimiento vegetal.

RESUMEN. Las especies del género de hongos Trichoderma poseen diversos mecanismos para biocontrolar a distintos fitopatógenos. Uno de los mecanismos es la producción de metabolitos secundarios, algunos de los cuales inhiben el crecimiento de hongos fitopatógenos, mientras que otros promueven el crecimiento de las plantas. El estudio y caracterización de nuevas cepas de Trichoderma spp. permite demostrar la diversidad inter e intraespecífica de nuevas cepas con potencial biotecnológico. El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial para la promoción del crecimiento vegetal de la cepa CMU-08 de Trichoderma atroviride aislada en Michoacán, comparando los efectos del micelio vegetativo con de los metabolitos extracelulares producidos por este. Para evaluar el efecto sobre el crecimiento vegetal, se recuperaron los filtrados extracelulares (FECs) del sexto día de crecimiento (fase estacionaria) de la cepa de estudio en condición basal (CB) empleando medio mínimo Vogel (MMV) y en condición inducida (CI), suplementando dicho medio con micelio liofilizado de B. cinerea (1% p/v). La aplicación de conidias de la cepa CMU-08 (1x106 por maceta) incrementó el peso fresco (12.47%), la altura (147.98%), el número de hojas (133.80%) y longitud de las raíces (120.19%) en ensayos de invernadero en plantas de jitomate (Solanum lycopersicum). En los mismos ensayos, la aplicación de los FECs de la CI incrementó el peso fresco (9.56%), la altura (108.66%), el número de hojas (103.82%) y la longitud de las raíces (89.38%) de las plantas. Cabe mencionar que el incremento en las variables evaluadas fue mayor en las plantas que crecieron en sustrato no fertilizado con respecto a las que lo hicieron en sustrato fertilizado. Los resultados descritos permiten concluir que la cepa de estudio produce metabolitos secundarios con actividad de promoción del crecimiento vegetal, los cuales tienen un efecto similar a la del micelio fisiológicamente activo.

INTRODUCCIÓN. Trichoderma es un género de hongos ascomicetos, los cuales pueden encontrarse en diferentes ecosistemas (El Enshasy et al., 2020). Este género de hongos son empleados principalmente como productor de enzimas hidrolíticas y agentes de control biológico. Además, se ha documentado su uso en procesos de bioestimulación y biofertilización, ya que colonizan eficazmente la rizosfera y las raíces de las plantas, estableciendo de esta manera interacciones con las plantas y microbiota presente en el suelo (Tyśkiewicz et al., 2022).

ANTECEDENTES. Las especies de Trichoderma presentan distintos mecanismos que las hacen excelentes agentes de biocontrol, los cuales pueden ser directos, como el micoparasitismo y la

antibiosis. En el primero de estos mecanismos participan enzimas líticas que degradan la pared celular fúngica, mientras que el segundo incluye la producción de metabolitos secundarios con actividad biológica y la competencia por nutrientes. Otros mecanismos de acción se consideran como secundarios, los cuales integran la inducción de respuesta de defensa de la planta y la promoción del crecimiento vegetal (Ghorbanpour et al., 2018). El efecto de promoción del crecimiento vegetal por parte de Trichoderma sppse asocia a su capacidad para producir diferentes metabolitos secundarios, tales como la 6-pentil-α-pirona, trichoconinas y el ácido harziánico; así como la producción y activación de algunas fitohormonas como el ácido indol acético, auxinas y giberelinas. Se ha reportado que la aplicación de estos compuestos ha resultado en efectos positivos sobre el crecimiento vegetal (Woo et al., 2023; Zeilinger et al., 2016; Guzmán-Guzmán et al., 2019).

OBJETIVO. El objetivo del presente trabajo es evaluar el potencial para la promoción del crecimiento vegetal de la cepa CMU-08 de Trichoderma atroviride aislada en Michoacán, comparando los efectos del micelio vegetativo con de los metabolitos extracelulares producidos por dicha cepa.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se analizó la cepa CMU-08 de T. atroviride, la cual forma parte del Cepario Michoacano Universitario (CMU), perteneciente al Laboratorio de Conservación y Biotecnología de Microorganismos del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, UMSNH. Se realizaron cultivos de la cepa CMU-08 de T. atroviride para recuperar los filtrados extracelulares (FECs) del medio mínimo Vogel líquido (MMV) como condición basal (CB) y MMV suplementado con micelio inactivo de B. cinerea al 1% (p/v) como condición inducida (CI). La cepa de estudio se inoculó añadiendo 6 cilindros de 6 mm de diámetro de agar con micelio en fase logarítmica de crecimiento a matraces de 250 ml que contenían 50 ml de medio. Los cultivos se incubaron a 28 °C y 120 rpm de agitación hasta fase estacionaria. Transcurrido el tiempo de incubación se recuperaron los FECs. En los ensayos de promoción del crecimiento vegetal se emplearon semillas de jitomate (Solanum lycopersicum, var. Río Grande). Las semillas se germinaron en charolas de seis cavidades con peat moss. Pasados 14 días desde la germinación, 30 plántulas se trasplantaron a macetas de plástico de cuatro litros con sustrato sin fertilizar y 30 plantas fueron trasplantadas a sustrato fertilizado (N- 16 %, P2O5 – 8 %, K2O – 12 %). Ambos grupos de plantas se mantuvieron en el invernadero en condiciones naturales de luz, 31.83 °C de temperatura y 38.25 % de humedad relativa. Se aplicó riego con agua potable cada tercer día antes y durante la realización del experimento. A las plantas de jitomate se aplicaron 50 ml de los FECs de la CB y CI; así como una suspensión de conidias (1x106 UFC/ml) de la cepa CMU-08, como tratamientos. Los tratamientos control fueron medio de cultivo de la CB y CI que no fueron inoculados con T. atroviride y un tratamiento con agua. Los tratamientos se aplicaron tres veces durante el desarrollo de ensayo en un intervalo de 15 días. Transcurridos 15 días posteriores a la aplicación del último tratamiento se determinó el peso fresco y seco de las plantas, se midió la altura y longitud de las raíces y se contó el número de hojas. La prueba estadística para estos ensayos fueron una prueba de ANOVA de dos vías con una prueba pos hoc de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS. Los ensayos realizados muestran que la aplicación de los FECs que contienen los metabolitos secundarios, así como la aplicación de las conidias de la cepa CMU-08 tienen un efecto positivo sobre las plantas de jitomate y que dicho efecto es mayor en las plantas que se encontraban en sustrato sin fertilizar ($p < 0.05$). Respecto al peso fresco, la aplicación de los FECs de la CI tiene un efecto positivo en las plantas que se encontraban en ambos tipos de

sustratos, ya que se presentó un incremento de 9.56 y 10.44 % en las plantas a las que se adicionó el FECS de la CB y CI, respectivamente (Figura 1). La aplicación de los FECs de la CB y la aplicación de las conidias de la cepa de *T. atroviride* tienen un mayor efecto en las plantas que se encontraban en sustrato sin fertilizar, presentando incrementos del 9.95 y 12.47 % respectivamente.

En el peso seco de las plantas no se encontraron diferencias significativas entre la aplicación de los tratamientos. En este factor, las plantas a las que se les adicionó el FEC de la CI, mostraron un incremento de 36.36 % (Figura 1).

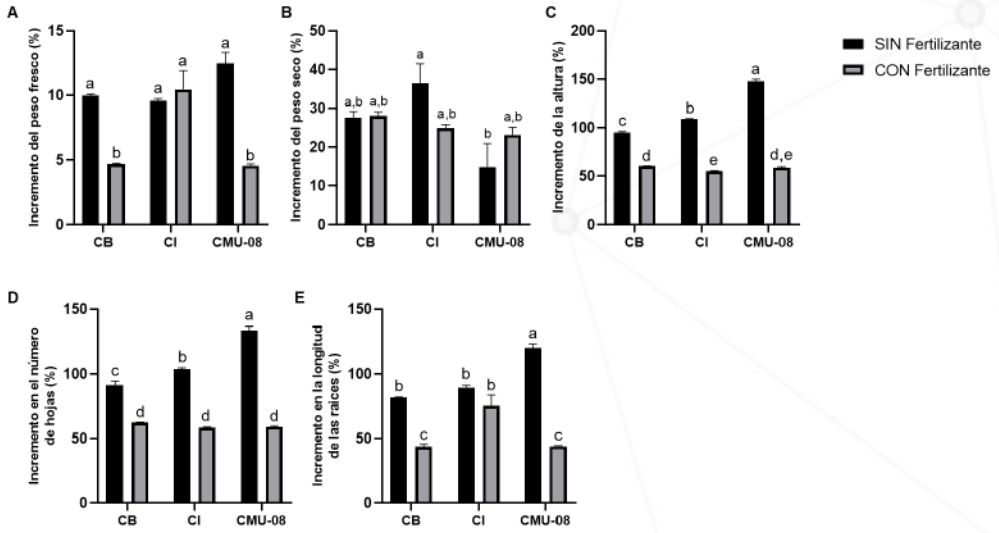


***Figura 1**. Incremento de factores fisiológicos de plantas de jitomate (S. lycopersicum) tratadas con los FECs y conidias de la cepa CMU-08 de T. atroviride. Las imágenes muestran el incremento del peso freso (A), peso seco (B), altura (C), número de hojas (D) y longitud de las raíces (E) de plantas de jitomate tratadas con los FECs y conidias de la cepa CMU-08 con respecto a sus controles. Las barras representan el error estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas (ANOVA de dos vías con prueba post hoc de Tukey, p < 0.05).*

En la altura de las plantas, el incremento fue mayor en las plantas que se encontraban en sustrato no fertilizado (Figura 1). Además, hubo una diferencia significativa respecto a la adición de los tratamientos, ya que la aplicación de las conidias aumentó la altura de las plantas un 147.98 %, y la aplicación de los FECs aumentó un 108.66 % y 95.10 % la altura de las plantas con los FECs de la CI y la CB, respectivamente. Este mismo efecto se observó en el número de hojas de las plantas (Figura 1), donde los incrementos fueron de 133.80, 103.82 y 91.34 % con la aplicación de las conidias de la cepa CMU-08 y los FECs de la CI y CB (Figura 1). En la longitud de las raíces, la aplicación de las conidias mostró un mayor incremento (120.19 %) en suelo sin fertilizantes. Esta tendencia también se observó en las plantas tratas con el FEC de la CB al incrementarse la longitud de las raíces 81.75 %. No se observó diferencia significativa en las plantas crecidas en ambos sustratos y tratadas con el FEC de la CI.

CONCLUSIONES. Los resultados descritos permiten concluir que la cepa CMU-08 de T. atroviride produce metabolitos secundarios con actividad de promoción del crecimiento vegetal, los cuales presentan el mismo potencial que la aplicación del micelio/conidias de la cepa de estudio.

REFERENCIAS.

1. El Enshasy, H. A., Ambehabati, K. K., El Baz, A. F., Ramchuran, S., Sayyed, R. Z., Amalin, D., Dailin, D. J., Hanapi, S. Z. (2020). Trichoderma: biocontrol agents for promoting plant growth and soil health. Agriculturally Important Fungi for Sustainable Agriculture: Volume 2: Functional Annotation for Crop Protection. 239-259.
2. Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R., Kariman, K. (2018). Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. Biological Control. 117: 147-157.
3. Guzmán-Guzmán, P., Porras-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V., Herrera-Estrella, A. (2019). Trichoderma species: versatile plant symbionts. Phytopathology. 109(1): 6-16.
4. Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., Jaroszuk-Ściseł, J. (2022). Trichoderma: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. International Journal of Molecular Sciences. 23(4): 2329.
5. Woo, S. L., Hermosa, R., Lorito, M., Monte, E. (2023). Trichoderma: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. Nature Reviews Microbiology. 21(5): 312-326.
6. Zeilinger, S., Gruber, S., Bansal, R., Mukherjee, P. K. (2016). Secondary metabolism in Trichoderma–chemistry meets genomics. Fungal Biology Reviews. 30(2): 74-90.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324109

EFECTO SUBLETAL Y PATOGENICIDAD DE *Metarhizium rileyi* FARLOW SOBRE EL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)

Yordanys Ramos González[1], Samuel Pineda Guillermo[1], José Isaac Figueroa De la Rosa[1], Selene Ramos Ortiz[1], Juan Manuel Chavarrieta Yáñez[1], Luis Jesús Palma Castillo[1], Ana Mabel Martínez Castillo[1]

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yordanys.ramos@umich.mx

Palabras Clave: Control biológico, hongos entomopatógenos, Noctuidae.

RESUMEN. El gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) se considera el principal insecto plaga del cultivo del maíz ya que se alimenta del cogollo de la planta y puede causar hasta un 58% de pérdidas en los rendimientos del cultivo. Debido a la resistencia de este insecto a diferentes insecticidas químicos, es necesario buscar alternativas ecológicas para su control como lo son los hongos entomopatógenos. En este estudio se evaluó el efecto subletal de Metarhizium rileyi Farlow sobre pupas de este insecto bajo condiciones de laboratorio, así como su patogenicidad en invernadero. Los aislamientos J10 22, T9-21 y L8-22, a una concentración de 1 x 106 conidios mL-1, causaron los mayores porcentajes de afectación de las pupas con un 54, 57 y 60% del total de pupas cuantificadas, respectivamente, de las cuales no emergió ningún adulto. Sin embargo, la menor concentración de M. rileyi evaluada también afectó la emergencia de los adultos entre el 20 y 37%. El peso de las pupas disminuyó significativamente (entre 93 y 112 mg) al incrementar la concentración del hongo. En condiciones de invernadero, se evaluaron los aislamientos T9-21 y L8-22 los cuales no causaron diferencias en cuanto a la supervivencia de las larvas, pero sí en cuanto a la esporulación con valores de 97 y 69%, respectivamente. Esto sugiere que M. rileyi posee un alto potencial como agente de control biológico de S. frugiperda. Sin embargo, futuras investigaciones deben centrarse en la optimización de sus métodos de aplicación y en la exploración de los mecanismos subyacentes de su patogenicidad.

INTRODUCCIÓN. El maíz, Zea mays L., representa uno de los cereales más consumidos por la población mundial. Este constituye el tercer cultivo agrícola en orden de importancia después del trigo, Triticum aestivum L. y el arroz, Oryza sativa L. La principal plaga que afecta al cultivo de maíz es el gusano cogollero, Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Este insecto puede afectar a las plantas en cualquiera de sus estados fenológicos, aunque prefiere alimentarse del cogollo de la planta. Su incidencia puede causar pérdidas al cultivo que oscilan entre el 45 al 100% (Gutiérrez-Moreno et al., 2019). Para el control de esta plaga, se utilizan principalmente insecticidas químicos con diferentes ingredientes activos como monocrotofos y diclorvos que muchas veces resultan ineficientes. Sin embargo, el uso excesivo de estos compuestos causa daños al ambiente, a la salud humana y animal y reduce las poblaciones de los enemigos naturales (Jepson et al., 2020). Los hongos entomopatógenos (e.g., Beauveria bassiana (Balsamo-Criveli) Vuillemin, Metarhizium anisopliae (Metchnikoff) Sorokin y Metarhizium rileyi (Farlow) Kepler S.A. Rehner y Humber) constituyen una alternativa ecológica y viable para reducir las poblaciones de plagas agrícolas debido a que pueden infectar cualquiera de los estados de vida de sus hospedantes. Se han reconocido entre 750-1,000 especies de hongos

patógenos de insectos (Gupta y Jinda, 2014). Debido a la importancia que representa S. frugiperda en el cultivo de maíz, así como a su expansión a nivel mundial, actualmente se requiere un mayor conocimiento sobre el efecto subletal de estos hongos sobre el desarrollo del insecto. En el presente estudio, se evaluaron los efectos subletales provocados por el hongo M. rileyi en términos del peso de pupas, así como su efecto sobre larvas en condiciones de invernadero. Lo anterior, con la finalidad de diseñar un programa de manejo integrado para el control de esta plaga.

ANTECEDENTES. Las especies B. bassiana y M. anisopliae son las más comunes y efectivas para el control de distintas especies de insectos plaga, incluyendo S. frugiperda, cuyo modo de acción es por contacto. Otra especie de hongo muy interesante por su alta virulencia y persistencia en campo sobre poblaciones de S. frugiperda es M. rileyi. Este hongo se ha aislado aproximadamente de 60 especies de lepidópteros de los cuales más de la mitad pertenecen a la familia Noctuidae (Fronza et al., 2017). Los efectos subletales de los productos químicos abarcan cambios biológicos, fisiológicos, demográficos o conductuales en organismos o comunidades que soportan la exposición a una sustancia tóxica en dosis o concentraciones que son letales o por debajo de los niveles letales. Estos efectos subletales pueden manifestarse en diversas alteraciones, tales como una menor esperanza de vida, un desarrollo más lento, un crecimiento poblacional limitado, una fertilidad reducida, cambios en la capacidad reproductiva, alteraciones en las proporciones de género, anomalías físicas y modificaciones en comportamientos como la alimentación, la búsqueda y la puesta de huevos (Rimoldi et al. 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el bioensayo se colectaron los conidios de aislamientos nativos de M. rileyi con base en el método descrito por Ramakuwela et al. (2020), y se suspendieron en 100 mL de agua destilada estéril. Para mejorar la dispersión, se añadió Tween 80 al 0.05% a cada inóculo, que luego se homogeneizó durante 1 minuto utilizando un mezclador Vortex-Genie II (Scientific Industries Inc.). Para cada uno de los aislamientos seleccionados, se realizaron diluciones y conteos sucesivos de esporas utilizando una cámara de Neubauer (Hausser Scientific, EE. UU.) para obtener concentraciones que oscilaron entre 1×10^5 y 1 × 106 conidios mL^{-1}, las cuales se utilizaron en el presente estudio. Los tratamientos se aplicaron sobre grupos de 20 larvas utilizando el método de inmersión propuesto por Lacey (2012). Posteriormente, las larvas se transfirieron individualmente a cajas de cultivo de tejidos (12.5 × 8 cm) con 24 celdas (1.5 ø), proporcionándoles una dieta semisintética. Cada grupo de 20 larvas se consideró como una réplica, y los bioensayos se realizaron por triplicado. Los bioensayos se mantuvieron bajo las condiciones controladas de temperatura y humedad y se revisaron cada 24 horas para determinar el número de larvas muertas para cada aislamiento de M. rileyi seleccionado. Una vez observada la mortalidad, las larvas se colocaron individualmente en cámaras húmedas estériles (12.5 × 8 cm), consistentes en ocho pocillos (2 cm de diámetro) que contenían papel filtro con 200 mL de agua destilada estéril para promover la proliferación del patógeno. Se utilizó agua destilada estéril más surfactante Tween 80 al 0.05% como control.
Los dos aislamientos de M. rileyi con mejores características insecticidas se probaron en invernadero contra larvas del segundo instar larval a una concentración de 1 x 108 conidios/mL. Para esto se establecieron plantas de maíz y cuando alcanzaron una altura de 30 cm, se colocaron seis larvas de S. frugiperda en el cogollo de cada planta. Los hongos se asperjaron sobre el cogollo, y las plantas se cubrieron con tela de organza para evitar la fuga de las larvas. El experimento contó con cuatro réplicas, donde dos plantas conformaban cada réplica. Finalmente, 48 horas después de la aplicación de los hongos, las larvas fueron recolectadas y

colocadas en una cámara húmeda a temperatura constante para facilitar la esporulación de los hongos. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA de una sola vía y se realizaron curvas de supervivencia de Gehan-Breslow y Kaplan-Meier en SAS/STAT con niveles de significancia de 0.05.

RESULTADOS. Los aislamientos de M. rileyi a una concentración de 1 x 10^6 conidios/mL causaron mayores efectos adversos en comparación con los mismos aislamientos a una concentración de 1 x 10^5 conidios/mL. En particular, los aislamientos T9-21, J10-22 y L8-28, cuando se aplicaron en la mayor concentración, provocaron los mayores porcentajes de pupas deformes, con valores de 57%, 54% y 60%, respectivamente. En cambio, a una concentración de 1 x 10^5 conidios/mL, los aislamientos de M. rileyi produjeron entre un 21% y un 31% de pupas afectadas (Fig. 1A).

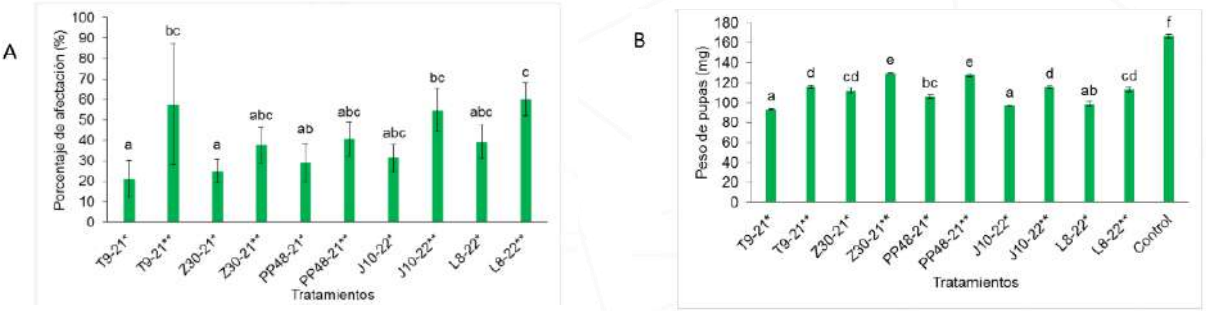


Fig. 1. *Efecto subletal de Metarhizium rileyi en la deformación (A) y peso de pupas (B) de Spodoptera frugiperda expuestas a una concentración de 1 x 105 conidios/mL* y 1 x 106 conidios/mL**.*

Además, el peso de las pupas también se vio afectado por el efecto subletal de M. rileyi. Los aislamientos Z30-21 y PP48 provocaron el menor peso de las pupas en ambas concentraciones de conidios, con un rango de 112-129 mg y 106-127 mg, respectivamente. Estos valores fueron significativamente menores en comparación con el grupo control, en el que no se observaron deformaciones y el peso promedio de las pupas fue de 166 mg (Fig. 1B). En condiciones de invernadero, se evaluaron los aislamientos T9-21 y L8-22 los cuales no causaron diferencias en cuanto a la mortalidad de las larvas (89.33% y 78.66%, respectivamente, P ≤ 0.05), pero si en cuanto a los porcentajes de esporulación (97± 0.05 y 69 ± 0.06, respectivamente).

CONCLUSIONES. Los aislamientos nativos de M. rileyi son efectivos contra larvas de S. frugiperda y también ejercen un efecto subletal sobre las pupas, lo que indica que pueden ser una opción viable para su uso en programas de manejo integrado de esta plaga.

REFERENCIAS.

1. Fronza, E., Specht, A., Heinzen, H., & de Barros, N. M. (2017). Metarhizium (Nomuraea) rileyi as biological control. Biocontrol Science and Technology. https://doi.org/10.1080/09583157.2017.1391175
2. Gupta, V. K., & Jindal, V. (2014). Biotechnological approaches for insect pest management. In D. P. Abrol (Ed.), Integrated Pest Management: Current concepts and ecological perspective (pp. 301–335). Academic Press.
3. Gutiérrez-Moreno, R., Mota-Sanchez, D., Blanco, C. A., Whalon, M. E., Terán-Santofimio, D., Rodriguez-Maciel, J. C., & DiFonzo, C. (2019). Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. Journal of Economic Entomology, 112(2), 792–802. https://doi.org/10.1093/jee/toy372

4. Jepson, P. C., Murray, K., Bach, O., Bonilla, M. A., & Neumeister, L. (2020). Selection of pesticides to reduce human and environmental health risks: A global guideline and minimum pesticides list. The Lancet Planetary Health, 4(1), e56–e63. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30266-9
5. Lacey, L. A. (2012). Manual of techniques in invertebrate pathology (2nd ed.). Academic Press.
6. Ramakuwela, T., Hatting, J., Bock, C., Vega, F. E., Wells, L., Mbata, G. N., & Shapiro-Ilan, D. (2020). Establishment of Beauveria bassiana as a fungal endophyte in pecan (Carya illinoinensis) seedlings and its virulence against pecan insect pests. Biological Control, 140, Article 104102. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104102
7. Rimoldi, F., Fogel, M. N., Schneider, M. I., & Ronco, E. (2015). Efectos indirectos de insecticidas convencionales y biorracionales sobre la alimentación de Rachiplusia nu (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología, 41(1), 41–47.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324110

AVANCES EN EL ESTUDIO DE LA DESCRIPCIÓN DEL TRACTO DIGESTIVO DE ALGANSEA LACUSTRIS

Citlali Wendolin Rodriguez-Paramo[1], Carlos Cristian Martínez-Chávez[1], María Cristina Chávez-Sánchez[2], Lucia Leal-Cortes[1], Carlos Antonio Martínez-Palacios[1]

1Laboratorio de Biotecnología Acuícola y Acuicultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

2 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo AC, Unidad Mazatlán. 1023902x@umich.mx

Palabras Clave: Acúmara, Arco branquial, Dientes faríngeos, Carnívoro

RESUMEN. Algansea lacustris, conocida como acúmara, es una especie agástrica (Pisces Cyprinidae), endémica del lago de Pátzcuaro, que presenta alto valor en el mercado local ($200-400/Kg). Para desarrollar su cultivo se requiere del conocimiento de las estructuras que constituyen su tracto digestivo. En el presente trabajo se describen los dientes faríngeos, así como la longitud de su intestino. Para estudiar los dientes faríngeos, se extrajo el aparato branquial. Las estructuras se limpiaron utilizando polisorbato 80 y un lavado final con agua destilada. Las muestras limpias y secas se recubrieron con iones de cobre y se montaron en placas metálicas para su observación en un microscopio electrónico de barrido (JMS-7600F, Jeol). La longitud intestinal es de 0.67 a 1.33 veces la longitud de su cuerpo, lo cual difiere de otros ciprínidos que puede superar 7 veces la longitud de su cuerpo. Los arcos branquiales poseen espinas cortas y aplanadas de forma triangular, dispuestas a lo largo de todo el arco branquial en dos líneas alternadas de tal manera que el espacio entre ellas se cierra para formar una canasta filtrante de tipo horizontal. En el quinto arco ceratobranquial, una hilera de espinas se encuentra a lo largo de la base de los dientes faríngeos. Las espinas del primer arco branquial son más grandes y conspicuas, y se van reduciendo en tamaño hasta el quinto ceratobranquial. El quinto ceratobranquial es una estructura fuerte altamente calcificada que en su parte distal posee 4 dientes fuertes de trituración. Contrario a la posición de los dientes se presenta una cresta ósea. Tanto las estructuras branquiales como la longitud del intestino sugieren que esta especie requiere de alimentos de alta digestibilidad, con altos niveles de proteínas solubles, los cuales son abundantes en crustáceos e insectos, siendo esto parte de su dieta principal.

INTRODUCCIÓN. La acúmara (Algansea lacustris), es una especie agástrica, perteneciente a la familia Cyprinidae, nativa del Lago de Pátzcuaro, localizado en el altiplano del estado de Michoacán. En las últimas décadas, diversas actividades de origen antrópico han generado la contaminación y sobreexplotación de los recursos naturales en la región, lo que ha provocado un deterioro significativo del lago. Este deterioro ha tenido como consecuencia una serie de problemas económicos, sociales, culturales y ecológicos en la región (Arellanes-Cancino & Ayala-Ortiz, 2021). No existen estudios detallados sobre los aspectos anatómicos y biológicos en general que sirvan de base para diseñar y formular dietas especializadas para la especie en cautiverio. El análisis de la cavidad bucal de un pez puede proporcionar información importante sobre sus hábitos alimenticios debido a las características de las estructuras que intervienen para

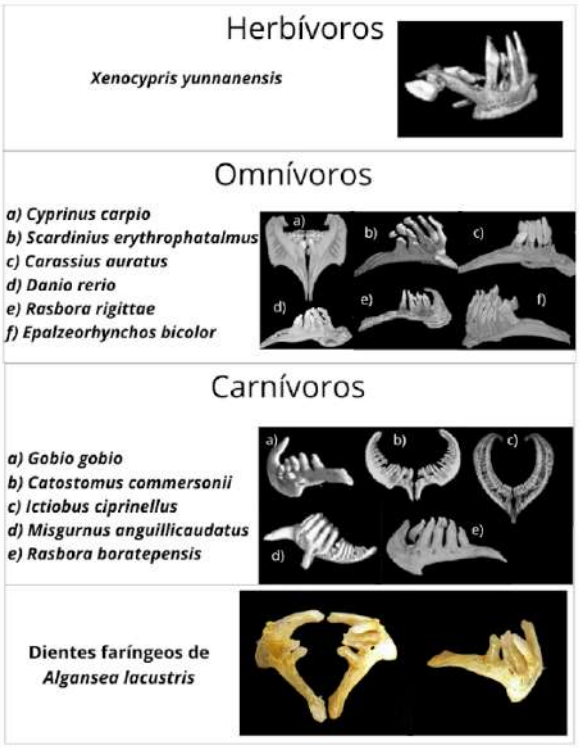
la captura y procesamiento de alimentos como la dentición, el número de branquiespinas y los dientes faríngeos (Beltrán-Vinalay & Kobelkowsky, 2023).

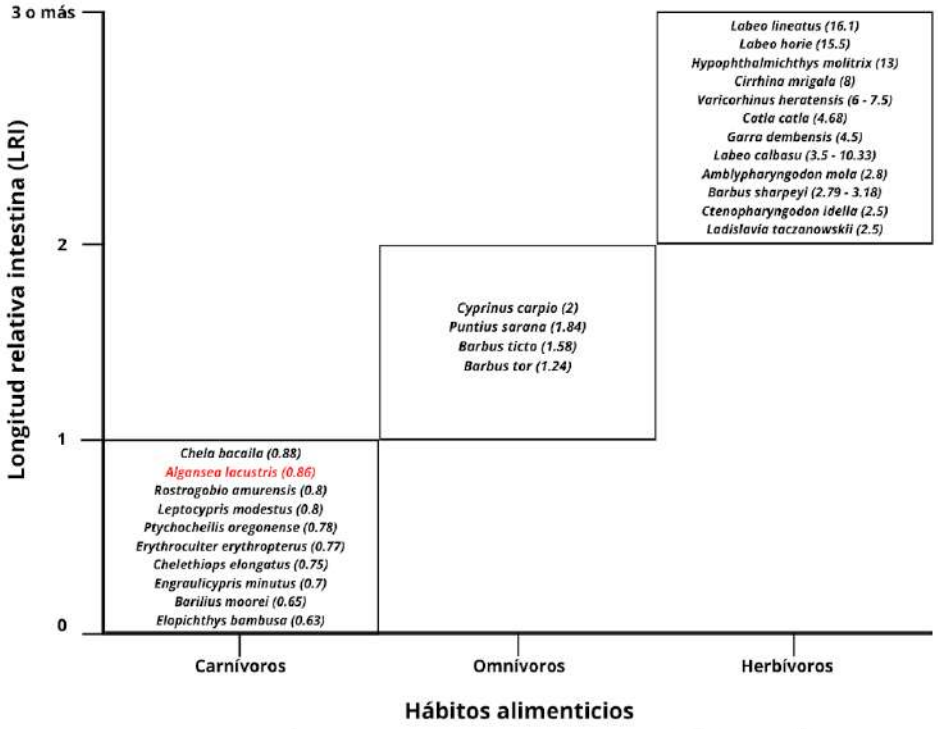
ANTECEDENTES. En 1941, de Buen reportó que la acúmara consumía vegetales y animales. Posteriormente, en 1976, Rosas-Moreno, reporta que consume algas filamentosas, donde se encuentran moluscos, anfípodos, cladóceros y clorofíceas, sugiriendo que estas algas filamentosas son consumidas en el acto de captura de los moluscos y crustáceos base de su dieta. Ambos autores clasifican a esta especie como omnívora. La familia de los ciprínidos comprende alrededor de 3,000 especies de agua dulce descritas hasta el momento, con diversos hábitos alimenticios y las cuales se caracterizan por la ausencia de un estómago, así como la presencia de dientes faríngeos en el quinto ceratobranquial (Stock, 2007). La ausencia de estómago en las diferentes familias de peces ha sido compensada por diversas adaptaciones a lo largo de su tracto digestivo. La adaptación más común es la elongación del intestino como se describe en la carpa común, cuyo intestino puede alcanzar más del triple de su longitud total corporal (Curry, 1939) y el caso de Garra barreimiae, con un intestino 7.5 veces más largo que la longitud total de su cuerpo (Ba-Omar et al., 2003). Sin embargo, el nicho ecológico de cada especie puede modificar los tractos digestivos para acoplarlos de una manera más adecuada al tipo de alimentos consumidos, de tal manera que dentro de los ciprínidos existen, herbívoros, omnívoros y carnívoros, con longitudes de intestino y dientes faríngeos diferentes adaptados a sus hábitos alimenticios (Kapoor et al., 1976; Pasco-Viel et al., 2010). Los dientes de los ciprínidos presentan una gran variedad en cuanto al número y la disposición de sus dientes, los cuales pueden localizarse en el piso de la cavidad bucal (basihial, basibranquiales), en el techo de la boca (vómer, palatino), o en las regiones faríngeas superior e inferior. Asimismo, se han descrito cinco morfotipos dentales en ciprínidos: forma de cuchara, comprimidos, espátula, molariformes y sierra (Pasco-Viel et al., 2010).

OBJETIVO. Describir el tracto digestivo (Longitud Relativa Intestinal, arcos branquiales y dientes faríngeos) de Algansea lacustris, con el fin de determinar sus hábitos alimenticios.

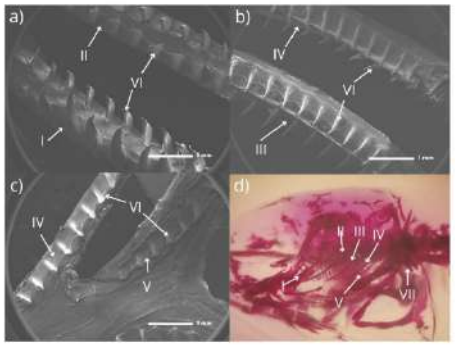
MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio se llevó a cabo utilizando peces adultos de A. lacustris, proporcionados por el Laboratorio de Biotecnología Acuícola del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH). Se seleccionaron al azar ejemplares adultos de acúmara, los cuales fueron sacrificados mediante la exposición concentrada al anestésico de esencia de clavo. Posteriormente, se midió la longitud estándar (LE) de cada pez (desde la punta del hocico hasta el límite posterior de la última vértebra), así como la longitud del intestino (LI) para determinar la relación entre la longitud corporal del pez y el tamaño del intestino (longitud relativa del intestino(LRI)). Una vez obtenidas las medidas, se extrajo el aparato branquial de la cabeza del pez con el fin de analizar los dientes faríngeos. El aparato branquial se limpió utilizando polisorbato 80, seguido de una inmersión en una solución de hidróxido de sodio, y finalmente se realizó un lavado final con agua destilada. Las muestras limpias y extra secas se recubrieron con iones de cobre en un metalizador (S150A Sputter Coater) y se montaron en placas metálicas para su observación en un microscopio electrónico de barrido (JEOL, JMS-7600F). Además, para observar las estructuras faríngeas se realizó el método de doble tinción en 10 ejemplares, en el cual se aclararon con una solución de borato y tripsina para posteriormente teñir el hueso y el cartílago con rojo alizarina y azul de alcián respectivamente.

RESULTADOS. Después de analizar el tracto digestivo de las acúmaras y medir sus longitudes *in vivo* y posteriormente transformarlas en Longitudes Relativas Intestinales (LRI=Longitud Intestinal/Longitud estándar), se encontró que: la LRI de las acúmaras adultas es de 0.86 veces la longitud estándar de su cuerpo, lo que es similar a las LRI's de 10 ciprínidos carnívoros (LRI entre 0.6 y 0.88) mencionados por Kapoor *et al*., 1975. Los ciprínidos omnívoros identificados por este mismo autor poseen LRI's de 1.24 y 1.58, mientras que los herbívoros poseen LRI's entre 2.5 y 16.1, por lo tanto, se puede afirmar que en cuanto a la LRI de las acúmaras, éstas poseen un intestino similar a los ciprínidos carnívoros (Fig. 1). Por otro lado, en cuanto a los dientes del quinto ceratobranquial de la acúmara al compararlos con los dientes faríngeos de las especies de ciprínidos analizadas por Pasco-Viel *et al*., 2010, es claro que los dientes de los carnívoros son más sencillos en su estructura molariforme, como se puede constatar con los dientes de *A. lacustris* que solo posee cuatro denticiones sencillas. Mientras que los dientes del quinto ceratobranquial de omnívoros y herbívoros son conspicuamente más elaborados, para poder reducir los alimentos claramente más complejos en términos de trituración (Fig.2).





Los arcos branquiales de la acúmara están provistos de espinas cortas, aplanadas y de forma triangular, dispuestas en dos hileras a lo largo de todo el arco branquial y se observa una alternancia en su posición (Fig. 3). En el quinto ceratobranquial (Fig. 3.c), las espinas se encuentran distribuidas a lo largo de la base de los dientes faríngeos y solamente se observa una hilera de espinas, a diferencia de los cuatro arcos anteriores. Las espinas del primer arco son las más grandes, conspicuas y se encuentran entrecruzadas (Fig. 3a), y su tamaño va reduciendo progresivamente en los arcos posteriores, alcanzando un tercio del tamaño en el quinto ceratobranquial comparadas con las del primer arco branquial. En los arcos segundo, tercero y cuarto (Fig. 3a, b y c), las espinas están dispuestas de forma alterna, cerrando los espacios entre ellas y formando una canasta filtrante de tipo horizontal que se encuentra normalmente en peces zooplanctófagos o bentófagos, que ingieren organismos como cladóceros, gamaridos, astácidos, isópodos e insectos. El quinto arco es una estructura fuerte que en su parte distal posee 4 dientes óseos fuertes de trituración. En posición opuesta a los dientes, se observa una cresta (Fig. 2 y 3d).



CONCLUSIONES. La LRI de Algansea lacustris de 0.86, pertenece claramente a un carnívoro, la forma y disposición de las espinas branquiales, así como la característica dentiforme de quinto ceratobranquial, son estructuras claramente asociadas a alimentos de fácil trituración y a altamente digeribles, que reflejan una morfología orientada a la captura y procesamiento de presas pequeñas y ricas en proteínas solubles, como las que poseen en gran proporción tanto los crustáceos como los insectos, por lo tanto son estructuras también asociadas a un carnívoro. Es importante mencionar que los valores de longitud intestinal obtenidos por De buen y Rosas-Moreno previamente, coinciden con valores obtenidos de peces que llevaban bastante tiempo de muertos lo cual permite que el intestino se relaje y estire más allá de lo que se encuentra naturalmente lo cual es un error común. En el presente trabajo, Algansea lacustris se define claramente como un carnívoro consumidor de crustáceos, moluscos, e insectos y no un omnívoro como fue clasificado en un principio por De Buen en 1941 y Rosas-Moreno en 1976.

REFERENCIAS.

1. Arellanes-Cancino, Y & Ayala-Ortiz, D. A. (2021). Problemática de la pesca en el lago de Pátzcuaro: la invisibilidad entre la práctica y el discurso. Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, 31(57), e211031. https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1031
2. Ba-Omar, T., Victor. R & Tobias D. (2003). Some aspects of the anatomy and histology of digestive tracts in two sympatric species of freshwater fishes. Science and Technology, 8: 97-106. https://doi.org/10.24200/squjs.vol8iss2pp97-106
3. Beltrán-Vinalay, O. & A. Kobelkowsky. (2023). Anatomía de la cavidad bucofaríngea del “jurel” Caranx hippos (Linnaeus, 1766) (Teleostei: Carangidae). Hidrobiológica 33 (1): 25-38. https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2023v33n1/
4. Curry, E. (1939). The histology of the digestive tube of the carp (Cyprinus carpio communis). Journal of Morphology, 65(1), 53-78. https://doi.org/10.1002/jmor.1050650104
5. De Buen, F. (1941). Fases ontogénicas de la acúmara (Algansea lacustris Steind) del Lago de Pátzcuaro. Anales del Instituto de Biología (UNAM), 12(1):345-354. México
6. Kapoor, B., Smit, H., & Verighina, I. (1976). The Alimentary Canal and Digestion in Teleosts. En Advances in marine biology (pp. 109-239). https://doi.org/10.1016/s0065-2881(08)60281-3
7. Pasco-Viel, E., Charles, C., Chevret, P., Sémon, M., Tafforeau, P., Viriot, L., & Laudet, V. (2010). Evolutionary Trends of the Pharyngeal Dentition in Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi). PloS One, 5(6), e11293. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011293

8. Rosas, M. M. (1976). Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de sus especies. In Primer Simposio sobre Pesquerías en Aguas Continentales (pp. 299-366).
9. Stock, D.W. (2007), Zebrafish dentition in comparative context. J. Exp. Zool., 308B: 523-549. https://doi.org/10.1002/jez.b.21187

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología **ID: CC0324111**

ANÁLISIS DEL MICOBIOMA FOLIAR DE LA PLANTA MEDICINAL *Satureja macrostema* (Benth) Briq.

Sayra Teresa Gutiérrez Sánchez[1], Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas[1], Víctor Manuel Gómez Reyes[1], Gerardo Vázquez Marrufo[1]

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1823042k@umich.mx soledad.vazquez@umich.mx, victor.gomez.reyes@umich.mx, gerardo.marrufo@umich.mx

Palabras Clave: Hongos endófitos, metagenómica, nurite

RESUMEN. Las plantas de uso medicinal por parte de culturas indígenas de todo el mundo constituyen un recurso biológico relevante y un legado cultural que es importante preservar. La comunidad de hongos endófitos incrementa la resistencia al estrés abiótico y biótico, influyen en la producción de metabolitos secundarios con actividad biológica y promueven el crecimiento de plantas medicinales. Factores abióticos como la temperatura, la estacionalidad y la precipitación moldean la comunidad de hongos endófitos. En el presente trabajo se analizó la comunidad de hongos endófitos foliares de la planta medicinal Satureja macrostema denominada de manera tradicional como nurite. Se colectó tejido foliar en temporadas climáticas contrastantes (lluvia/sequía) y se empleó para aislar ADN de alto peso molecular y como inóculo en medio papa dextrosa agar (PDA) para la obtención de cepas en cultivos axénicos. La composición del micobioma se obtuvo secuenciando la región ITS mediante la plataforma NextSeq2000 de Illumina. Se identificaron 81 cepas aisladas en cultivo axénico mediante análisis filogenético empleando la región ITS (ITS1-5.8S-ITS2), las cuales se distribuyeron en 27 géneros. El phylum más abundante para ambas temporadas fue Ascomycota (81.48%), seguido de Basidiomycota (18.52%). Para la obtención del micobioma se obtuvieron las siguientes secuencias para la región ITS2, para temporada de lluvia fueron 2, 651,325 lecturas y para la temporada de secas 492, 351 lecturas. El orden más abundante para temporada de lluvias fue Capnodiales (22.4%) y para la temporada de secas fue el de Heloteliales (2.2%). La combinación de métodos dependientes de cultivo y metagenómica proporciona una estrategia robusta para caracterizar la estructura y dinámica de la comunidad fúngica endofítica foliar de Satureja macrostema.

INTRODUCCIÓN. A lo largo de la evolución se han desarrollado gradualmente complejas interacciones entre las plantas y una gran diversidad de microorganismos, que incluyen bacterias, hongos y protistas. A estos microorganismos se les define como endófitos, colonizan el interior de los tejidos vasculares, estableciendo relaciones simbióticas estrechas, por lo que su desarrollo y adaptación no se da como entidades aisladas (Hassani et al., 2018). Los hongos endófitos (HE) se definen como microorganismos que pasan la mayor parte o todo su ciclo de vida colonizando los tejidos de la planta hospedera, sin causar un daño aparente (Rana et al., 2019). Se ha observado que los HE pueden contribuir a la protección de su hospedera contra factores bióticos y abióticos. Las plantas medicinales albergan un microbioma distintivo debido a sus metabolitos secundarios únicos y estructuralmente divergentes; Satureja macrostema (Benth) Briq, conocida también como té nurite o poleo, pertenece a la familia Lamiaceae. En la medicina tradicional del estado de Michoacán, esta especie ha sido usada principalmente como digestivo carminativo, así como para combatir el dolor de estómago. La mayoría de los estudios referentes a las

propiedades farmacológicas de S. macrostema se han centrado en su actividad antioxidante. A la fecha, no existen estudios sobre el micobioma de hongos endófitos de tejido foliar de S. macrostema.

ANTECEDENTES. La base de la microbiología tradicional ha sido el aislamiento de cepas y su estudio en cultivo axénico. Sin embargo, la mayoría de los microorganismos observables en la naturaleza no se cultivan mediante técnicas habituales. En la actualidad las técnicas genético-moleculares han permitido identificar estos microorganismos con base en su huella genética, gracias a la metagenómica (White III et al., 2016). Al colectivo de hongos dentro del microbioma se le denomina micobioma (Seed, 2015). La interacción planta-endófito se identifica por su carácter asintomático y de beneficio mutuo; la planta provee al hongo alimento, hospedaje y protección, mientras que los hongos proporcionan tolerancia contra el estrés biótico y abiótico, así como resistencia frente enfermedades (Liu et al., 2020). Dentro de la familia Lamiaceae se encuentra el género Satureja, que comprende más de 30 especies, a las cuales se les ha atribuido una gran gama de actividades biológicas (Carbajal et al., 2023). Satureja macrostema es una planta de tipo arbustivo, con un olor característico a menta, que se localiza en bosques de pino-encino, en alturas de 2400 a 3200 msnm (Redowski y Redowski, 1985). De febrero a mayo esta especie entra en un proceso de defoliación y reposo, mientras que, de junio a agosto, con las lluvias, la planta retoña y la parte vegetativa se regenera (Aguilar et al., 2005). En medicina tradicional dentro de Michoacán, los pueblos purépechas la usan principalmente en infusión, como carminativo, contra dolor de estómago y favoreciendo la digestión (Gutiérrez et al., 2010). En la actualidad, S. macrostema es objeto de investigación debido a su gran potencial como antioxidante, por su actividad hepatoprotectora y renoprotectora (Gutiérrez et al., 2010), así como por su potencial actividad como antimicrobiano (Carbajal et al., 2023).

OBJETIVO. Analizar la estructura de la comunidad de hongos endófitos foliares de la planta medicinal Satureja macrostema.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizaron dos colectas, la primera en temporada de lluvia en julio del 2022 y la segunda en temporada de secas en abril del 2023, mediante muestreos aleatorios de tres arbustos de S. macrostema. Se colectaron 15 hojas por cada planta muestreada. Las muestras se lavaron con agua destilada y se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 5% (v/v) por un minuto, al término del cual se realizaron dos lavados con agua destilada estéril. El tejido foliar así procesado se dejó secar a temperatura ambiente. Para el aislamiento de los HE presentes en el tejido foliar se eligieron las hojas que no presentaban signos de infección ni daño aparente. Se realizaron tres cortes en cada hoja, dividiendo la hoja en seis segmentos. Las seis secciones resultantes se transfirieron a una caja Petri con medio agar papa dextrosa (PDA) suplementado con amoxicilina y ácido clavulánico (0.5 g/L). Se colocaron 3 secciones por el lado del haz y las otras 3 secciones por el envés. Los cultivos descritos anteriormente corresponden a los cultivos primarios, los cuales se incubaron a 28°C, realizando observaciones cada 24 h para ver la aparición de colonias. Se realizaron varias resiembras hasta la obtención de cultivos axénicos. De cada cultivo axénico se extrajo ADN genómico, se amplificó y secuenció la región ITS (ITS1-5.8-ITS2) de la Unidad Ribosomal Nuclear de los HE aislados. Se verificó la calidad de las secuencias obtenidas en Bioedit. Por medio del algoritmo BLAST de GenBank se realizó una búsqueda Blastn para la región ITS, las secuencias con mayor porcentaje de similitud se utilizaron para realizar el análisis filogenético a través de IQ-TREE. Las muestras seleccionadas para el análisis del micobioma se preservaron en

ultracongelador a una temperatura de -80 °C, y posteriormente se liofilizaron para la extracción de ADN y obtención de secuencias ITS2. Las secuencias obtenidas se analizaron empleando el paquete de QIIME2. Se asignaron a Unidades Taxonómicas Operativas (OTUs) utilizando la base de datos UNITE 8 con el 99% de secuencias completas y la utilidad VSEARCH dentro del clasificador de características de QIIME2. Las OTU se colapsaron a sus unidades taxonómicas más bajas (familia, orden, género, especie) y sus recuentos se analizaron para reflejar su frecuencia relativa dentro de la muestra.

RESULTADOS. Se obtuvieron un total de 104 aislados de hongos endófitos del tejido foliar de la planta *S. macrostema* colectado en temporada de lluvia (julio 2022) y temporada de secas (abril 2023). El número de aislados difirió por temporada, obteniendo 45 aislados para la temporada de lluvias y 59 aislados para la temporada de secas. El análisis filogenético de las secuencias ITS para los aislados determinó 27 géneros, de los cuales el 81.48% corresponde a la división Ascomycota y el 18.52% a la división Basidiomycota (Fig.1A). Los géneros identificados fueron *Nigrospora, Apiospora, Diaporthe, Coprinellus, Annulohypoxylon, Dichotomopilus, Pestalotiopsis, Xylaria, Penicillium, Colletotrichum, Preussia, Dictyoarthrinium, Parachaetomium, Chaetomium, Curvularia, Nodulisporium, Cercospora, Trichoderma, Neopestalotiopsis, Gelasinospora, Dichotomopilus, Epicoccum, Neocucurbitaria, Beauveria, Parasola, Coprinopsis* y *Schizophyllum*.

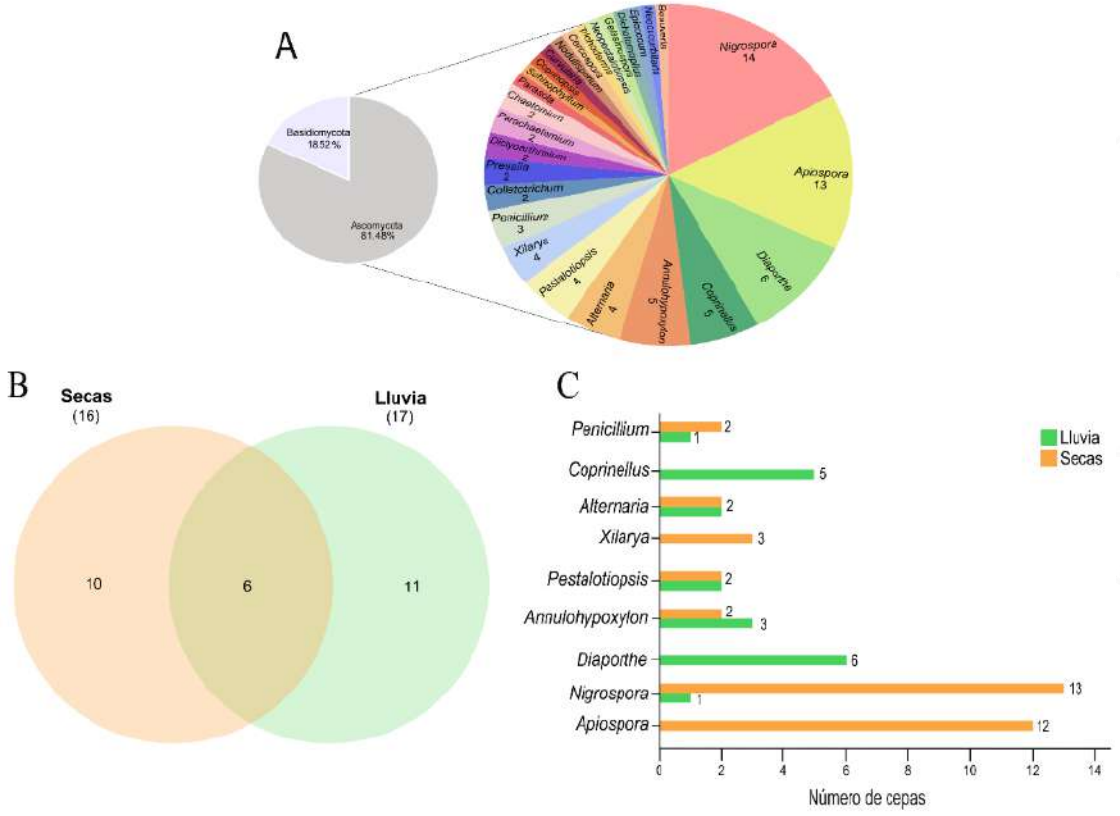


Figura 1. ***A***. *Porcentaje de hongos endófitos aislados dependiendo del phylum y el género. El número en cada rebanada del grafico de pastel corresponde a el número de cepas encontradas por género.* ***B.*** *Diagrama de Venn de los hongos endófitos por género, que representa el total, los géneros únicos y los compartidos por temporada.* ***C.*** *Predominancia de géneros por temporada.*

Entre temporadas se observan diferencias en el número, frecuencia y diversidad de géneros. Así, para la temporada de lluvia se registraron 17 géneros y 16 para la temporada de secas, en ambas se comparten los géneros *Preussia, Nigrospora, Penicillium, Pestalotiopsis, Annulohypoxylon* y *Alternaria* (Fig. 1B). El género más predominante en temporada de secas fue *Nigrospora* y en temporada de lluvias fue *Diaporthe* (Fig. 1). Se secuenciaron mediante la plataforma Illumina 6 muestras de tejido foliar de *S. macrostema*, 3 por cada periodo estacional. Se eliminaron secuencias de baja calidad, las secuencias restantes de la región ITS2, para temporada de lluvia mostraron 2, 651,325 lecturas y para la temporada de secas 492, 351 lecturas. Estas se clasificaron en OTUs, para la temporada de lluvia se identificaron 524 OTUs, que representan 5 filos, 29 clases, 89 órdenes, 200 familias, 242 géneros y 50 especies. Para la temporada de secas se identificaron 23 OTUs, los cuales se distribuyen en 2 filos, 11 clases, 15 órdenes, 18 familias, 14 géneros y 3 especies.

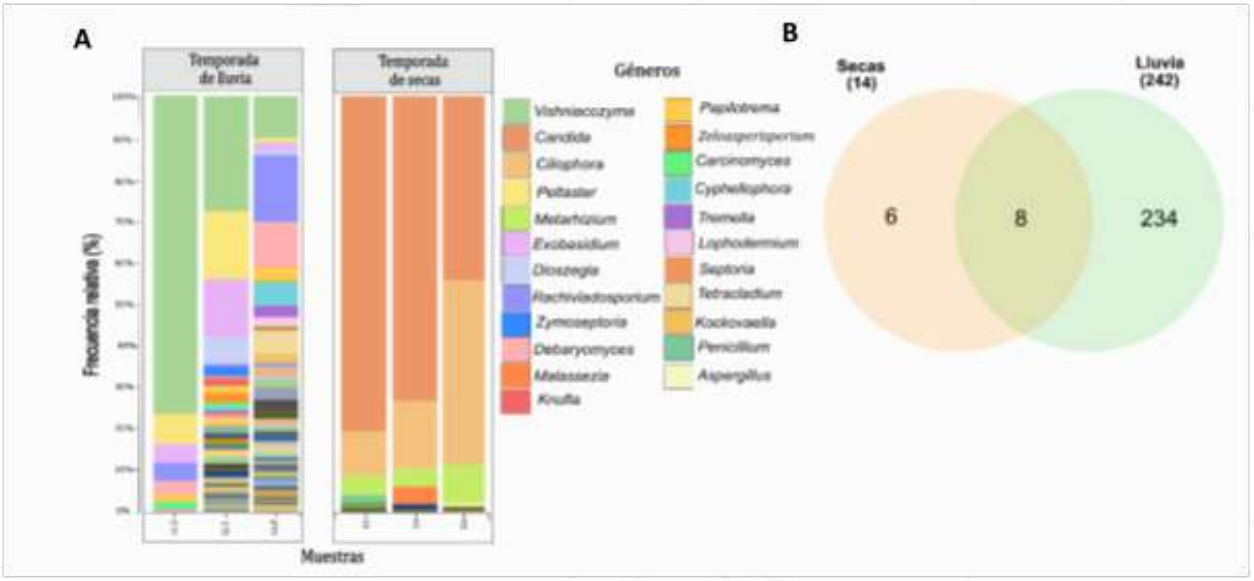


***Figura 2**. **A.** Composición taxonómica a nivel de género de los de hongos endófitos por periodo estacional, recuperados de S. macrostema. Las barras muestran la frecuencia relativa (0-100%) de los diferentes grupos taxonómicos. **B**. Se muestra en el diagrama de Venn el total de hongos, los compartidos y los únicos obtenidos por cada temporada a nivel de género.*

El género más abundante para la temporada de lluvias es *Vishniacozyma* (21.9%) y en temporada de secas el género más abundante es *Candida* (66%) (Fig. 2 A). Se comparten 8 géneros en ambos periodos estacionales, siendo estos *Candida, Metarhizium, Malassezia, Penicillium, Vishniacozyma, Aspergillus, Rhodotorula*, y Xylodon. La temporada de lluvia presenta 234 géneros únicos y la temporada de secas 6 (Fig. 2B).

CONCLUSIONES. La diferencia en la estructura de la comunidad de hongos endófitos foliares de Satureja macrostema puede estar relacionada con las condiciones de precipitación y temperatura características de cada periodo estacional, siendo la temporada de lluvias filogenéticamente más diversa que la temporada de secas. La combinación de métodos dependientes de cultivo y metagenómica proporciona una estrategia robusta e integral para caracterizar la diversidad de la comunidad fúngica endofítica foliar de S. macrostema.

REFERENCIAS.

1. Aguilar, R. M., Muñoz, H. M., Hernández, M., Bello, M. A., Salgado, R. (2005). Observaciones fenológicas de Satureja macrostema (Benth.) Briq., en dos localidades de Michoacán, México. Revista Ciencia Forestal en México. 29(96): 91-109.
2. Carbajal, T. J. E., Salmerón, B. G., Gama, G., M. A. Galindo, R. G. (2023). Actividad antioxidante y antimicrobiana del Nurite (Satureja Macrostema (Benth), Briq). Ciencia Latina Revista Científica. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4402
3. Gutiérrez, R. M. P., Navarro, Y. T. G. (2010). Antioxidant and hepatoprotective effects of the methanol extract of the leaves of Satureja macrostema. Pharmacognosy Magazine. 6(22): 125. https://doi.org/10.4103%2F0973-1296.62901
4. Hassani M. A, Duran P, Hacquard S. (2018). Microbial interactions within the plant holobiont. Microbiome. 6(1): 58. https://doi.org/10.1186/s40168-018-0445-0
5. Liu, H., Brettell, L. E., Qiu, Z., Singh, B. K. (2020). Microbiome-mediated stress resistance in plants. Trends in Plant Science. 25(8): 733-743. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.03.014
6. Rana, K. L., Kour, D., Sheikh, I., Yadav, N., Yadav, A. N., Kumar, V., et al. (2019). Biodiversity of endophytic fungi from diverse niches and their biotechnological applications. Advances in endophytic fungal research. Fungal Biology. 105-144. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03589-1_6
7. Redowski J. y Redowski G. (1985). Flora fanerogámica del valle de México.
8. Seed, P. C. (2015). The Human Mycobiome. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine. 5(5). https://doi.org/10.1101/cshperspect.a019810
9. White III, R. A., Callister, S. J., Moore, R. J., Baker, E. S., Jansson, J. K. (2016). The past, present and future of microbiome analyses. Nature Protocols. 11(11): 2049-2053. https://doi.org/10.1038/nprot.2016.148

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324113

EFECTO DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO (AIB) EN LA RESPUESTA MORFOGENÉTICA IN VITRO DE ZAPOTE BLANCO (*Casimiroa edulis*)

Brandon Rene Ríos Arreola[1], Erika Mercado Hernández[1], Rafael Salgado Garciglia[1], Alejandra Hernández García[1]

1 1Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán México. Correo: 1905748k@umich.mx

Palabras Clave: Cultivos in vitro, Casimiroa edulis, y Ácido-indolbutírico

RESUMEN. El zapote blanco (C. edulis) es un árbol frutal, que distribuye en las áreas subtropicales de México. Se han identificado compuestos de tipo terpénico, fenólico y alcaloides los cuales presentan principios activos responsables de actividad antimicrobiana, antioxidante y antiinflamatoria. Pero hojas y tallos están limitadas a una época de año por lo que es necesario tener sistemas de cultivos in vitro que permita la disponibilidad de sus compuestos.

INTRODUCCIÓN. El zapote blanco (C. edulis), o “zapote blanco” en español, o “urhuata urapiti” en el idioma purhépecha en Michoacán, México, se distribuye en las áreas subtropicales de México en altitudes de 1500 a 2500 m (Andrés-Agustín et al., 2017). En el zapote blanco se han identificado compuestos de tipo terpénico, fenólico y alcaloides los cuales presentan principios activos responsables de actividad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria, cicatrizante, hipotensora, hipoglucémica y sedativa (Vidal-López et al., 2008), por lo que hace una planta idónea para explorar la morfogénesis in vitro (callos y cultivos celulares) y para tener disponibilidad de los compuestos que están reportados en los tejidos y órganos. En los últimos años se ha trabajado el cultivo in vitro de plantas, esta es una técnica biotecnológica que permite la producción de plantas en condiciones controladas y asépticas (Cruz, 2012). Se ha reportado que la organogénesis y la producción de metabolitos puede estar relacionado, con la diferenciación de los tejidos algunos ejemplos son las plantas aromáticas cultivadas in vitro se han realizado estudios sobre la obtención y la caracterización de compuestos volátiles, como Santolina chamaecyparissus (Ahuja et al., 2005), Mentha piperita (Chakraborty y Chattopadhyay, 2008), Thymus vulgaris L. (Affonso et al., 2009) y Camellia sinensis (Grover et al., 2012), entre otras. Demostrando que diversos factores afectan la producción de volátiles, como la diferenciación y formación de los órganos, así como las etapas de crecimiento in vitro (Zhu et al., 2005). Por lo que es necesario establecer sistemas de formación de órganos (brotes, callos y suspensiones celulares) en especies de plantas que tengan una alta producción de metabolitos secundarios.

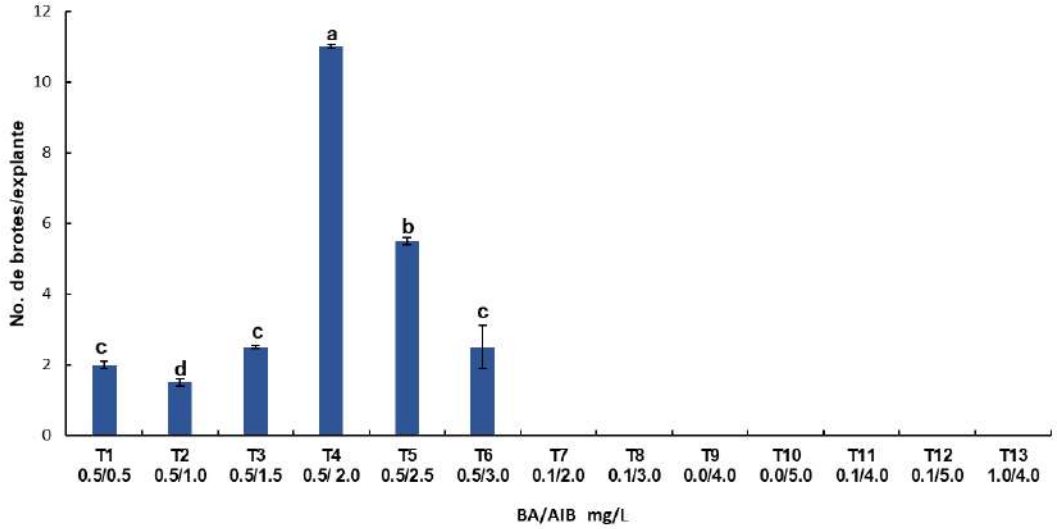
ANTECEDENTES. La propagación por medio de la biotecnología, se le conoce como micropropagación, que tiene como base principal el cultivo in vitro de tejidos vegetales, una de las más importantes aplicaciones para la producción masiva de plantas. El término “cultivo in vitro de tejidos” significa cultivar algunas partes de las plantas también llamados “explantes”, como segmentos de hoja, tallo y raíces, además de otros tejidos u órganos vegetales, dentro de un

frasco de vidrio en un ambiente artificial, en los que deben de controlarse la asepsia, el crecimiento y el desarrollo de estos diferentes tejidos. Hay diferentes cultivos como a) el cultivo de callos ó callogénesis, esta técnica del cultivo in vitro, donde se estimula el tejido vegetal para formar un callo (tejido no diferenciado y de crecimiento rápido), necesita un medio de cultivo específico (Rodríguez-Beraud et al., 2014). Algunas aplicaciones son: a) Producir plantas en de forma masiva, B) Extracción y obtención de metabolitos secundarios, C) Mejora de especies vegetales. B) Cultivo de células en suspensión, el cultivo de células en suspensión es una técnica in vitro utilizada para aislar o separar células de tejido vegetal o animal. Se cultivan en medio líquido donde puedan crecer y dividirse (Gómez-Torres et al., 2014). Ambos sistemas se utilizan para producir metabolitos secundarios, pero lo primero es indiferenciar el tejido es decir que pierda sus características morfogenéticas esto se logra con los reguladores de crecimiento vegetal como auxinas (ANA, AIB, AAI) o citocininas (BA).

OBJETIVO. El objetivo del estudio fue observar la respuesta morfogenética utilizando ácido indolbutírico (AIB) en tallos provenientes de semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Material biológico. Se utilizo tallos de un cm de zapote blanco (Casimiroa edulis La Llave et Lex.), de semillas establecidas y desarrolladas in vitro (medio MS Murashige y Skoog (1962) con 0.05 mg/L de bencil-adenina (BA), 30 g/L de sacarosa, 2 g/L de agar y pH de 5.7 con antibiótico ampicilina 250 mg/L y carbón activado 1g/L).
Formación de brotes y de callo. Los segmentos de tallo de los brotes regenerados de 30 días de cultivo, fueron cultivados en los diferentes tratamientos con ácido indol butírico (AIB) y bencil-adenina (BA) en (0.5-3.0 mg/L) y (BA) (0.1- 1.0 mg/L) obteniendo 16 tratamientos diferentes tratamientos. Y fueron evaluados a por 30 días con una n=5. Y mantenidos en condiciones de cuarto de cultivo 25°C, 16 h de fotoperíodo horas luz y 8 oscuridad con una intensidad de 36 µmol/m²s de luz.

RESULTADOS.
Formación de brotes y de callo A los 30 días de cultivo los tratamientos del T1 al T6 formaron brotes figura 1. Pero el tratamiento que obtuvo la diferencia significativa respecto a los tratamientos fue el T4 (0.5 mg/L BA/0.1 mg/L AIB) que se formaron 11 brotes/explante y de 1 cm figura 2 y 3, lo que es favorable para la propagación de zapote blanco. Y en los tratamientos de T8-T13 se formaron callos. El tratamiento T8 (0.1 mg/L BA/ 3.0 mg/L AIB) formo un 80 % de callo con características cristina, fiable y de color verde presentando la diferencia significativa respecto a los otros tratamientos. A comparación de los otros tratamientos el T11 y T12 se formó un 40 y 50 % de callo con pequeños brotes figura 3 y 4. El tejido obtenido en el tratamiento T8 es el que puede llevar a establecer tejidos para la posible obtención de metabolitos secundarios de zapote blanco.

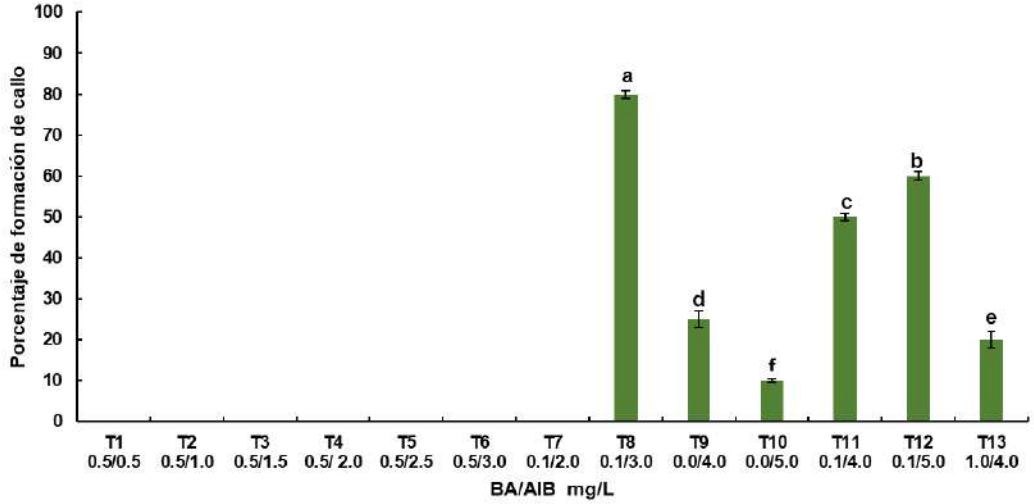


Letras distintas indican diferencia significativa (Tukey, p<0.05, n=5).

Figura 1. *Formación de brotes de zapote blanco a los 30 días.*



Figura 2*. Brotes de zapote blanco a los 30 días, en el tratamiento T4 (0.5 mg/L BA/0.1 mg/L AIB) que se formaron 11 brotes/explante y de 1 cm.*



Letras distintas indican diferencia significativa (Tukey, p<0.05, n=5).

Figura 3. *Porcentaje de callo de brotes de zapote blanco a los 30 días.*



Figura 4. *Callo de zapote blanco a los 30 días en el tratamiento en el tratamientoT8 (0.1 mg/L BA/ 3.0 mg/L AIB) cristino y verde.*

REFERENCIAS.

1. Affonso, V. R., Bizzo, H. R., Lage, C. L. S., y Sato, A. (2009). Influence of growth regulators in biomass production and volatile profile of in vitro plantlets of Thymus vulgaris L. Journal of agricultural and food chemistry, 57(14), 6392-6395.
2. Agustín, J. (1996). Cultivos alternativos para el estado de Michoacán: Andrés Identificación de algunas especies frutales promisorias. Rev. Geo. Agri. 22–23:215–225.
3. Ahuja, A., Bakshi, S. K., Sharma, S. K., Thappa, R. K., Agarwal, S. G., Kichlu, S. K., y Kaul, M. K. (2005). Production of volatile terpenes by proliferating shoots and micropropagated plants of Santolina chamaecyparissus L. (cotton lavender). Flavour and fragrance journal, 20(4), 403-406.
4. Cruz-Pizarro, F. (2012) Micropropagación. [Archivo PDF]. https://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/micropropagacion_manualprac.pdf
5. Chakraborty, A., y Chattopadhyay, S. (2008). Stimulation of menthol production in Mentha piperita cell culture. In Vitro Cellular y Developmental Biology-Plant, 44, 518-524.
6. Grover, A., Yadav, JS, Biswas, R., Pavan, CS, Mishra, P., Bisaria, VS y Sundar, D. (2012). Producción de monoterpenoides y compuestos aromáticos a partir de cultivos de suspensión celular de Camellia sinensis. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 108. 323-331.
7. Vidal López, D. G., Schlie Guzmán, M. A., González Esquinca, A. R., y Luna Cazares, L. M. (2008). El zapote blanco (Casimiroa edulis La Llave et Lex, Rutaceae): un recurso medicinal de México.
8. Zhu, L-H., X-Y Li, and M. Welander. 2005. Optimisation of growing conditions for the apple rootstock M26 grown in RITA containers using temporary immersion principle. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 81:313-318.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324115

DINÁMICA DE CARBONO Y NITRÓGENO EN UN SUELO CONTAMINADO CON GLIFOSATO Y ADICIONADO CON ENMIENDAS ORGÁNICAS

Mónica Ochoa Echegollén[1], Marcos Alfonso Lastiri Hernández[2], Dioselina Álvarez Bernal[3]

1 Centro de Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán. Correo: mochoae@ipn.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Campus Los Reyes. Correo: marcos.lastiri5@gmail.com

3 Centro de Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Michoacán. Correo: dalvarezb@ipn.mx

Palabras Clave: Glifosato, nitrificación, mineralización, enmiendas orgánicas.

RESUMEN. El uso de glifosato contamina el suelo, afecta el crecimiento y metabolismo de los microorganismos del suelo perturbando los procesos como la nitrificación y la mineralización de la materia orgánica. La adición de carbono y nutrientes fácilmente disponibles mediante las enmiendas orgánicas provoca la movilización de nutrientes positiva o negativamente, su incorporación al suelo cambia la dinámica de los herbicidas en el suelo cambiando su adsorción y degradación. El objetivo de este trabajo es analizar el efecto del glifosato en la dinámica del carbono y nitrógeno en un suelo al que se le adicionaron enmiendas orgánicas (compost, vermicompost y bocashi) preparadas con rastrojo de maíz y estiércol bovino. Para esto, se estableció una dinámica en microcosmos con un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y el control. Cada unidad experimental se realizó por triplicado para cada tratamiento y día de muestreo (0, 7, 14, 28, 56, 84 y 112 días). Se determinó el nitrógeno mineral (NH_4^+, NO_3^- y NO_2^-) y la respiración del suelo (CO_2) mediante métodos colorimétricos. Los resultados obtenidos, sugieren que los microorganismos aumentaron su respiración (CO_2) con respecto al control. Los tratamientos mostraron una concentración inicial de NH_4^+ mayor, posiblemente por los nutrientes adicionados con las enmiendas. Las concentraciones obtenidas en nitritos mostraron un ligero aumento en la concentración. El valor medio de nitrato aumento 2.7 veces del día 0 al día 84. Se sugiere que la adición de enmiendas logró estimular el metabolismo de los microorganismos que realizaron la oxidación de NO2 a NO3. Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos se considera que la nitrificación no ha sido afectada por el herbicida comercial a base de glifosato, ya que los tratamientos muestran la misma tendencia que el control.

INTRODUCCIÓN. El glifosato (N-(fosfonometil) glicina) es el herbicida más utilizado en México y el mundo para el control de malezas en cultivos de interés agrícola. En el país, el glifosato se utiliza principalmente en la agricultura en cultivos como maíz, cítricos, pastos y sorgo. En Michoacán, en la región de la Ciénega es utilizado en el cultivo de hortalizas. Varios autores han señalado los efectos perjudiciales del glifosato en el medio ambiente, salud humana y biodiversidad. Entre los estudios mencionados, se señala que el glifosato y sus productos comerciales tienen efectos tóxicos en organismos no objetivo como la microflora del suelo, alterando su fisiología y metabolismo (Ostera et al., 2016; González Ortega y Fuentes Ponce; 2022). Los microorganismos que forman parte de la microflora del suelo poseen un papel fundamental en el ciclo del nitrógeno y carbono, por lo que el uso del herbicida puede afectar la nitrificación, proceso sensible al estrés ambiental. La molécula del glifosato reúne los tres principales nutrientes microbianos, el carbono, nitrógeno y fósforo que pueden ser utilizados por

los microorganismos para su crecimiento y actividad. Sin embargo, la degradación del glifosato puede ser afectada si en el medio se encuentran fuentes más fácilmente disponibles de esos nutrientes (Tang et al., 2019); los nutrientes fácilmente disponibles en las enmiendas pueden favorecer la actividad microbiana y ayudar en la movilización de los nutrientes en el suelo.

ANTECEDENTES. Entre los primeros antecedentes del efecto del glifosato en el ciclo del nitrógeno se encuentran los reportados por Carlisle & Trevors (1986) que estudiaron el efecto del glifosato en la fijación del nitrógeno molecular, la desnitrificación y la nitrificación en un suelo agrícola comparando los efectos de diferentes dosis del glifosato en estado puro y la formulación comercial con el herbicida Roundup®. La nitrificación en la dosis media y alta fue inhibida por las dos formulaciones, afectando la oxidación del amonio y de nitritos, e influyendo en la tasa de producción del nitrato. Al final del experimento no se detectaron nitritos en los controles ni en los tratamientos de dosis baja; sin embargo, si se encontraron niveles bajos de nitritos en los tratamientos con dosis media y alta, con diferencias significativas. Por otra parte, aunque la tasa de producción del nitrato se vio disminuida, los niveles finales en el tratamiento con Roundup fueron mayores que los de los controles, y la concentración de nitratos en el tratamiento con glifosato se muestra en aumento, lo cual sugiere que el Roundup está siendo nitrificado o que promueve la liberación del nitrato en el persulfato. Por su parte, la respiración del suelo, es un parámetro utilizado para cuantificar las actividades microbianas en los suelos (Alef y Nannipieri, 1995). Hay a menudo una relación directa entre el carbono orgánico total del suelo y la biomasa microbiana (Alef y Nannipieri, 1995).

OBJETIVO. Analizar el efecto del glifosato en la dinámica del carbono y nitrógeno en un suelo al que se le adicionaron enmiendas orgánicas (compost, vermicompost y bocashi) preparadas con rastrojo de maíz y estiércol bovino.

MATERIALES Y MÉTODOS. La dinámica del N-mineral y CO_2 se realizó en microcosmos con base en el estudio realizado por Al-Rajab y Schiavon (2010). El suelo fue preincubado, colocado en frascos de vidrio y contaminado con una solución de Faena Fuerte® equivalentes a 5.6 L/ha. A cada frasco se le agregó la enmienda de acuerdo con el tratamiento correspondiente. Para la simulación del microcosmos, los frascos con el suelo se colocaron dentro de jarras con un vial que contenía agua y otro vial con NaOH al 1 M para atrapar el CO_2. Las jarras se distribuyeron al azar en cajas y se incubaron en la oscuridad durante 112 días. Las muestras fueron aireadas durante la dinámica. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres repeticiones para cada tratamiento y tiempo de muestreo. Los tratamientos resultantes fueron: T1 (control negativo) [Suelo con glifosato], T2 (Compost) [Rastrojo maíz (40%) + Estiércol bovino (60%)], T3 (vermicompost) [Rastrojo maíz (40%) + Estiércol bovino (60%)], T4 (Bocashi) [Rastrojo maíz (30%) + ceniza de carbón (10%) + levadura (0.5%) + Estiércol bovino (59.5%)]. Se determinaron las concentraciones de CO_2, NH_4, NO_2 y NO_3 mediante pruebas colorimétricas los días 0, 7, 14, 28, 56, 84 y 112. Para realizar el nitrógeno mineral en las muestras se siguió el procedimiento descrito en Alef y Nannipieri (1995), los análisis se determinaron por métodos colorimétricos en un espectro UV-Visible marca Perkin Elmer. El CO_2 se realizó de acuerdo a Nelson y Summers (1996). A los datos obtenidos de N-mineral y CO_2 fueron sometidos a la prueba de Levene para determinar la homogeneidad de las varianzas y a la prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad. Las variables que no cumplieron con las pruebas fueron transformadas en R-Studio versión 4.3.2.

RESULTADOS. Los resultados sugieren que los microorganismos aumentaron su respiración con respecto al control (Figura 1). En el día 56 se observa una caída en la tasa de liberación del CO_2 en el tratamiento con suelo contaminado más bocashi (SCB), disminuyendo de 467 mg L^{-1} hasta 365 mg de CO_2 L^{-1}. Aún con este efecto observado, en el último día de la incubación el

tratamiento SCB resultó con la mayor concentración de CO_2 con diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto al suelo sin contaminar (C), al suelo contaminado más el compost (SCC), y al suelo contaminado sin enmienda (SC) (figura 1).

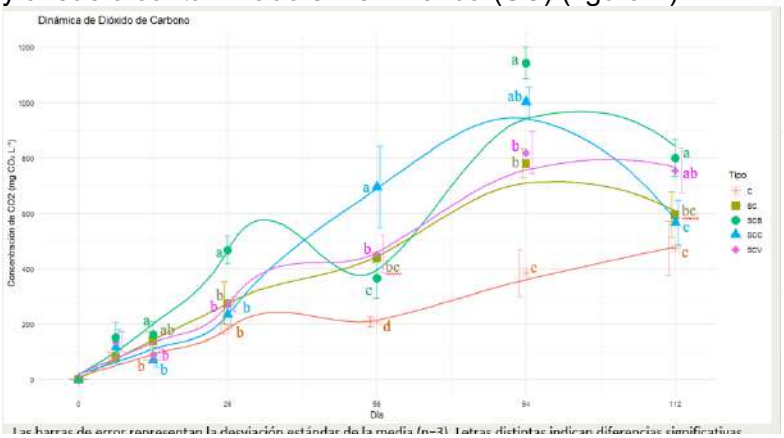


***Fig. 1. Dinámica de Dióxido de Carbono**. Las barras de error representan la desviación estándar de la media (n=3). Letras distintas indican diferencias significativas. Tipo indica el tratamiento donde: C= suelo control; SC= suelo contaminado sin enmienda; SCB= suelo contaminado más bocashi; SCC= suelo contaminado más compost; y SCV= suelo contaminado más vermicompos*

El tratamiento C muestra el comportamiento de la respiración de los microorganismos en el suelo sin alteraciones. En el día siete se encontró una concentración menor en el SC, probablemente porque la contaminación con el glifosato en un inició afectó la actividad y respiración de los microorganismos, o probablemente porque algunos microorganismos sensibles no sobrevivieron. El SCC presentó un aumento exponencial en la liberación del CO_2 comenzando en 118 mg L^{-1} hasta su máximo valor encontrado en el día 84 con 1001 mg de CO_2 L^{-1}. Como se observa (figura 1), en el día siete y en el día 84 el valor del SCC es mayor al del SC y del C. En el tratamiento se observó una disminución a partir del día 84, encontrando un valor de 573 en el último día del experimento. No obstante, aunque en el SCC se observó la mayor disminución en la liberación del CO_2, todos los tratamientos a excepción del control mostraron esta disminución a partir del día 84. El SCV fue el tratamiento que tuvo la menor disminución de 818 mg L^{-1} en el día 84 a 783 mg de CO_2 L^{-1} en el día 112. Probablemente esto ocurrió porque los nutrientes en el microcosmos se estaban terminando, o porque el herbicida utilizado como fuente de carbono, nitrógeno y/o fósforo ya se había disipado.

En el inicio de la dinámica de NH_4, se observó que el tratamiento con la concentración más alta de NH_4 fue el SCC, seguido del SCV, SC, SCB y finalmente el control (figura 2). De acuerdo con los datos presentados los tratamientos tuvieron una concentración inicial de amonio mayor al control, posiblemente por los nutrientes adicionados con las enmiendas; sin embargo, las diferencias no fueron significativas. Durante la dinámica, se observaron fluctuaciones en la concentración de amonio en todos los tratamientos, incluido el control (figura 2), esto puede deberse a que el amonio en el suelo es oxidado rápidamente por las bacterias nitrificantes (Atlas y Bartha, 2002). En el último día, se registró la concentración más alta de amonio en el tratamiento SCB, seguido de SC, SCV, SCC y el suelo control (C) (figura 2). La concentración elevada en el tratamiento SCB podría atribuirse a una mayor producción de amonio originada por la descomposición de la materia orgánica.

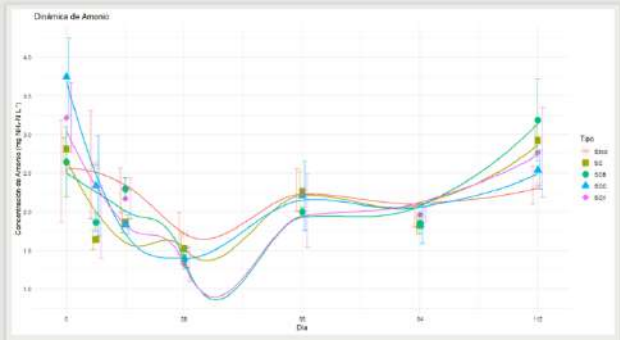


***Fig. 2. Dinámica de amonio**. Las barras de error representan la desviación estándar de la media (n=3). No se encontraron diferencias significativas. Tipo indica el tratamiento donde: C= suelo control; SC= suelo contaminado sin enmienda; SCB= suelo contaminado más bocashi; SCC= suelo contaminado más compost; y SCV= suelo contaminado más vermicompost.*

La determinación de nitritos proporciona información sobre si los microorganismos encargados de la transformación de nitrito a nitrato fueron afectados por el herbicida, de acuerdo con el gráfico (figura 3), no se aprecia tal afectación. La concentración de nitritos entre los tratamientos SC y SCB mostraron diferencias significativas en el día 112 con respecto al C y al SCC.

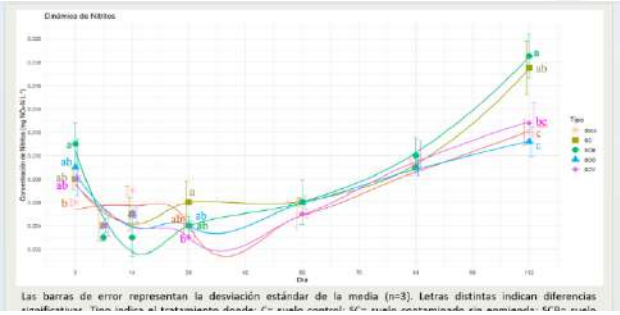


***Fig. 3. Dinámica de nitritos.** Las barras de error representan la desviación estándar de la media (n=3). Letras distintas indican diferencias significativas. Tipo indica el tratamiento donde: C= suelo control; SC= suelo contaminado sin enmienda; SCB= suelo contaminado más bocashi; SCC= suelo contaminado más compost; y SCV= suelo contaminado más vermicompost*

En el gráfico 4, se muestran las concentraciónes de nitrato (NO_3^--N), en el día cero tuvo un valor promedio de 1.87 mg L^{-1}, en el día 84 la concentración aumentó a un valor medio fue de 5.17 mg L^{-1}, posteriormente, en el día 112, la concentración media fue de 3.78 mg L^{-1} habiendo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre algunos tratamientos. En el día 56 se observa un pico muy notable en la línea de tendencia de SCC y SC (figura 4), probablemente porque los microorganismos utilizaron el herbicida como fuente de energía fácilmente disponible; en el tratamiento SCC, probablemente la enmienda con compost tuvo la capacidad de movilizar los nutrientes lo que explica los niveles más altos de NO_3 con diferencias significativas ($P \leq 0.05$). En el día 112 el tratamiento con la menor concentración de nitrato fue SC (2.73 mg L^{-1}), incluso menor que el control (3.19 mg L^{-1}), lo cual sugiere que en los tres tratamientos con el suelo contaminado más enmiendas, se logró estimular la actividad de los microorganismos que lograron los valores mayores (5.04 mg L^{-1} en SCC, 4.24 mg L^{-1} en SCV y 3.70 mg L^{-1} en SCB) (figura 4).

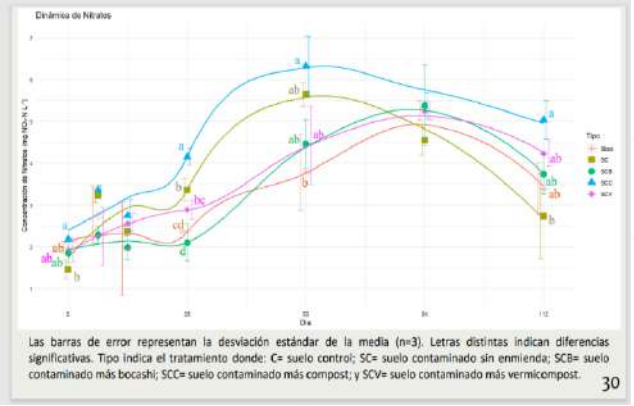


***Fig. 14. Dinámica de nitratos**. Las barras de error representan la desviación estándar de la media (n=3). Letras distintas indican diferencias significativas. Tipo indica el tratamiento donde: C= suelo control; SC= suelo contaminado sin enmienda; SCB= suelo contaminado más bocashi; SCC= suelo contaminado más compost; y SCV= suelo contaminado más vermicompost.*

Probablemente la adición de enmiendas logró estimular en diferentes tasas el metabolismo de los microorganismos que realizaron la oxidación de NO_2 a NO_3.

Los procesos que ocurren en el suelo con los microorganismos se asemejan a una caja negra, ya que resulta difícil determinar con certeza lo que realmente sucede. Aunque se puedan identificar las formas de nitrógeno generadas, aún persiste una variabilidad en los procesos que regulan e influyen en el metabolismo de los microorganismos.

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos en la dinámica del N-mineral y CO2 se considera que la nitrificación no ha sido afectada por el herbicida comercial a base de glifosato, ya que los tratamientos muestran la misma tendencia que el control.

REFERENCIAS.

1. Alef, K. (1995). Soil respiration. En: Alef. K and P. Nannipieri (eds). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. USA San Diego. doi: 10.1016/B978-012513840-6/50025-2
2. Al-Rajab, A. J., & Schiavon, M. (2010). Degradation of 14C-glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in three agricultural soils. Journal of Environmental Sciences, 22(9), 1374–1380. https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60264-3
3. Carlisle, S. M., & Trevors, J. T. (1986). Effect of the herbicide glyphosate on nitrification, denitrification, and acetylene reduction in soil. Water, Air, and Soil Pollution, 29(2), 189–203. https://doi.org/10.1007/BF00208408
4. González Ortega, E., & Fuentes Ponce, M. H. (2022). Dynamics of glyphosate in soil and its effects on microbiota. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 38, 127–144. https://doi.org/10.20937/RICA.54197
5. Ostera, J. M., Malanga, G., & Puntarulo, S. (2016). ACTUALIZACIÓN SOBRE ASPECTOS OXIDATIVOS DEL EFECTO DEL GLIFOSATO EN SISTEMAS BIOLÓGICOS/ AN UPDATE ON THE EFFECTS OF GLYPHOSATE ON THE OXIDATIVE STATE IN BIOLOGICAL SYSTEMS. Biotecnia, 18(2), 3–10. https://doi.org/10.18633/bt.v18i2.279
6. Tang, F. H. M., Jeffries, T. C., Vervoort, R. W., Conoley, C., Coleman, N. V., & Maggi, F. (2019). Microcosm experiments and kinetic modeling of glyphosate biodegradation in soils and sediments. Science of the Total Environment, 658, 105–115. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.179

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324116

USO DE BIOCHAR COMO MEJORADOR DEL CULTIVO HIDROPÓNICO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y SECUESTRADOR DE CARBONO

Carla Cristina-Martínez Chávez[1], Annia Mildred González Aguilar[2], María Cristina Chávez Sánchez[3], Jorge Fonseca Madrigal[2], Carlos Antonio Martínez Palacios[2]

1. Carbolab, SAPI de C.V., 2Laboratorio de Biotecnología Acuícola del IIAF-UMSH., 3Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental del CIAD,A.C

Palabras Clave: Biocarbón, mejorador de suelo, secuestro de carbono, hidroponía, lechuga, residuos.

RESUMEN. En la agricultura orgánica se utilizan residuos orgánicos para generar compostas y abonos, los cuales se descomponen rápidamente y regresan al medio ambiente en forma de dióxido de carbono. Por otro lado, la técnica de conversión de biomasa a biocarbón (pirólisis) retiene aproximadamente el 50% del carbono inicial y tiene la capacidad de retener agua y nutrientes. En el presente trabajo se analizó el potencial del biocarbón CarbonFix® en un sistema hidropónico con sustrato de fibra de coco y Peat moss (relación 70:30 v/v) para cultivar lechuga (Lactuca sativa L.), empleando riego por goteo con solución steiner®. El biocarbón se utilizó en dos concentraciones; 25 g y 50 g y dos métodos de aplicación a) directo al cepellón y b) mezclado con el sustrato y c) un control sin biocarbón. La mejor respuesta se observó en el tratamiento de 25 gramos de biochar aplicado directo al cepellón tanto en el número de hojas así como en el peso seco y peso fresco de la cabeza de la lechuga. El tratamiento de 50 g de biochar al cepellón, tuvo los resultados más bajos, lo que indica un límite de concentración con este método de aplicación. Durante esta investigación, se secuestraron 395.2 Kg de carbono, que equivalen a 1,449 Kg de CO2, lo que hace destacar la utilidad del biocarbón para evitar el incremento de gases de efecto invernadero. Se concluye que el uso de 25g de biocarbón aplicados al cepellón es eficiente para el cultivo de lechuga orejona.

INTRODUCCIÓN. Con la creciente demanda de alimentos debido al aumento de la población humana (de la Fuente & Suárez, 2008) se ha incrementado la producción agrícola, con la consecuente aceleración en la erosión de suelos (FAO, 2021). Como consecuencia, se han agravado otros problemas ambientales como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera (Jung et al., 2019). Es por tanto necesario promover técnicas agrícolas sustentables a largo plazo que mejoren la calidad de los cultivos y reduzcan los impactos ambientales de contaminación y pérdida de fertilidad al suelo. La hidroponía es una técnica de cultivo alternativa para evitar el desgaste de suelos por sobreexplotación, permite un mayor aprovechamiento del agua de riego, así como logra productos de mejor calidad (López et al., 2016). El biocarbón, aumenta la disponibilidad de nutrientes debido a su capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Lehmann & Joseph, 2015), mejora la fertilidad del suelo, reduciendo el uso de fertilizantes (Jeffery et al., 2013), mejora la retención hídrica del suelo, la calidad de cultivos y debido a su estructura porosa, es capaz de afectar la lixiviación de nutrientes del suelo, reduciendo con ello la densidad aparente del suelo (Joseph et al., 2021). Además, la conversión de biomasa orgánica a biocarbón retiene aproximadamente el 50% de su C inicial (Lehmann et al., 2006).

ANTECEDENTES. El biochar o biocarbón se define como un producto rico en carbono de biomasa sometida a un proceso de descomposición termo-química de materiales orgánicos como hojas, estiércol y residuos de cultivos bajo un ambiente limitado o carente de oxígeno (pirólisis); producido a temperaturas que oscilan entre los 400°C y 700°C (Escalante et al., 2016). Diversos trabajos han obtenido resultados positivos con la aplicación de biochar como mejorador de rendimiento de cultivos en lechuga (Yoo et al., 2021). Sin embargo, también se han reportado respuestas de crecimiento neutrales o incluso negativas en estos cultivos (de Tender et al., 2016). Se evaluó la efectividad del biocarbón de cáscara de arroz como sustrato, en comparación con perlita y una combinación de ambos en un cultivo hidropónico de cinco especies de vegetales de hoja, entre ellas lechuga roja. El mejor tratamiento fue el de biochar y perlita en donde se obtuvo un aumento de hasta 2 veces en la longitud de los brotes, número de hojas y peso fresco/seco (Awad et al. 2017). En otro trabajo con lechuga, se evaluó el crecimiento y las propiedades del suelo al aplicar biochar de cáscara de arroz, utilizando tres tasas de aplicación (25, 50 y 150 g Kg-1) con y sin fertilizantes. Se mostró que los tratamientos con contenido de biochar aumentaron la biomasa final y de raíces, altura de planta y número de hojas (Carter et al. 2013).

OBJETIVO. Evaluar los efectos de la utilización del biochar Carbon Fix a distintas concentraciones y formas de aplicación en el desarrollo de las plantas de lechuga orejona (Lactuca sativa, L.) y determinar el potencial de secuestro de carbono del biochar utilizado.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo se realizó en un invernadero ubicado en las instalaciones del IIAF de la UMSNH. El biocarbón utilizado fue de la empresa Carbolab SAPI de CV de la marca CarbonFix®. La fibra de coco 70/30 de la marca Germinaza® y el Peat moss Sunshine mezcla #3®. Se utilizó solución nutritiva comercial Steiner para lechuga. Se utilizaron semillas de lechuga orejona (Lactuca sativa, L) de la variedad Parris Island. Se estudiaron dos factores: forma y concentración de aplicación del biochar. Las formas de aplicación del biochar fueron directa al cepellón y mezclado con el sustrato de cada planta; a dos concentraciones (25 g y 50 g) más un testigo sin biochar, originando 5 tratamientos con 3 repeticiones y 6 plantas por repetición. Las lechugas fueron colocadas en bolsas de 5 L de capacidad, con un contenido de fibra de coco y peat Moss a una relación 70/30 respectivamente, y biochar según el caso de cada tratamiento. Se empleó un sistema por goteo. A los 42 días se trasplantó y realizó el reacomodo de las bolsas. Cincuenta días después se midió el peso fresco de la cabeza de la planta y número de hojas. Para conocer el potencial de secuestro de carbono del biochar de Carbon Fix, se basó en la metodología de Budai et al, (2013). Se empleó un diseño completamente al azar con seis repeticiones por tratamiento para la evaluación de las medias variables de crecimiento y pesos donde, de acuerdo con los datos, se realizó una prueba paramétrica (ANOVA) o una no paramétrica (Kruskal-Wallis) con un nivel de significancia de $p>0.05$, empleando el paquete estadístico PRISM versión 8.4.0. Para la evaluación de los resultados promedio de número de hojas se realizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de $p>0.05$ y, al presentarse diferencias significativas entre los tratamientos, se empleó el análisis de comparaciones múltiples (Post Hoc) Dunn.

RESULTADOS. La mejor aplicación y concentración para las plantas fue cepellón 25g, ya que en el parámetro número de hojas tuvo el valor más alto con diferencias significativas contra cepellón 50g (Fig. 1).

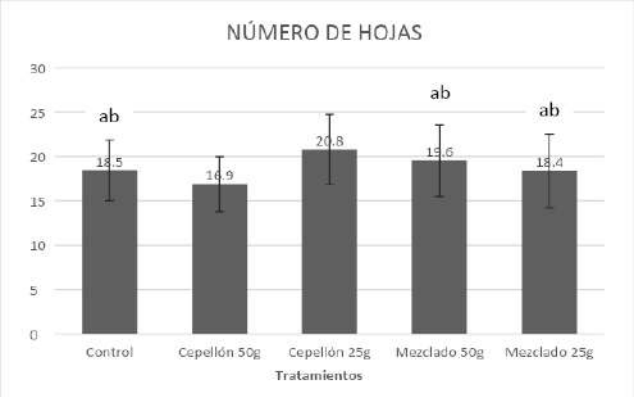


Figura 1. *Número de hojas por tratamiento*

En la Fig. 2, se observa que el rendimiento promedio de cultivo por tratamiento, el Cepellón 25 g (9965.99 Kg/ha) supera con hasta un 38% al Cepellón 50 g (7247.33 Kg/ha), dando una diferencia de 2719 Kg ha y con un 24% al Control (8035.99 Kg/ha), con una diferencia en rendimiento de casi 2000 Kg/ha.

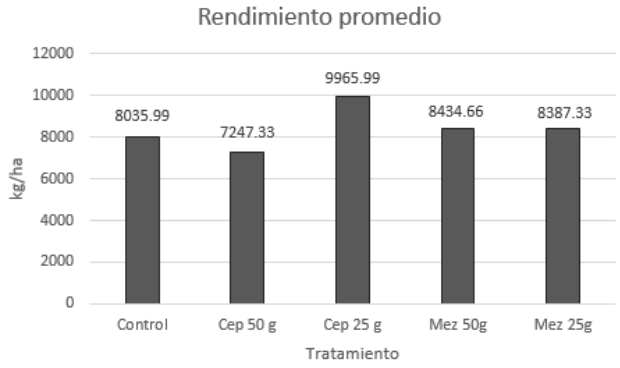


Figura. 2. *Rendimiento promedio por tratamiento*

CONCLUSIONES. La aplicación directa al cepellón de 25 g de biocarbón, mostró ser el mejor método de aplicación al cultivo hidropónico de lechuga, obteniendo el mejor rendimiento con 24% o 2 ton/ha más que el Control, que para los agricultores podría ser económicamente importante; b) el secuestro de carbono en la hidroponía mediante el biochar puede ser muy importante en nuestro país pues abarca una gran superficie agrícola; c) el biochar no solo mejora la retención de nutrientes y agua a los suelos, sustratos y cultivos, sino contribuye a la reducción del CO2 atmosférico y el calentamiento global, por medio del secuestro de carbono. Los autores agradecen a Germinaza®, por el apoyo a este proyecto con la donación de fibra de coco.

REFERENCIAS.

1. Awad, Y., Lee, S., Ahmed, M., Vu, N., Farooq, M., Kim, I., Kim, H., Vithanage, M., Usman, A., Al-Wabel, M., Meers, E., Kwon, E., & Ok, Y. (2017). Biochar, a potential hydroponic growth substrate, enhances the nutritional status and growth of leafy vegetables. Journal of Cleaner Production, 156, 581-588. doi:10.1016/j.jclepro.2017.04.070
2. Budai, A., Zimmerman A.R., Cowie A.L., Webber J.B.W., Singh B.P., Glaser B., Masiello C.A., Anderson D., Shields F., Lehmann J., Camps A.M., William M., Sohi S. y Joseph S. (2013). Biochar Carbon Stability Test Method: An assessment of methods to determine biochar carbon stability. International biochar initiative. 30 pp.

3. Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Boun Suy, T., & Haefele, S. (2013). The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (Lactuca sativa) and cabbage (Brassica chinensis). Agronomy, 3(2), 404-418. doi:10.3390/agronomy3020404
4. De la Fuente, E., & Suárez, S. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. Ecología austral, 18(3), 239-252.
5. De Tender, C., Debodé, J., Vandecasteele, B., D'Hose, L., Crémelie, P., Haegeman, A., Ruttink, T., Dawyndt, P., & Maes, M. (2016). Biological, physicochemical and plant health responses in lettuce and strawberry in soil or peat amended with biochar. Applied Soil Ecology, 107, 1-12.
6. Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierr, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. Terra Latinoamericana, 34(3), 367-382.
7. FAO.(2021).https://www.infobae.com/america/agencias/2021/12/03/ddhh-la-fao-alerta-de-que-la-erosion-del-suelo-provocara-una-reduccion-del-10-de-la-produccion-de-alimentos-en-2050/
8. Jeffery, S., Bezemer, T., Cornelissen, G., Kuyper, T., Lehmann, J., Mommer, L., Sohi, S., van de Voorde, T., Wardle, D. & van Groenigen, J. (2013). The way forward in biochar research: targeting trade-offs between the potential wins, GCB Bioenergy, 7(1), 1-13. doi:doi.org/10.1111/gcbb.12132
9. Joseph, S., Cowie, A., Van Zwiete, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W., Cayuela, M., Graber, E., Ippolito, J., Kuzyakov, Y., Luo, Y., Ok, Y., Palansooriya, K., Shepherd, J., Stephens, S., Weng, Z. & Lehmann, J. (2021). How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. GCB Bioenergy, 13, 1731-1764.
10. Jung, S., Park, Y. K., & Kwon, E. (2019). Strategic use of biochar for CO2 capture and sequestration, Elsevier, 32, 128-139. doi:10.1016/j.jcou.2019.04.012
11. Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. NY: Routledge. doi:10.4324/9780203762264
12. Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems – A review. Mitig Adapt Strat Glob Change, 11, 403–427. doi:https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5
13. López, A., López, C., Mejía, C., & López, D. (2016). Hidroponía una alternativa sustentable para el cultivo sin suelo: características y aspectos básicos. En Tópicos selectos de sustentabilidad: un reto permanente (Vol. 4, págs. 31-54). México, D. F.
14. Yoo, J. H., Luyima, D., Lee, J., Park, S., Yang, J., An, J., Yun, Y. & Oh, T. (2021). Effects of brewer's spent grain biochar on the growth and quality of leaf lettuce (Lactuca sativa L. var. crispa.). Applied Biological Chemistry, 64(1), 1-10.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324118

EVALUACIÓN DE LA INMUNOGENICIDAD DE UN CANDIDATO VACUNAL MULTIEPITÓPICO DERIVADO DE LA PROTEÍNA GP5 DEL VIRUS PRRS

Sergio Molina Campos[1], Ricarda Cortés Vieyra[2], Francisco Perez-Duran[3], Fernando Calderón Rico[4], Alejandro Bravo Patiño[5], Rosa Elvira Nuñez Anita[6]

1Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1116679d@umich.mx

2Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ricarda.cortes@umich.mx

3Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 0618713g@umich.mx

4 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1028153g@umich.mx

5Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, alejandro.bravo@umich.mx

6Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, rosa.anita@umich.mx

Palabras Clave: Virus porcino, vacunas, péptidos, inmunogenicidad.

RESUMEN. El síndrome reproductivo y respiratorio porcino (PRRS), asociado a la infección por el virus del mismo nombre (PRRSV), es la principal causa de pérdidas económica en la industria porcina en el mundo. Las vacunas comerciales disponibles presentan deficiencias en aspectos de bioseguridad, protección cruzada y efectividad en la inducción de la respuesta celular y humoral, disminuyendo así su capacidad de protección. Por lo tanto, es relevante la investigación de nuevos candidatos vacunales para prevenir dicha enfermedad. En nuestro grupo se han estudiado en lechones, las propiedades inmunogénicas de cuatro péptidos sintéticos, derivados de la proteína GP5 del PRRSV, los cuales poseen epítopos T y B, denominados: GP5-B, GP5-B3, GP5-T y GP5-T3. Previamente, demostramos que tanto GP5T como GP5T3, fueron capaces de inducir de manera fuerte y sostenida, la activación de la respuesta celular citolítica mediada por Linfocitos T citotóxicos. Asimismo, tanto GP5-B como BP5-B3, indujeron la secreción de IgG's asociadas a anticuerpos neutralizantes y favorecieron la activación de Linfocitos B plasmáticos secretores de anticuerpos. En este trabajo se evaluó la inmunogenicidad de una formulación a la que denominamos Tetra-Pep-GO, compuesta por los cuatro péptidos GP5, unidos a una proteína acarreadora y dos adyuvantes. Se empleó un modelo murino con un esquema de inmunización intradérmica y un refuerzo a los 21 días pos-inmunización (dpi). Se evaluó la respuesta humoral mediada por IgG´s totales y la respuesta celular mediada por linfocitos T cooperadores (LTh, CD4+) y linfocitos T citotóxicos (LTc, CD8+). Tetra-Pep-GO indujo un aumento de IgG´s totales a los 21, 42 y 80 dpi. Por otro lado, se observó la activación de la población de LTh al 80 dpi y la población de los LTc aumentó significativamente al 80 dpi, aunque no se observó su activación. En conjunto los datos sugieren inmunogenicidad a largo plazo inducida por Tetra-Pep-GO.

INTRODUCCIÓN. La enfermedad ocasionada por el PRRSV fue descrita clínicamente por primera vez en Estados Unidos de Norteamérica (EUA) en 1987, en 1991 en Holanda y en 1996 en China. En México el PRRSV fue clínicamente descrito por primera vez en 1992. (López et al. 2015). Con respecto a la situación nacional, México reportó en los informes semestrales emitidos ante la OMSA, correspondientes a los años 2019 y 2020, la presencia de 1,390 focos a nivel nacional, distribuidos en 28 Entidades Federativas, de las cuales el estado de Michoacán ocupa el 2% (con 27 o menos focos de PRRSV). Las pérdidas económicas ocasionadas por el PRRSV

se estimaron en aproximadamente un impacto económico total del PRRSV en EUA de más de $1000 millones de dólares por año (Holtkamp et al., 2013). Sin embargo, existe escasa información acerca del impacto bajo condiciones de campo. (Montaner-Tarbes et al, 2019). En México no se cuenta con registros de impacto económico, pero se considera que puede ser igual que en el resto de los países productores. La vacunación es la medida de manejo de la enfermedad y de control de propagación del PRRSV más empleada en la industria porcina a nivel global. Actualmente se encuentran en investigación y modernización diversas plataformas biotecnológicas, algunas de ellas incluyen, péptidos, ADN y vectores virales. Para el PRRSV solo existen comercialmente las vacunas de virus modificados (MLV) y de virus inactivados (IV). Las vacunas atenuadas (MLV) se promueven por su mayor eficacia protectora, aunque su capacidad para proporcionar protección cruzada es modesta y además representan un riesgo para la bioseguridad de las granjas, en 2012 (Charerntantanakul, 2012) reportó estados de viremia hasta 4 semanas después de la inmunización con MLV, lo que llevó a la transmisión del virus de la vacuna a cerdos no vacunados. Por otro lado, las vacunas inactivadas se destacan por su perfil de bioseguridad, pero su eficacia protectora es limitada. Estos problemas podrían abordarse con vacunas basadas en péptidos que comprenden fragmentos inmunogénicos cortos, también conocidos como epítopos, los cuales se caracterizan por su capacidad para inducir respuestas inmunes fuertes, específicas y sostenidas evitando las posibilidades de reacciones alergénicas. En comparación con las vacunas comerciales, las vacunas multiepitópicas representan ciertas ventajas con respecto a su inmunogenicidad, que están en función de su diseño y propiedades: (I) constan de múltiples epítopos restringidos al MHC que puede ser reconocido por TCR de múltiples clones de varios subconjuntos de células T; (II) constan de epítopos de células CTL, Th y B que pueden inducir fuertes respuestas inmunes celulares y humorales simultáneamente; (III) constan de múltiples epítopos de diferentes antígenos virales que pueden ampliar los espectros de las respuestas inmunológicas (IV) introducen algunos componentes con capacidad adyuvante que pueden potenciar la inmunogenicidad y respuestas inmunes duraderas (Saadi *et al.*, 2017).

ANTECEDENTES. En nuestro grupo de trabajo se han estudiado y descrito las propiedades inmunogénicas de 4 péptidos sintéticos de manera individual, derivados de la proteína GP5 del virus PRRS, en modelos in vitro y en modelos in vivo (roedores y lechones). Dos de ellos, GP5T y GP5T3, son capaces de inducir de manera fuerte y sostenida, la activación de la respuesta celular de Linfocitos T cooperadores y T citotóxicos (Calderón Rico et al., 2024). Además, ambos péptidos inducen la expresión de citocinas proinflamatorias. Por otro lado, recientemente (Pérez Durán et al.,2024), en un estudio en lechones, reportaron, que GP5-B y GP5-B3, induce una respuesta humoral sostenida de anticuerpos IgG específicos del péptido y que demás, ambos péptidos indujeron la activación de las células B y su diferenciación en células B plasmáticas/formadoras de anticuerpos IgG específicos del péptido.

OBJETIVO. Evaluar la inmunogenicidad del modelo vacunal TetraPep-GO derivado de la proteína GP5 del virus PRRS.

MATERIALES Y MÉTODOS. Ratones Se utilizaron ratones hembra de la línea Balb/C, las cuales fueron adquiridas en el bioterio del Instituto de Neurobiología de la UNAM. Se mantuvieron bajo condiciones de temperatura controlada (21 ± 1° C) a una humedad del 50% en un ciclo de luz-oscuridad de 12 h:12 h y alimentación ad libitum (Purina Certified Rodent Chow) y agua. Todos los procedimientos siguieron el programa de Cuidado y Uso de Animales (NIH, USA) y la Norma Oficial Mexicana 062-ZOO1999. Modelo vacunal TetraPEP-GO Se utilizó la formulación del

modelo vacunal Tetra PEP-GO conformado por cuatro péptidos derivados de la proteína GP5 del virus PRRS, una proteína acarreadora y 2 adyuvantes (alhidrogel y CpG 1018). Inmunización. Se realizaron 2 inmunizaciones por vía subcutánea a los días 0 y 21 siguiendo el esquema de inmunización establecido. Los ratones fueron sujetados de la piel del dorso y la cola. Esquema de inmunización, inmunización al día 21 y refuerzo al día 42. Detección de anticuerpos totales. Para el análisis de anticuerpos, este se llevó a cabo bajo la metodología Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA). Inmunotipificación de la respuesta mediada por Linfocitos T. Se establecieron las combinaciones de anticuerpos para evaluar poblaciones de Linfocitos T cooperadores (CD4+) y citotóxicos (CD8+).

RESULTADOS. Evaluación de IgG's totales

Las IgG's totales se evaluaron en un curso temporal de 0, 21, 42 y 80 días. Al día 0 en las muestras recolectadas de suero preinmune, se observó que no hubo diferencia significativa entre los grupos control, vehículo y TetraPep (Fig. 1A) sin embargo, al día 21 después de la primera inmunización, se observó un aumento significativo de IgG total en el grupo inmunizado con TetraPep con respecto al grupo control sin inmunizar, pero no con respecto al vehículo (Fig. 1B), por otro lado, al día 42 después de la segunda inmunización se observó que la concentración de IgG aumentó a casi el doble en comparación con el 21 dpi en el grupo inmunizado con TetraPep el cual, tuvo diferencia significativa contra el grupo control sin inmunizar y contra el grupo inmunizado con el vehículo (Fig. 1C). Finalmente, al día 80 se observó una tendencia similar en la concentración de IgG que, a los 42 dpi, tal como el grupo inmunizado con TetraPep presentó diferencia significativa en contraste con el grupo control y el grupo vehículo (Fig.1D). Estos datos sugieren que los grupos inmunizados con TetraPep indujeron una respuesta de anticuerpos máxima alcanzada al día 42 y que además esta respuesta se sostuvo hasta el día 80.

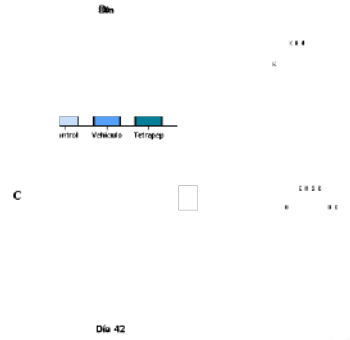


Figura 1. Concentración de Inmunoglobulinas G totales (IgG´s) en sueros de ratones Balb/C. (A) *El grafico muestra, IgG´s totales (ng/ml) evaluadas al día 0 en el grupo control sin inmunizar, grupo vehículo inmunizado con dos adyuvantes y una proteína acarreadora y el grupo TetraPep inmunizado con 2 adyuvantes, una proteína acarreadora y 4 péptidos.* ***(B)*** *IgG´s totales (ng/ml) evaluadas al día 21 pos-inmunización.* ***(C)*** *IgG´s totales (ng/ml) evaluadas al día 42 pos-inmunización* ***(D)*** *IgG´s totales [ng/ml] evaluadas al día 80. Análisis estadístico en grupos (n=), (n=6) y (n=6) respectivamente. Los asteriscos representan diferencias significativas (P < 0.05). Anova de una vía, prueba poshoc Tukey, los datos presentan ±S.E.M*

Inmunotipificación de poblaciones de linfocitos CD4+ y CD8+. Linfocitos T CD4+. En los resultados obtenidos se encontró que al evaluar la subpoblación de linfocitos T cooperadores (Th) CD4+ al día 80, hubo un alto nivel de expresión CD44++ y un aumento estadísticamente significativo de porcentaje de células activadas CD4+/CD44++ en el grupo inmunizado con TetraPep con respecto al grupo control sin inmunizar, pero no hubo diferencia con respecto al

grupo vehículo (Fig. 2A). Por otro lado, se observó un aumento en la expresión de CD44+++ y un aumento de células CD4+ activadas, esto con respecto al control sin inmunizar y también con respecto al grupo inmunizado con el vehículo. Esto podría sugerir que estas células estuvieron activadas o que están en un estado de memoria.

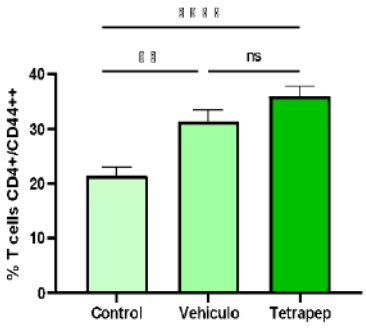


Figura 2. Subpoblaciones de linfocitos T cooperadores (Th) activos (CD4+/CD44++) y (CD4+/CD44+++) de sangre total de grupos de ratones inmunizados con vehículo y TetraPep. *Leucocitos aislados de sangre total de ratones al día 80.* ***(A)*** *% de linfocitos T (CD44++) ***P= <0.0001, **P<0.0048* ***(B)*** *% de linfocitos T (CD44+++). Los asteriscos representan diferencias significativas (P < 0.05). Analisis estadistico n=7 para cada grupo. A todos los grupos se les realizó ANOVA de una vía, con una prueba de Tukey ± SEM.*

Linfocitos TCD8+. En el análisis de linfocitos T CD8+ se observó un aumento de esta subpoblación celular en el grupo inmunizado con TetraPep al día 80 con respecto al grupo control sin inmunizar y con respecto al grupo inmunizado con el vehículo (Fig.3A). Por otra parte, también se optó por evaluar si TetraPep inducia activación de linfocitos T CD4+/CD44+ sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los 3 grupos. Estos datos sugieren que TetraPep está induciendo un aumento de linfocitos T citotóxicos CD8+ totales, pero no está induciendo un fenotipo de activación CD8+/CD44+. Estos resultados se alinean con los hallazgos de Franzoni *et al*., 2013, quienes demostraron que se necesita un reto viral para observar una diferencia en la activación de CD8+.

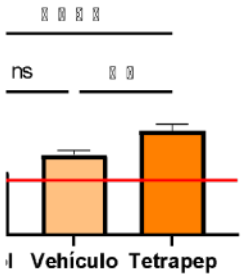


Figura 3. Análisis de subpoblaciones de linfocitos T citotóxicos (Tc) (CD8+) y linfocitos Tc activados (CD8+/CD44+) de sangre total de grupos de ratones inmunizados con vehículo y TetraPep. (A) *% de linfocitos T CD8+ ***P= <0.0001, **P<0.0048.* ***(B)*** *% de linfocitos T CD8+/CD44+. Los asteriscos representan diferencias significativas (P < 0.05). Analisis estadistico n=7 para cada grupo. A todos los grupos se les realizó ANOVA de una vía, con una prueba de Tukey ± SEM.*

CONCLUSIONES. En conclusión, en conjunto los datos sugieren que el candidato vacunal TetraPep-GO induce una respuesta mediada por anticuerpos totales IgG de vida larga, en un modelo murino, lo cual se podría relacionar con anticuerpos IgG de memoria, y además induce una sobreexpresión de linfocitos T cooperadores LTh.

REFERENCIAS.

1. López-Heydeck, S. M., Alonso-Morales, R. A., Mendieta-Zerón, H., & Vázquez-Chagoyán, J. C. (2015). Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS). Review | Síndrome reproductivo y respiratorio del cerdo (PRRS). Revisión. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 6(1), 69–89.
2. Holtkamp, D. J., Kliebenstein, J. B., Neumann, E. J., Zimmerman, J. J., Rotto, H. F., Yoder, T. K., Wang, C., Yeske, P. E., Mowrer, C. L., & Haley, C. a. (2013). Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome virus on United States pork producers. Journal of Swine Health and Production, 21(2), 72–84. https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.385

3. Montaner-Tarbes, S., del Portillo, H. A., Montoya, M., & Fraile, L. (2019). Key Gaps in the Knowledge of the Porcine Respiratory Reproductive Syndrome Virus (PRRSV). Frontiers in Veterinary Science, 6(February), 1–15. https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00038
4. Charerntantanakul, W. (2012). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines: Immunogenicity, efficacy and safety aspects. World Journal of Virology, 1(1), 23–30. https://doi.org/10.5501/wjv.v1.i1.23
5. Saadi, M., Karkhah, A., & Nouri, H. R. (2017). Development of a multi-epitope peptide vaccine inducing robust T cell responses against brucellosis using immunoinformatics based approaches. Infection, Genetics and Evolution, 51, 227–234. https://doi.org/10.1016/j.meegid.2017.04.009
6. Perez-Duran, F., Calderon-Rico, F., Franco-Correa, L. E., Zamora-Aviles, A. G., Ortega-Flores, R., Durand-Herrera, D., Bravo-Patiño, A., Cortes-Vieyra, R., Hernandez-Morales, I., & Nuñez-Anita, R. E. (2024). Synthetic Peptides Elicit Humoral Response against Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus in Swine. Vaccines, 12(6). https://doi.org/10.3390/vaccines12060652
7. Calderon-Rico, F., Bravo-Patiño, A., Mendieta, I., Perez-Duran, F., Zamora-Aviles, A. G., Franco-Correa, L. E., Ortega-Flores, R., Hernandez-Morales, I., & Nuñez-Anita, R. E. (2024). Glycoprotein 5-Derived Peptides Induce a Protective T-Cell Response in Swine against the Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus. Viruses, 16(1). https://doi.org/10.3390/v16010014
8. Franzoni, G., Kurkure, N. V., Edgar, D. S., Everett, H. E., Gerner, W., Bodman-Smith, K. B., Crooke, H. R., & Grahama, S. P. (2013). Assessment of the phenotype and functionality of porcine cd8 t cell responses following vaccination with live attenuated classical swine fever virus (CSFV) and virulent CSFV challenge. Clinical and Vaccine Immunology, 20(10), 1604–1616. https://doi.org/10.1128/CVI.00415-13

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324120

EVALUACIÓN DEL INCREMENTO DE LA SUPERVIVENCIA DE *Caenorhabditis elegans* POR EL CONSUMO DEL MICELIO VEGETATIVO DEL HONGO *Psathyrella sp.*

Zaira Vianey Aguado Andrade[1], Sharel Pamela Díaz Pérez[1], Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas[2] Gerardo Vázquez Marrufo[1]

1 Centro de Estudios Multidisciplinarios en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Km. 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán.

2 División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

1026500d@gmail.com

Palabras Clave: Alimentos funcionales, micelio vegetativo, estrés oxidativo.

RESUMEN. La obesidad en México está relacionada con un incremento en enfermedades no transmisibles, así como del estrés oxidativo, acelerando el envejecimiento y sus complicaciones. Los alimentos funcionales con propiedades antioxidantes, como la biomasa fúngica, representan una estrategia prometedora para reducir el estrés oxidativo y aumentar la longevidad. Este proyecto explora el potencial del micelio vegetativo de la cepa CMU 86-13 del hongo Psathyrella sp. como alimento funcional. La cepa se cultivó en medio agar extracto de malta y en caldo extracto de malta a 28 °C durante 15 días. La biomasa fúngica se liofilizó y pulverizó para preparar una suspensión al 1% (p/v) en agua estéril, y diluciones al 10%, 30% y 50%. Se utilizó Caenorhabditis elegans como modelo biológico, conocido por su utilidad en estudios de envejecimiento y estrés oxidativo debido a su fácil cultivo y similitudes con vías de señalización humanas. Se transfirieron 10 nematodos adultos sincronizados en fase L4 a placas de 24 pozos con 1 mL de cada tratamiento, incubando a 20 °C durante 15 días. Los tratamientos incluyeron cultivo líquido Nematode Growth Media (NGM) sin Escherichia coli, NGM con micelio vegetativo de Psathyrella sp., y NGM con la suspensión de micelio liofilizado al 1% y sus diluciones. Se registró la tasa de supervivencia de C. elegans, encontrando que las diluciones del 10% y 30% de micelio liofilizado generaron un porcentaje de supervivencia de 57% y 55%, respectivamente, además, la dilución del 50% aumentó la supervivencia en un 40%, manteniéndose estables a partir del día 10. Los nematodos alimentados con micelio liofilizado también mostraron mayor movilidad, sugiriendo que el micelio liofilizado de Psathyrella sp. podría mejorar la longevidad y reducir el estrés oxidativo. Por lo anterior, el liofilizado del micelio de Psathyrella sp. tiene potencial como alimento funcional para mejorar la calidad de vida.

INTRODUCCIÓN. La obesidad es una de las principales causas de enfermedades no transmisibles (ENT) a nivel mundial, y México es uno de los países con mayor prevalencia de esta condición. La obesidad está asociada con el desarrollo de patologías como la diabetes tipo 2, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Además, el exceso de tejido adiposo promueve la producción de radicales libres y el estrés oxidativo, los cuales aceleran el envejecimiento celular, deteriorando la calidad de vida y aumentando el riesgo de complicaciones graves. A su vez, el estrés oxidativo está vinculado con la disfunción

mitocondrial, el daño al ADN y la inflamación crónica, factores que contribuyen al envejecimiento prematuro y a la progresión de diversas enfermedades crónicas.
En respuesta a estos desafíos de salud pública, los alimentos funcionales han cobrado interés debido a su capacidad para proporcionar beneficios más allá de su valor nutritivo básico. Los alimentos funcionales contienen compuestos bioactivos que pueden reducir el riesgo de ENT y mejorar el bienestar general. Dentro de este grupo, la biomasa fúngica ha emergido como una fuente prometedora de antioxidantes naturales. Los hongos, especialmente su micelio vegetativo, contienen polisacáridos, proteínas, lípidos y otros compuestos bioactivos que pueden contrarrestar el estrés oxidativo y mejorar los procesos fisiológicos que regulan el envejecimiento. Este proyecto se centra en evaluar el potencial del micelio vegetativo del hongo basidiomicete Psathyrella sp. (cepa CMU 86-13) como alimento funcional, específicamente en su capacidad para mejorar la longevidad y reducir el estrés oxidativo. Para evaluar su eficacia, se utiliza el modelo biológico Caenorhabditis elegans, un nematodo ampliamente empleado en estudios de envejecimiento, longevidad y estrés oxidativo debido a sus similitudes genéticas y fisiológicas con las vías de señalización humanas, como las rutas de insulina/IGF-1, las cuales están implicadas en la regulación del envejecimiento y el metabolismo lipídico. Caenorhabditis elegans es un modelo ideal por su facilidad de cultivo, ciclo de vida corto y respuesta rápida a intervenciones nutricionales. Estudios previos han demostrado que las intervenciones dietéticas con alimentos ricos en antioxidantes pueden aumentar la longevidad de C. elegans y reducir los efectos del estrés oxidativo, lo que sugiere que estos efectos también podrían observarse en humanos.
El micelio de Psathyrella sp., ha surgido como un candidato prometedor para mejorar la longevidad y la salud metabólica debido a sus posibles propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y moduladoras del metabolismo. Este estudio busca determinar si el micelio liofilizado de Psathyrella sp. puede aumentar la supervivencia y mejorar la motilidad de C. elegans, proponiéndolo como un alimento funcional innovador con el potencial de reducir el estrés oxidativo y mejorar la calidad de vida. Los resultados obtenidos sentarán las bases para futuros estudios en modelos más complejos, con el fin de desarrollar estrategias alimentarias aplicables a la población humana para combatir la obesidad y sus complicaciones asociadas al envejecimiento, contribuyendo a mejorar la salud pública.

ANTECEDENTES. La obesidad y las enfermedades metabólicas relacionadas se han convertido en uno de los mayores desafíos para la salud pública a nivel mundial. Esto se debe a su estrecha vinculación con el estrés oxidativo, un proceso que acelera el envejecimiento y contribuye al desarrollo de diversas complicaciones crónicas, tales como la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y trastornos neurodegenerativos (Manna & Jain, 2015). El estrés oxidativo desempeña un papel crucial en la patogénesis de la obesidad, ya que promueve la acumulación de tejido adiposo blanco y afecta la ingesta de alimentos. Diversos estudios han demostrado que este proceso puede aumentar tanto la proliferación como la diferenciación de adipocitos, además de incrementar el tamaño de los adipocitos maduros. Asimismo, el estrés oxidativo influye en el control del peso corporal mediante su impacto en las neuronas hipotalámicas, responsables de regular el hambre y la saciedad (Manna & Jain, 2015).
En relación con la dieta, en los últimos años ha cobrado relevancia la búsqueda de alimentos funcionales que ayuden a prevenir o es su caso contribuir al tratamiento de la obesidad y sus enfermedades asociadas. En particular, ha crecido el interés por los hongos como alimento funcional, no solo por su valor nutricional, sino también por sus propiedades medicinales. Estas incluyen efectos inmunomoduladores, antitumorales y antihipercolesterolemia, entre otros (Reis et al., 2017).

Dentro del reino Fungi, el phylum Basidiomycota es el de mayor relevancia en términos de uso como alimento. En este grupo se han descrito aproximadamente, 48 500 especies, de las cuales cerca de 2 200 se consideran comestibles, 35 se cultivan comercialmente y solo 10 se producen a nivel industrial (James et al., 2020; Li et al., 2021; Niazi & Ghafoor, 2021). Los basidiomicetos comestibles son una fuente importante de vitaminas, minerales y proteínas, comparables con las fuentes vegetales y animales más comunes; además, contienen una gran variedad de compuestos bioactivos que ejercen un efecto positivo en la salud general. Dichos compuestos incluyen a polisacáridos tipo β-glucanas, terpenos, alcaloides, policétidos y fenoles con actividad antitumoral, inmonumoduladora, hipoglucémica, antioxidante y antidiabética, entre otras (Rathore et al., 2017; Dimopoulou et al., 2022). Por esto, la biomasa del basidiocarpo de diversas especies se ha analizado como alimento funcional en modelos in vivo de obesidad y envejecimiento.
Aunque tradicionalmente el análisis nutrimental de los hongos comestibles y medicinales del grupo Basidiomycota se ha enfocado en el basidiocarpo, investigaciones recientes han destacado el potencial del micelio vegetativo, el cual presenta propiedades nutrimentales y metabolitos secundarios comparables a los del cuerpo fructífero (Dudekula et al., 2020).

OBJETIVO. Evaluar la capacidad del micelio vegetativo del hongo Psathyrella sp. para reducir el estrés oxidativo en el modelo biológico Caenorhabditis elegans. Determinar la viabilidad de los nematodos expuestos al micelio vegetativo. Determinar los efectos negativos asociados a la longevidad en el modelo biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS. El micelio vegetativo de *Psathyrella* sp. (CMU 86-13) fue cultivado inicialmente en agar extracto de malta (Difco™) durante 7-10 días a 28°C. Posteriormente, el micelio fue inoculado en un caldo extracto de malta (Difco™) bajo condiciones de agitación a 120 rpm y 28°C durante 15 días. Tras completar el periodo de crecimiento, la biomasa fúngica fue recuperada, liofilizada (para preservar sus propiedades bioactivas), pulverizada y tamizada hasta obtener un polvo fino. Este polvo se utilizó para preparar una suspensión en agua estéril al 1% (p/v), a partir de la cual se realizaron diluciones al 10%, 30% y 50% para los tratamientos. *Caenorhabditis elegans* (cepa N2) fue cultivado en medio Nematode Growth Media (NGM) a 20°C. Para garantizar la homogeneidad en los experimentos, los nematodos fueron sincronizados en la fase L4 (adultos jóvenes) (Fig. 1). Se transfirieron 10 nematodos sincronizados a cada pozo de placas de 24 pozos, utilizando 1 mL de cada tratamiento por pozo. Los tratamientos incluyeron: 1) Cultivo líquido NGM sin *Escherichia coli* (control); 2) NGM con un bocado de micelio vegetativo de *Psathyrella* sp.; 3) NGM con suspensión de micelio liofilizado al 10%; 4) NGM con suspensión de micelio liofilizado al 30%; 5) NGM con suspensión de micelio liofilizado al 50%; 6) NGM con suspensión de micelio liofilizado sin diluir (Fig. 2).



Figura 1. *Imagen de Caenorhabditis elegans en estadio larvario L4.*

1 2 3 4 5 6



Figura 2. Tratamientos correspondientes para la evaluación de la supervivencia de C. elegans.

Las placas se incubaron a 20°C durante 15 días, registrándose diariamente la tasa de supervivencia y observando la motilidad de los nematodos para evaluar el impacto de los tratamientos en su salud y longevidad. Los datos obtenidos se analizaron mediante curvas de supervivencia de Kaplan-Meier utilizando GraphPad Prism, lo que permitió identificar con precisión los efectos del micelio en la mejora de la longevidad y la reducción del estrés oxidativo en *C. elegans*.

RESULTADOS. Los resultados preliminares muestran que los nematodos en el grupo control (Fig. 3, curva 1) experimentaron una rápida disminución en la supervivencia, con un declive del 95% al día 5 y una mortalidad total al día 8. En contraste, los nematodos alimentados con el bocado del micelio vegetativo sin liofilizar (Fig. 3, curva 2) mostraron una reducción del 70% en la supervivencia desde el día 5, alcanzando una mortalidad total al día siguiente. En el protocolo establecido, no es posible analizar los efectos del consumo del micelio de *Psathyrella* sp. sin liofilizar (Fig. 3, curva 2) sobre la supervivencia de *C. elegans* debido al rápido crecimiento del micelio dentro del pozo de la placa, lo que dificulta la contabilización precisa de los nematodos. Además, el tratamiento NGM con suspensión de micelio liofilizado sin diluir (datos no mostrados) se descartó del análisis debido a que la turbidez del medio impidió la contabilización de los nematodos. Por otro lado, los tratamientos con micelio liofilizado presentaron resultados más favorables (Fig. 3). Los nematodos alimentados con una dilución del 10% de micelio liofilizado (Fig. 3, curva 3) mantuvieron una tasa de supervivencia del 57%, mientras que aquellos con una dilución del 30% (Fig. 3, curva 4) alcanzaron una supervivencia del 55%, ambas condiciones fueron estables desde el día 10. La dilución al 50% (Fig. 3, curva 5) mostró una mejora significativa, con un incremento del 40% en la supervivencia en comparación con el grupo control, manteniéndose estable a partir del día 10. La movilidad se evaluó de manera cualitativa y observacional, revelando que los nematodos del grupo control y del tratamiento con micelio vegetativo presentaron una disminución progresiva en la movilidad, en consonancia con la reducción en la supervivencia. Sin embargo, los nematodos alimentados con micelio liofilizado en concentraciones del 10%, 30% y 50% mostraron un aumento significativo en la movilidad, lo que sugiere un efecto positivo en la salud y actividad de los organismos.

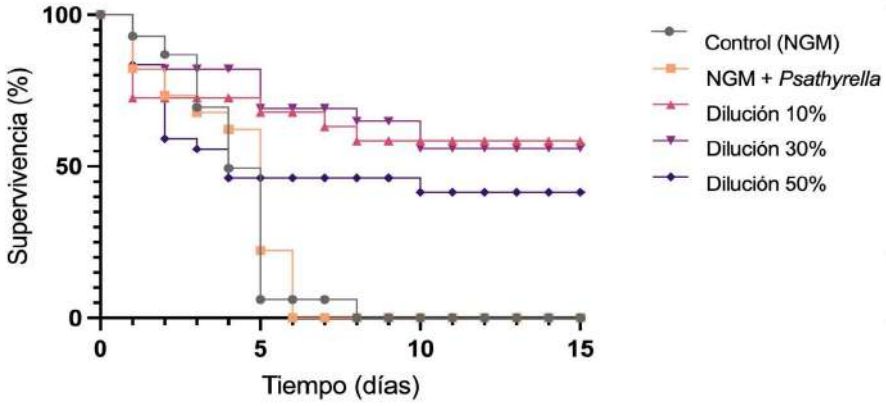


Figura 3. *Curva de supervivencia de C. elegans tratado con diferentes concentraciones de micelio liofilizado de Psathyrella sp. durante 15 días de*

CONCLUSIONES. La cepa CMU 86-13 de Psathyrella sp. empleada como micelio vegetativo liofilizado en concentraciones del 10% y 30%, aumento la supervivencia y movilidad de Caenorhabditis elegans, con tasas de supervivencia del 57% y 55% respectivamente, a partir del décimo día del experimento. Estos resultados preliminares refuerzan el potencial del micelio liofilizado como alimento funcional para mejorar la longevidad y reducir el estrés oxidativo. Es importante destacar que el uso del micelio vegetativo, en lugar del basidiocarpo, ofrece ventajas en la preparación de suplementos alimenticios más homogéneos y manejables, con mayor estabilidad y precisión en la evaluación experimental. Esto posiciona al micelio liofilizado como una alternativa más eficiente en el desarrollo de alimentos funcionales para la prevención y manejo de enfermedades relacionadas con el envejecimiento y la obesidad.

REFERENCIAS.

1. Dimopoulou M, Vareltzis P, Floros S, Androutsos O, Bargiota A & Gortzi O. (2023). Development of a functional acceptable diabetic and plant-based snack bar using mushroom (Coprinus comatus) powder. Foods. 12: 1–20.
2. Dudekula UT, Doriya K. & Devarai SK. (2020). A critical review on submerged production of mushroom and their bioactive metabolites. 3 Biotech. 10(8): 1–12.
3. Manna P & Jain SK. (2015). Obesity, oxidative stress, adipose tissue dysfunction, and the associated health risks: causes and therapeutic strategies. Metabolic syndrome and related disorders.13(10): 423–444.
4. Martel J, Ojcius DM, Chang CJ, Lin CS, Lu CC, Ko YF, Tseng SF, Lai HC & Young JD. (2017). Anti-obesogenic and antidiabetic effects of plants and mushrooms. Nature Reviews Endocrinology. 13(3): 149−160.
5. Reis FS, Martins A, Vasconcelos MH, Morales P & Ferreira IR. (2017). Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. Trends in Food Science & Technology. 66: 48–62.
6. Rathore H, Prasad S & Sharma S. (2017). Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: a review. PharmaNutrition. 5(2): 35−46.
7. Li H, Tian Y, Menolli N Jr, Ye L, Karunarathna SC, Perez-Moreno J, Rahman MM, Rashid MH, Phengsintham P, Rizal L, Kasuya T, Lim YW, Dutta AK, Khalid AN, Huyen LT, Balolong MP, Baruah G, Madawala S, Thongklang N, Hyde KD, Kirk PM, Xu J, Sheng J, Boa E & Mortimer PE. (2021). Reviewing the world's edible mushroom species: A new evidence-based classification system. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 20(2): 1982−2014.
8. Niazi AR & Ghafoor A. (2021). Different ways to exploit mushrooms: a review. All Life. 14(1): 450−460.
9. James T Y, Stajich JE, Hittinger CT & Rokas A. (2020). Toward a fully resolved fungal tree of life. Annual Review of Microbiology. 74: 291−313.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324121

EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO PARA LA PRODUCCIÓN DE *BIKAVERINA* EN *GIBBERELLA FUJIKUROI* DE LA CEPA CDBB-H-972

Alejandra Ivonne Pérez-Zacarias[1], Fernando López-Gudiño[2], Diana Belem Alanís-Gutiérrez[3], Ma. Del Carmen Chávez-Parga[4]

1,3,4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1731421g@umich.mx, 2027809k@umich.mx cparga@umich.mx

2Instituto Tecnológico Nacional de Morelia, ferlopezgudino@gmail.com

Palabras Clave: Gibberella fujikuroi, bikaverina, fermentación, parámetros fisicoquímicos, productividad.

RESUMEN. El hongo filamentoso Gibberella fujikuroi es bien conocido por su producción de metabolitos secundarios que incluye la síntesis de compuestos de interés biotecnológico. La bikaverina se produce mediante fermentación celular libre con el hongo filamentoso Gibberella fujikuroi aunque también es producida por otros hongos relacionados, como Fusarium oxysporum. La bikaverina (C20H14O8) es un policétido que presenta como característica cualitativa un pigmento rojo vino que posee actividad antimural y antibiótica, la cual presenta potenciales efectos terapéuticos frente enfermedades tropicales de mayor importancia como lo es la Leishmania braziliensis. La biosíntesis de la bikaverina no está sujeta a una regulación común, sino que responde a los parámetros fisicoquímicos, como la disponibilidad de nitrógeno, azúcares y el pH del medio. En este trabajo se realizó un estudio cinético en las fermentaciones para estimar la biomasa (X), consumo de azúcares (S) y nitrógeno amoniacal a diferentes relaciones de carbono/nitrógeno y a un volumen de 150 mL. Las fermentaciones se realizaron en matraces de 500 mL y se llevaron a cabo por lotes utilizando la cepa Gibberella fujikuroi CDBB-H-972 a un pH inicial de 4 durante 96 horas a 215 rpm. Después del análisis de datos experimentales, se estimaron los parámetros cinéticos utilizando un modelo no lineal de crecimiento microbiano, las velocidades específicas de crecimiento (μ) para las relaciones 50:1, 100:1 y 150:1 de carbono/nitrógeno fueron 0.053 ± 0.003 h-1, 0.0162 ± 0.001 h-1 y 0.009 ± 0.001 h-1 respectivamente, mientras que los rendimientos Yxs fueron de 0.2818 g biomasa/ g de sustrato, 0.6026 g de biomasa/ g de sustrato y 0.2449 g de biomasa/ g de sustrato respectivamente, finalmente la productividad de bikaverina Ypx fue de 1.828 mg bikaverina/g de biomasa, 49.987 mg bikaverina/g de biomasa y 111.431 mg bikaverina/g de biomasa respectivamente. De acuerdo a esta investigación la mejor relación carbono/nitrógeno para una mayor productividad de biomasa a estas condiciones fue la de 100:1 y para una mayor productividad de bikaverina fue la de 150:1 por lo tanto la relación carbono/nitrógeno es un factor importante para la producción de bikaverina a estas condiciones.

INTRODUCCIÓN. El hongo filamentoso Gibberella fujikuroi [1] es bien conocido por su producción de metabolitos secundarios [2]. Este hongo es una especie pleomórfica, ya que puede tener una o más formas en sus estados sexuales (perfecto) como en los asexuales (imperfectos). Al estado imperfecto del hongo se le llama Fusarium moniliforme y al estado perfecto Gibberella fujikuroi. [3]

Este hongo exhibe un rico metabolismo secundario que incluye la síntesis de compuestos de interés biotecnológico, como carotenoides [4], ácido fusárico, giberelinas, ácido giberélico y bikaverina [5]. Hace años se demostró con considerable detalle que el patrón de crecimiento y la composición micelial bruta de Gibberella fujikuroi en cultivo sumergido estaban controlados por la velocidad y la secuencia en que se agotaban los nutrientes individuales del medio de cultivo [6] por ello es necesario conocer los parámetros de cultivo favorables para su crecimiento ya que esto puede llegar a traer graves consecuencias en el rendimiento y calidad del producto o metabolito de interés [7]. De acuerdo a (Borrow, y otros, 1964) se ha descrito el metabolismo de Gibberella fujikuroi en cultivo agitado en fermentaciones limitadas de glucosa, nitrógeno, fósforo y magnesio [6]. La bikaverina es un pigmento rojo vino que posee actividad antimural [8] y antibiótica [10]. La biosíntesis de la bikaverina se realiza con cultivos de micelios en fermentación en sustrato líquido (sumergido) [9], la cual responde a señales ambientales, incluidas las fuentes de carbono y nitrógeno, la temperatura ambiente y el pH del medio [2]. La biosíntesis de bikaverina, compuesto libre de nitrógeno, está fuertemente inhibida por altas cantidades de nitrógeno en el medio de cultivo [9]. La producción de varios metabolitos secundarios se inicia por el agotamiento del nitrógeno del medio. La fase de producción está precedida por la formación de los pigmentos benzoxanténtriona, bikaverina y norbikaverina [11]. Tomando en cuenta lo anterior es importante conocer el efecto de algunas variables importantes (concentraciones iniciales nitrógeno y carbono, así como pH) que permitan al hongo Gibberella fujikuroi producir bikaverina, por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la relación carbono/nitrógeno para la producción de bikaverina en Gibberella fujikuroi de la cepa CDBB-H-972.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Cepa. En este experimento se utilizó la cepa Gibberella fujikuroi CDBB-H-972 (Colección de Cultivos del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV-IPN, México) mantenida en cultivos en cajas Petri en medio ADS (Agar Dextrosa Saburoud, Bioxon) a 4 °C.

Inóculo. El material micelial completamente desarrollado se recuperó agregando 20 mL de solución isotónica (0.9% NaCl) y homogeneizado con una pipeta serológica estéril. El homogeneizado se inoculó en un matraz Erlenmeyer de 500 mL con 150 mL de medio de cultivo y se colocó en una incubadora orbital (Large Shaking Incubator, LabTech®) a 220 rpm a 27 ± 1 °C durante 38 ± 2 h.

Evaluación cinética en matraz. La comparativa sobre la producción de biomasa (X) y consumo de sustratos (S) y (N) a tres diferentes relaciones de carbono/nitrógeno 50:1, 100:1 y 150:1, de la cepa cultivada en un medio que contiene dextrosa como fuente de carbono, NH4Cl como fuente de nitrógeno, KH2PO4 como fuente de fosfatos y una solución de oligoelementos. Se realizó por medio de cultivos en matraces Erlenmeyer de 500 mL con 150 mL de medio de cultivo, se agregó un 10 % v/v de inóculo en cada uno. Para los matraces la velocidad de agitación fue de 220 rpm en una incubadora orbital (Large Shaking Incubator, LabTech®) a 27 ± 1 °C durante 96 h.

Determinación de biomasa. Para la determinación de biomasa del cultivo líquido se utilizó el método de peso seco. Se etiquetaron y se pusieron a peso constante membranas de papel filtro de 4.5 cm de diámetro calentándolas en un horno a 90°C durante 3 horas y se enfriaron en un desecador por 30 minutos. Mediante una filtración al vacío se filtraron 10 mL de la muestra, lavando los residuos con agua destilada estéril, posteriormente se secaron las membranas utilizando el mismo procedimiento hasta obtener un peso constante.

Determinaciones analíticas. El NH4+-N en el medio se determinará por el método de Berthelot [12] y los azúcares reductores por el método DNS [13].

Extracción sólido-Líquido. Se removió la biomasa del cultivo líquido mediante filtración al vacío, a través de una membrana de celulosa (Advantec, 0.45 µ), la biomasa micelial libre se determinó

secando hasta peso constante en un horno a 90 °C. La muestra se agitó, y se acidificó con 0.06 mL de HCl 35% v/v, posteriormente se extrajo cuatro veces con 30 mL de cloroformo (A.C.S. Meyer). Las muestras se llevaron a un rotavapor Buchi Switzerand® en donde se dejaron 28 minutos en un baño maría a una temperatura de 56 ± 1 °C a una velocidad de 75 rpm. Se determinó la concentración de bikaverina en un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo ScientificTM, Evolution 300) a través de un barrido espectral desde 300 hasta 800 nm. Teniendo en cuenta una curva de calibración realizada con un estándar de bikaverina de Fusarium subglutinans (Sigma Aldrich).

RESULTADOS. Se realizaron tres cinéticas a tres relaciones carbono/nitrógeno con la cepa *Gibberella fujikuroi* CDBB-H-972 para evaluar la mejor relación carbono/nitrógeno para una mayor producción de bikaverina, la formación de biomasa se muestra en la Fig.1. Donde se observó que a las 48 h hay una mayor formación de biomasa en cada relación carbono/nitrógeno, la formación fue de 5.72 ± 0.09 g/L, 7.36 ± 0.31 g/L y 8.48 ± 0.23 g/L para la cinética de 50:1, 100:1 y 150:1, respectivamente.

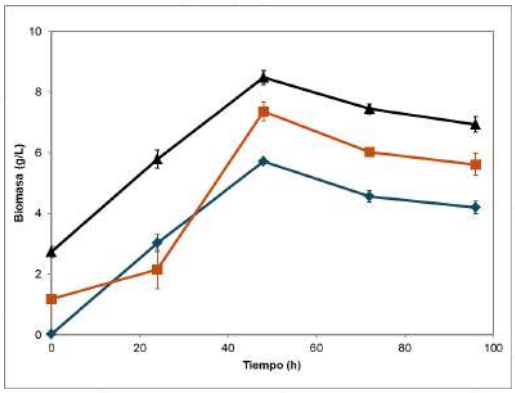
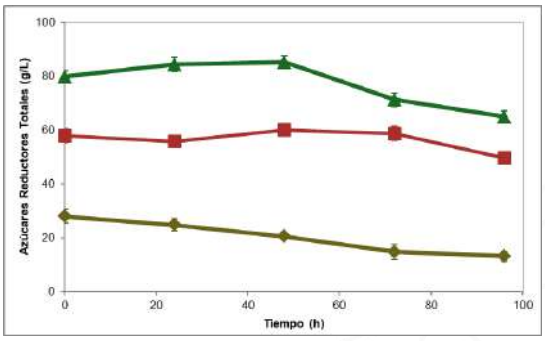


Figura 1. *Crecimiento de biomasa por peso seco con respecto al tiempo. [50:1; 100:1; 150:1]*

En cuanto al consumo de sustratos, dextrosa y nitrógeno se muestran en la Fig.2. y Fig.3, respectivamente. Donde se observa un comportamiento similar en los tres experimentos.



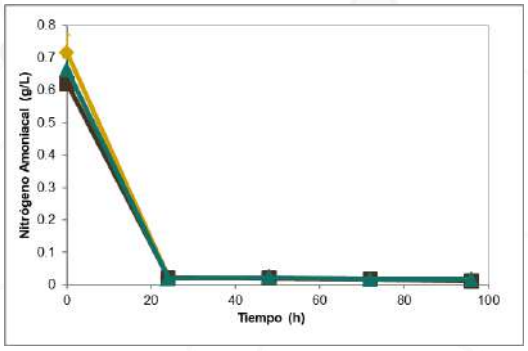


Figura 2. *Azúcares reductores. [50:1; 100:1; 150:1]*
Figura 3. *Nitrógeno amoniacal consumido. [50:1; 100:1; 150:1]*

Ensayo	μ h-1	tdh	Yxs	Ypx
50:1	0.0534 ± 0.0038	3.6247 ± 0.0721	0.2818 ± 0.0034	1.8282
100:1	0.0162 ± 0.0015	4.8185 ± 0.0959	0.6026 ± 0.2336	49.9873
150:1	0.0096 ± 0.0009	5.3331 ± 0.0948	0.2449 ± 0.1727	111.4316

Tabla 1. *Parámetros cinéticos.*

Los parámetros cinéticos y la productividad de bikaverina se muestran en la tabla 1. Se puede apreciar que la que obtuvo mayor productividad de bikaverina fue la de 150:1 mientras que la que tuvo mayor rendimiento fue la de 100:1.

CONCLUSIONES. Con los resultados presentados se demuestra que la relación carbono/nitrógeno con mayor productividad de bikaverina fue la de 150:1 mientras que la relación 100:1 tuvo un mayor rendimiento biomasa/sustrato. Por lo tanto la cantidad de biomasa obtenida no es el único factor decisivo para obtener una mayor productividad de bikaverina, ya que también dependen de las condiciones de fermentación con las que se llevan a cabo además de otros factores metabólicos, sin embargo hay que realizar más experimentos a estas mismas condiciones.

REFERENCIAS.

1.L. Appleyard, V. C., E. Unkles, S., & R. Kinghorn, J. (1995). Secondary metabolite production in filamentous fungi displayed. Mol Gen Genet, 247, 338–342.
2. Giordano, W., Avalos, J., Cerdá Olmedo, E., & E. Domenech, C. (1999). Nitrogen availability and production of bikaverin and gibberellins in Gibberella fujikuroi. FEMS Microbiology Letters, 173, 389–393.
3. Cuali Álvarez, I., Pavón Romero, S. H., & Colín Cruz, A. (011). Producción de ácido giberélico a partir de Gibberella fujikuroi utilizando lodo residual municipa como sustrato. Universitas Scientiarum, 16(1), 51-62
4. Rodríguez Ortiz, R., Mehta, B. J., Avalos, J., & Limón, M. C. (2010). Stimulation of bikaverin production by sucrose and by salt starvation in Fusarium fujikuroi. Applied Microbiology and Biotechnology, 85(6), 1991–2000.
5. Bashyal, B. M., Yadav, J., Gupta, A. K., & Aggarwal, R. (2019). Understanding the secondary metabolite production of Gibberella fujikuroi species complex in genomic era. In Indian Phytopathology, 72(4), 607–617.
6. Borrow, A., Brown, S., Jefferys, E. G., J. Kessell, R. H., Lloyd, E. C., Rothwell, A., Rothwell, B., & Swait, J. C. (1964b). The kinetics of metabolism of Gibberella fujikuroi in stirred culture. Canadian Journal of Microbiology, 10, 407–444.
7. Galindo, E., Peña, C., & Serrano Carreón, L. (2011). Domesticar microorganismos en un biorreactor: los retos del bioingeniero. Biotecnología, 14, 131–143.
8. Kjaer, D., Kjaer, A., Pedersen, C., Bu'lock, J. D., & Smith, J. R. (1971). Bikaverin and Norbikaverin, Benzoxanthentrione Pigments of Gibberella fujikuroi. J. Chem. SOC. (C), 2792–2797.
9. Balan, J., Fuska, J., Kuhr, I., & Kuhrov, V. (1969). Bikaverin, an Antibiotic from Gibberella fujikuroi, Effective against Leishmania brasiliensis. 15, 480–484.
10. Chávez Parga, Ma. del C., González Ortega, O., Sánchez Cornejo, G., Negrete Rodríguez, Ma. de L. L. X., González Alatorre, G., & Escamilla Silva, E. M. (2005). Mathematical description of bikaverin production in a fluidized bed bioreactor. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 21(5), 683–688.
11. Jones, A., & P. Pharis, R. (1987). Production of Gibberellins and Bikaverin by Cells of Gibberella fujikuroi Immobilized in Carrageenan. J. Ferment. Technol, 65(6), 717-722.
12. Solórzano, L. (1969). Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 12, 799–801.
13. Miller Lorenz, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry, 31(3), 426–428.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324127

DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA VACA CRIOLLA (*BOS TAURUS*) EN DOS POBLACIONES DE TRASPATIO EN MICHOACÁN

Alfonso Camacho Garcia[1], Mauricio Perea Peña[1], Jesús Llanderal Mendoza[2], Selene Ramos Ortiz[3]

Palabras Clave: COI, vacas criollas, impacto antropogénico.

RESUMEN. El ganado bovino es uno de los más importantes en México tanto por su producción de carne y leche al igual que para la alimentación. Hoy en día la erosión genética es mayor por la introducción de nuevas especies de bovino exóticas, capaces de producir mayor cantidad tanto de leche como de carne (Delgado et al., 2019), lo cual puede ser una problemática a largo plazo en el desplazamiento y pérdida de razas bovinas criollas (Bos taurus) perdiendo el interés de poder seguir reproduciendo estas razas y optar por mejorar sus variedades con cruzas de sementales sobresalientes (FAO 2007). El gen citocromo oxidasa I (COI) permite identificar polimorfismos entre especies y determinar la diversidad genética e identidad de estas. El objetivo de nuestro trabajo fue determinar la diversidad genética de dos poblaciones de vacas criollas (B.taurus) en Michoacán. Con respecto a la metodología se realizaron dos muestreos (poblaciones) dentro de la región Cuitzeo, Mich., en la comunidad del Carrizal y la Posta zootecnia, UMSNH, Tarímbaro, Mich. Posteriormente, se estandarizó el protocolo de extracción de ADN basado en el método fenol-cloroformo, enseguida se estandarizó y amplificó el gen COI (Folmer et al., 1994) mediante la PCR (reacción en cadena de la polimerasa); en un gradiente de 40- 60°C, después se secuenciaron los individuos. A partir de los resultados mediante análisis genéticos se infirió un árbol de distancias por el método UPGMA y la diversidad genética entre las poblaciones, Fig. 3. Finalmente, la diferenciación genética encontrada indicó que el flujo genético existente es bajo para mantener la variación entre y dentro de las poblaciones, debido posiblemente al intercambio de flujo génico principalmente por el impacto antropogénico y por la presión ambiental en las zonas donde se encuentra la vaca criolla (B. taurus).

INTRODUCCIÓN. Hace aproximadamente 12,000 a 14,000 años durante la revolución agrícola del neolítico se comienzan a domesticar las principales especies ganaderas y de cultivo que ha contribuido a la mejora de técnicas y desarrollo de la civilización humana (Zhang et al., 2020). Estas especies son denominadas criollas, pues son animales que provienen de otro país, introducidos por Gregorio de Villalobos según (Martinez, 2020), y en base a esta idea, son animales que descienden de animales traídos de la península ibérica y que especialmente no pueden ser clasificados dentro de una raza (Delgado et al., 2023). Hasta que a finales del siglo XIX comenzaron a llegar nuevas razas especializadas para carne y leche (INIFAP, 2023), provocando la erosión que ha habido a través del paso del tiempo gracias a la introducción de estas nuevas especies y razas seleccionadas por el interés que tiene las personas por ejemplo por una raza que produzca más leche o sea doble propósito “leche/carne” (Pereira, 2018). Tomando en cuenta estudios genéticos también podemos estudiar la diversidad genética partir de los estudios concluidos donde se utilizaron polimorfismos proteicos como los primeros estudios genéticos en ser usados que daban paso a analizar la variabilidad genética, documentación y la

caracterización de los grupos sanguíneos y los sistemas de aloenzimas (Roma, 2010). Las herramientas más utilizadas son los marcadores moleculares para el estudio y análisis filogenéticos y de diversidad genética dada por la diferencia de la secuencia de su ADN genómico, y que estas variaciones están dadas por las mutaciones "inserciones o deleciones, duplicación o sustitución" que puede sufrir uno o más nucleótidos de tal manera que estas variaciones pueden ser medidas con una especie de etiquetas como el gen COI. (Nigman et al., 2003). Dicho gen ha sido catalogado como una etiqueta molecular, dichos estudios sugieren que un segmento universal de 648 pb de la región del gen mitocondrial COI citocromo c oxidasa I sirve como un código de barras para para identificar especies animales (Daza, 2018). Algunas secuencias se encuentran en el mtADN que es un ADN especial por presentar una herencia materna y con una alta tasa de mutación lo que permite reconstruir relaciones evolutivas de una especie o entre especie y la hibridación entre especies o subespecies de ganado, también por su falta de recombinación (Wang et al., 2013). Todo esto hace una herramienta muy favorable para estudios que brindan más detalles sobre el origen de la domesticación, incluido el momento de origen, el número de fundadores y la región geográfica aproximada. (Nigman et al., 2003; Wang et al., 2013).

ANTECEDENTES. Es de interés conocer sobre las herramientas moleculares por las cuales se han desarrollado los análisis que dan paso a entender mejor la historia del bovino y algunas otras cuestiones a considerar como sus amenazas; anteriormente se realizaban técnicas de identificación un poco tradicionales, tamizajes y aplicación de PCR para la lectura de los productos, como lo fue caso de la brucelosis (Ojeda & Román. 2018). Mientras pasaba el tiempo se han desarrollado técnicas mejoradas y programas más sofisticados para realizar dichas identificaciones más exactas gracias a segmentos cortos de ADN mitocondrial que es capaz de funcionar como una etiqueta de identificación como lo es el gen COI pues este se encuentra en el ADN mitocondrial y como hemos visto, es un buen candidato por la alta tasa de evolución a nivel de secuencias de nucleótidos, su prácticamente nula recombinación, gran variación intraespecífica, y más importante, su herencia estrictamente materna (Quintero & Navarro, 2012). Análisis empleando el gen COI no se han realizado directamente en bovinos sin embargo podemos confirmar su utilidad gracias a su universalidad y que lo han utilizado para identificar especies en diferentes animales como Joyce y colaboradores que utilizó este gen para un análisis filogenético y analizar su similaridad entre estos grupos seleccionados como especies de los grupos ovino, bovino y peces y su identificación a partir de una diferenciación entre especies por un enfoque especialmente al mtADN donde se encuentra el gen COI 1 y que tiene solo herencia materna y se pueden emplear para realizar análisis en cuestiones filogenéticas y taxonómicas (Joyce, et al., 2013).

OBJETIVO. Determinar la diversidad genética de dos poblaciones de vacas criollas *(B.taurus)* en Michoacán. Estandarizar y optimizar protocolo de extracción de ADN genómicos de la vaca criolla *(Bos taurus).* Analizar y comparar la diversidad genética inter e intra poblacional de la vaca criolla *(Bos taurus).*

MATERIALES Y MÉTODOS. Durante la recolección de material biológico, se realizó un muestreo por conglomerados en las localidades de Cuitzeo y ejemplares del sector de la posta veterinaria Tarímbaro, ubicados en Michoacán con un total de 20 individuos. Se obtuvo sangre periférica mediante punción de la vena cubital cutánea, extrayendo un máximo de 1 ml por muestra. El aislamiento de ADN se estandarizó basado en el protocolo Doyle-Doyle (1987), los cambios se

representan en la Figura 1. Las muestras se cuantificaron y diluyeron para la reacción de amplificación. La amplificación del gen COI se realizó mediante la técnica de PCR, todas las amplificaciones se secuenciaron por el método de Sanger y Coulson (1975). Los análisis se llevaron a cabo en los programas Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) 11.0.13, DnaSP v6 y TCS.

Protocolo estandarizado para extracción de ADN en *Bos Taurus*	
Volumen de muestra	100ul
Buffer lisis (Tris 100mM, pH 8, Nacl 1.4M, EDTA 20mM pH 8, Ctab 2%	180ul
Proteinasa K	10ul
Incubación	60°C, 90 min
Fenol cloroformo isoamilico	500ul
Tiempo de centrifugación	30 min, 13,000rpm, 4°C
Volumen de sobrenadante	100ul
Isopropanol	100ul
Tiempo de reposo	10 min, 4°C
Tiempo de centrifigación	15min, 13,000rpm
Eliminación de sobrenandante	
Etanol 70%	100ul
Centrifugación	5 min, 13,000rpm
Eliminacion de sobrenadante	
Secado de pastilla	15 min
Suspension de pastilla	25ul agua pisa

Figura 1. *Representación de las cantidades utilizadas en el protocolo de extracción de ADN para B. Taurus*

RESULTADOS

Población	**Num. de secuencias**	**s**	**H**	**HD**	**Pi**
Cuitzeo	10	7	5	0.66667	0.00408
Tarímbaro	10	2	3	0.37778	0.00095
Datos totales	20	9	7	0.52105	0.00258

Figura 2. *Valores de diferenciación genética y sitios polimórficos s: número de sitios segregados; H: núm. de aplotipos; HD: diversidad media haplotípica; Pi: diversidad de nucleótidos; PiT: diversidad nucleotídica total.*

Población 1	**Población 2**	**Gst**	**Nst**	**Fst**
Cuitzeo	Tarímbaro	-0.00213	0.04046	0.04040

Figura 3: Distancia genética de las 2 poblaciones estudiadas Gst: coeficiente de diferenciación genética; Nst: diferenciación genética (frecuencia haplotípica); Fst: índice de fijación.

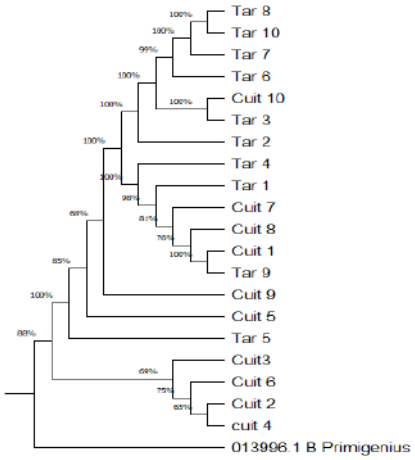


Figura 4. *Representación de la relación evolutiva inferida mediante el método UPGMA, dichas distancias se calcularon mediante el método de máxima verosimilitud compuesta.*

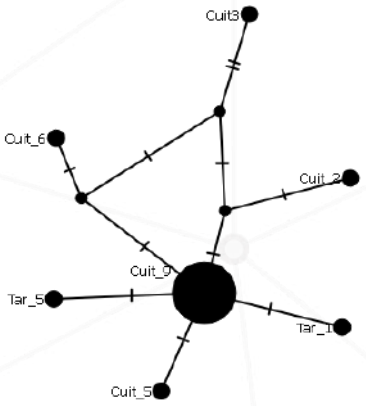


Figura 5: *Red haplotipíca en la cual se representan los 7 Haplotipos existente entre las poblaciones. Dicho diagrama fue realizado con el programa popart mediante los datos de DNASP y MEGA X*

CONCLUSIONES. Como conclusión se logró observar mediante los análisis realizados que la diferenciación genética encontrada indicó que el flujo genético existente es bajo para mantener la variación entre y dentro de las poblaciones, debido posiblemente al intercambio de flujo génico principalmente por el impacto antropogénico y por la presión ambiental en las zonas donde se encuentra la vaca criolla (B. taurus).

REFERENCIAS.

1. Daza. L.A. (2018) Uso del gen citocromo oxidasa I (COI) y código de barras de genética y biología molecular para la identificación de especies animales. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. Fusagasugá.
2. De Oliveira, J. A., CRISPIM, B. D. A., Martins, N. M., da Silva, A. O., Dourado, P. L. R., da Rocha, M. P., & Grisolia, A. B. (2013). Secuencias del gen mitocondrial para identificación de especies de animales. Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA, 5(2), 396-407.
3. Delgado. A, García. C, Allcahuaman. D, Aguilar Cesar. Estrada, P, Vega. H. (2019). Caracterización fenotípica del ganado criollo en el Parque Nacional Huascarán Ancash, Perú. SciELO. Revistas de investigación veterinaria de Perú. Vol. 30. No. 3.
4. FAO (2007). La erosión genética: la ganadería industrial como una amenaza. Producción animal argentina.
5. Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz & R. Vrijenjoek. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marinebiology and biotechnology. 3(5): 294-299.
6. INIFAP (2023). Ganado criollo mexicano, una raza noble y resistente. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Gob MX.
7. Martínez Aguilar, E. (2020). Reseña del Origen y Desaparición de los Bovinos Criollos en El Salvador, el Primer Paso para una Posible Reintroducción. Revista Agrociencia, 3(16), 118–129. https://doi.org/10.5281/zenodo.10840488
8. Nijman. I.J, Otsen. M, Verkaar. E.L, de Ruijter. C, Hanekamp. E, Ochieng. J.W, Shamshad. S, Rege. J.E, Hanotte. O, Barwegen. M.W, Sulawati. T, Lenstra. J.A. (2003). Hybridization of banteng (Bos javanicus) and zebu (Bos indicus) revealed by mitochondrial DNA, satellite DNA, AFLP and microsatellites. Heredity (Edinb). Jan;90(1):10-6. doi: 10.1038/sj.hdy.6800174. PMID: 12522420.

9. Gutiérrez, O., Cárdenas, R. (2018). Identificación molecular de Brucellaspp. en muestras de sangre de ganado bovino de la provincia de Zamora Chinchipe. Centro de Biotecnología, 7, 11-16.
10. Pereira. J.A. (2018). Conservación de ganado bovino criollo en Santa Cruz, Bolivia. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Bolivia. Disponible en: https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2624/1102
11. Quintero. L , Navarro. J.C. (2012). Filogenia intraespecífica y variabilidad genética de Culex quinquefasciatus Say (Diptera: Culicidae) con los genes mitocondriales ND5 y COI. Bol Mal Salud Amb v.52 n.1 Maracay 2012. disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482012000100005
12. Roma (2010). La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. ISBN 978-92-5-305762-7.
13. Tamura, K., Filipski, A., Biling-Ross, P., Murillo, O., Kumar, S. 2015. Phylogenetic placement of metagenomic reads using the mínimum evolution principle. BMC Genomics 16 1-9.
14. Wang. G.D, Xie. Y.B, Peng. M.S, Irwin. D, Zhang. Y.P. (2013). Domestication Genomics: Evidence from Animals.. Laboratorio Estatal Clave de Recursos Genéticos y Evolución y Laboratorio de Biología Molecular de Animales Domésticos de Yunnan, Instituto de Zoología de Kunming, Academia China de Ciencias.
15. Zhang. K, Lenstra. J.A, Zhang. S, Liu. W, Liu. J. (2020). Evolución y domesticación de la especie bovino. Genética animal. Vol. 51. (5). pp. 637-657.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324128

EFECTO DE LOS NANOTUBOS DE CARBONO DE PAREDES MÚLTIPLES Y FERRITAS DOPADAS CON MANGANESO Y ZINC EN EL DESARROLLO DE *Capsicum annuum*

Brittanny Dayan Estrada-López Javier Villegas, Gladys Juárez-Cisneros. D.K Tiwari

Palabras Clave: ferritas; manganeso; zinc; CNT, nanopartículas; desarrollo vegetal.

RESUMEN. La nanotecnología representa una alternativa prometedora en la búsqueda de prácticas que se centran en el desarrollo de estrategias innovadoras que mejoren el crecimiento de las plantas de uso agrícola y forestal. El interés por el uso de las nanopartículas (NPs) en cultivos vegetales ha llevado a la obtención de nuevas NPs que buscan favorecer la germinación así como de promover el crecimiento. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de nanotubos de carbono (NTC) y ferritas dopadas con zinc ($ZnFe_2O_4$) y zinc-manganeso (Mn-$ZnFe_2O_4$) en el desarrollo de Capsiumm annuum. Se evaluaron los efectos de los nanomateriales sobre la germinación y etapas de desarrollo temprano en plántulas de C.annuum. Para ello se realizaron bioensayos dosis-respuesta en sus semillas, las cuales fueron cebadas en soluciones a concentraciones diferentes durante 24 horas, para después ser sembradas en medio agua-agar. Los resultados obtenidos mostraron que con la adición de ferritas dopadas con manganeso, y zinc, en concentraciones de 5-20 µg/mL, estimulan la velocidad de germinación, alcanzando un 40% de germinación en los tratamientos a partir del día 5 después de la siembra. Su crecimiento se ve incrementado frente al control a los 60 días de la siembra, mientras que únicamente con 2 y 20 µg/mL de Mn-$ZnFe_2O_4$ se estimuló el área foliar de la planta, y con la adición de $ZnFe_2O_4$ se redujo el área foliar pero al mismo tiempo esta nanopartícula estimula el desarrollo de la arquitectura radical. Nuestros hallazgos muestran que tanto las NPs metálicas como los NTC estimularon la germinación temprana de C.annuum. El Mn-$ZnFe_2O_4$ y $ZnFe_2O_4$ estimularon fuertemente el desarrollo de la planta, posiblemente atribuido a sus propiedades supermágneticas, sin embargo, el estudio de estas propiedades ha sido aún poco explorado.

INTRODUCCIÓN. La nanotecnología surge como una de las tecnologías más prometedoras del siglo XXI. De acuerdo con la composición química, las NPs se han clasificado principalmente en cuatro categorías[17]: i) Nanopartículas de carbono, como los nanotubos de carbono (NTC), [19]. ii) Nanomateriales de base inorgánica, como metales y óxidos metálicos [20]–[22]. iii) Nanomateriales de base orgánica de gran importancia en áreas como la biología y la biomédica. El concepto de Nanoagricultura surgió en la última década, debido a los efectos potenciales documentados de las nanopartículas en la promoción del crecimiento de diversas especies vegetales [25], [26]. El estudio de estas estrategias innovadoras son de interés agrícola y forestal principalmente, para ello, se explora la generación de sistemas de monitoreo de la calidad nutricional del suelo-planta y elaboración de nanofertilizantes para mejorar el desarrollo vegetal [27]–[29]; reducir los efectos negativos causados por el estrés ambiental así como los efectos perniciosos ocasionados por plagas y enfermedades, esto último mediante la elaboración de nanopesticidas [30], [31]. Por ello, el enorme interés por el uso de nanopartículas en cultivos vegetales ha llevado a la obtención de nuevas nanopartículas con propiedades físico-químicas

únicas que les confieren múltiples usos. Esto último, pone a la nanobiotecnología como una alternativa prometedora para reducir el uso de insumos químicos, y en consecuencia una disminución en la contaminación de suelos y agua que tanto impactan en el deterioro de los recursos naturales.Se han documentado que los efectos de las NPs orgánicos o metálicas en los sistemas vegetales son dependientes del tamaño de la NPs (una nanopartícula mide entre 1-100 nm), y de sus propiedades fisicoquímicas, ya que juegan un papel fundamental para la absorción, distribución y translocación de los nanomateriales a través de las barreras fisiológicas. Por otro lado, la composición de la superficie o las cargas de las NPs pueden afectar el grado de dispersión de las NPs en solución, la adhesión, acumulación o transporte de las mismas[38],[39].

ANTECEDENTES. Los efectos documentados en plantas también son dependiente de la solubilidad, la concentración de nanopartículas suplementadas y las características del modelo biológico utilizado. El manganeso (Mn) es un elemento esencial en plantas que actúa como cofactor de numerosas enzimas involucradas en la fotosíntesis, la respiración, el metabolismo del nitrógeno y la tolerancia a patógenos[57], [58]. Por ejemplo, se evaluaron NPs de óxido de manganeso (III) en plantas de C.annuum L. sometidas a estrés salino. Los resultados mostraron la penetración de NPs de manganeso a través de la cubierta de la semilla y la formación del complejo corona de NPs, y causaron cambios en la composición e interacciones moleculares entre biomoléculas clave implicadas en la respuesta del estrés salino de las plantas[59]. Otro metal de gran importancia en el desarrollo de las plantas es el zinc, por ejemplo Venkatachalam et al., (2017) reportaron la aplicación de NPs de óxido de zinc portadoras de ligandos de fitomoléculas en algodón (Gossypium hirsutum L.) en un rango de concentraciones de 25-200 mg L-l en el que se registró un incremento en el crecimiento y biomasa total.

OBJETIVO. Evaluar los efectos de nanopartículas metálicas y nanotubos de carbono sobre la germinación y etapas de desarrollo temprano en plántulas de C.annuum.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Nanopartículas: MWCNTs y ferritas dopadas con zinc y zinc-manganeso, el tamaño medio de las Nps fue de $ZnFe_2O_4$ de 49.15 nm y las ferritas de Mn-Zn-Fe_2O_4 de 30.44 nm, con propiedades descritas por Tiwari et al., (2017).
Cultivo de Cápsicum annuum: Las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 20% (v/v) 7 min., luego con etanol durante cinco minutos. Posteriormente se realizaron lavados con agua destilada estéril y se mantuvieron durante 48 h en vernalización a 4ºC. Enseguida, las semillas fueron cebadas con soluciones de 0, 5, 10 y 20 (µg/mL) de nanopartículas de Mn-Zn-Fe2O4, ZnFe2O4 o CNT durante 24 h. Luego, las semillas se sembraron en medio agua con una composición de agar bacteriológico de 10,0 g/L en cajas Petri, se colocaron en una incubadora a 22-24ºC en condiciones de oscuridad. Se evaluó la germinación de las semillas durante veinte días después de la siembra. Posteriormente, las plántulas de 20 días de edad se trasplantaron a recipientes de polipropileno con sustrato de peat moss (PREMIER®)-agrolite (1:2) previamente esterilizados. Las plántulas se colocaron en fitotrón y riego a 24º C, se suplementaron con una solución nutritiva donde se suprimió la fuente de zinc o manganeso en las plántulas que se suplementadas con NPs de zinc o manganeso respectivamente. Manteniendo la capacidad de campo, mientras se añadía una solución mineral a las plántulas testigo con todos los elementos. Se registró la supervivencia y las variables respuesta; porcentaje y la velocidad de germinación, arquitectura radical y follaje de plántulas a los 60 y 120 días después de la siembra. Las variables de la arquitectura de la raíz también se registraron utilizando un sistema WhinRhizo.

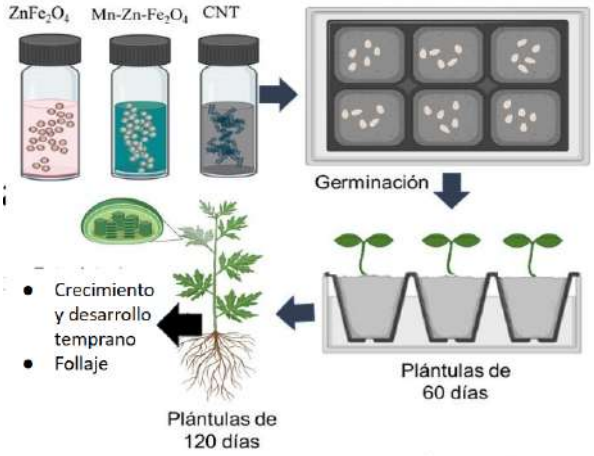


Figura 1. *Diagrama general*

RESULTADOS. El impacto de los nanomateriales en la germinación de semilla de *C.annuum* se muestra en la Fig.2 a-b. Los resultados obtenidos mostraron que con la adición de ferritas dopadas con manganeso se estimuló la velocidad de germinación, donde alcanzó un 40% de germinación en los tratamientos con 2, 5 y 20 µg/mL a partir del día 5 después de la siembra, comparado con un 10% de las semillas testigo. Mientras que en todos los tratamientos con $Mn\text{-}Zn\text{-}Fe_2O_4$ se logró porcentajes de germinación ≥90% a los 20 días. Con la adición de $ZnFe_2O_4$ se estimuló la germinación de las semillas a partir del día 15 después de la siembra en los tratamientos con 5 y 20 µg/mL en comparación con las semillas testigo. Por otro lado, el CNT estimuló la germinación de semillas en concentraciones de 2, 10 y 20 µg/mL en comparación con las semillas testigo, con 80% 20 días después de la siembra.

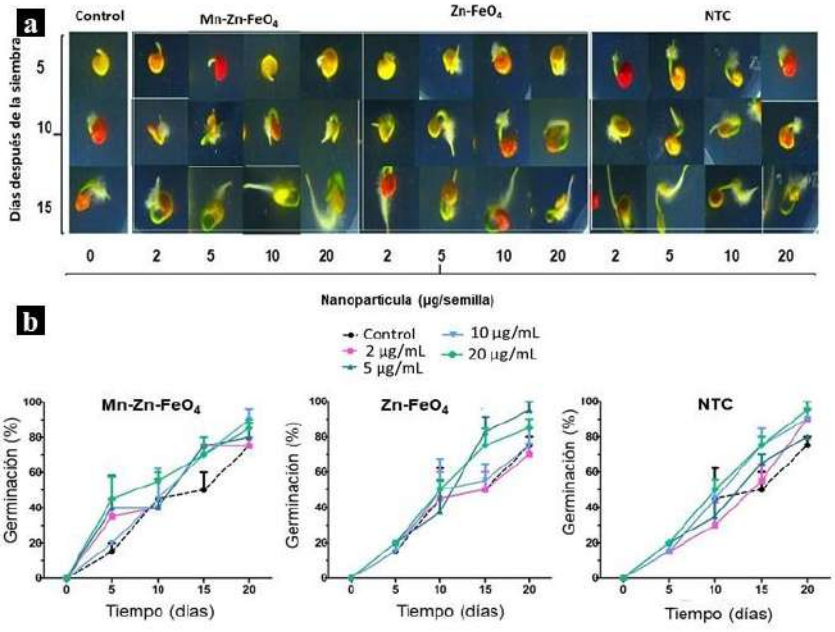


Figura 2. *Efecto de nanotubos de carbono, $Mn\text{-}Zn\text{-}Fe_2O_4$ y $ZnFe_2O_4$ en la germinación de C.annuum, registrado diariamente hasta los 20 días después de la siembra. Las secciones A-C muestran imágenes representativas de semillas obtenidas con un microscopio estereoscopio de 1.0X.*

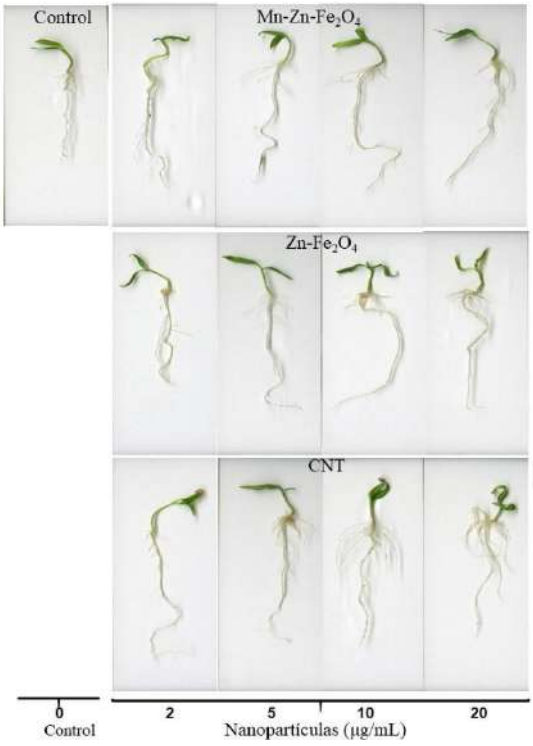


Figura 3. *Efecto de nanotubos de carbono y $ZnFe_2O_4$ y Mn-Zn-Fe_2O_4 sobre el crecimiento de C.annuum 60 días después de la siembra.*

En la Fig.4, se observó que con 2 y 20 µg/mL de Mn-Zn-Fe_2O_4 se estimuló el área foliar de C. annuum, mientras que con 10 y 20 µg/mL de $ZnFe_2O_4$ se observó el efecto contrario, donde se redujo significativamente el área foliar comparado con las plántulas control.

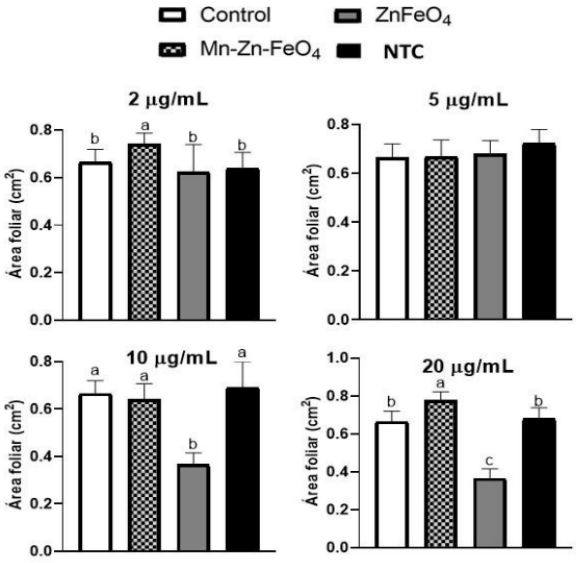


Figura 4. *Área foliar de C.annuum después de 60 días de crecimiento tratada con nanotubos de carbono y $ZnFe_2O_4$ y Mn-Zn-Fe_2O_4 en bioensayos dosis respuesta.*

CONCLUSIONES. El estudio actual se centra en el impacto comparativo de CNT y ferritas dopadas con zinc y zinc-manganeso en el desarrollo de C. annuum, debido a que el estudio de

NPs en cultivos de plantas ha mostrado efectos beneficiosos. Nuestros hallazgos mostraron que tanto las NPs metálicas como las de CNT estimularon la emergencia temprana de C. annuum en diferentes concentraciones. El Mn-ZnFe2O4 y ZnFe2O4 estimularon fuertemente el desarrollo de la planta, posiblemente atribuido a sus propiedades supermágneticas, sin embargo, el estudio de estas propiedades ha sido aún poco explorado.

REFERENCIAS.

1. Zaytseva O. Differential Impact of Multi-Walled Carbon Nanotubes on Germination and Seedling Development of Glycine Max , Phaseolus Vulgaris. Eur Chem Bull. 2016;5(5):202–10.
2. Tiwari DK, Dasgupta-Schubert N, Villaseñor Cendejas LM, Villegas J, Carreto Montoya L, Borjas García SE. Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (Zea mays) and implications for nanoagriculture. Appl Nanosci. 2014;4(5):577–91.
3. Lahiani MH, Dervishi E, Chen J, Nima Z, Gaume A, Biris AS, et al. Impact of carbon nanotube exposure to seeds of valuable crops. ACS Appl Mater Interfaces. 2013;5(16):7965–73.
4. Joshi A, Kaur S, Singh P, Dharamvir K, Nayyar H, Verma G. Tracking multi-walled carbon nanotubes inside oat (Avena sativa L.) plants and assessing their effect on growth, yield, and mammalian (human) cell viability. Appl Nanosci. 2018;0(0):0.
microbial community. Small. 2013;9(1):115–23.
17. Liu H, He J, Tang J, Liu H, Pang P, Cao D, et al. Translocation of single-stranded DNA through single-walled carbon nanotubes. Science (80-). 2010;327(5961):64–7.
18. Park YH, Bae HC, Jang Y, Jeong SH, Lee HN, Ryu WI, et al. Effect of the size and surface charge of silica nanoparticles on cutaneous toxicity. Mol Cell Toxicol. 2013;9(1):67–74.
19. Zhu M, Nie G, Meng H, Xia T, Nel A, Zhao Y. Physicochemical properties determine nanomaterial cellular uptake, transport, and fate. Acc Chem Res. 2013;46(3):622–31.
20. Lin PC, Lin S, Wang PC, Sridhar R. Techniques for physicochemical characterization of nanomaterials. Biotechnol Adv [Internet]. 2014;32(4):711–26. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.006
21. Albanese A, Tang PS, Chan WCW. The effect of nanoparticle size, shape, and surface chemistry on biological systems. Annu Rev Biomed Eng. 2012;14:1–16.
22. Li X, Cai W, Liu Y, Li H, Fu L, Liu Z, et al. Differential TOR activation and cell proliferation in Arabidopsis root and shoot apexes. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Mar;114(10):2765–70.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324130

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MUCÍLAGO DE LA CACTÁCEA OFI, POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Lluvia Elizabeth Sandoval Rojas, Iris Sandoval Rojas, José Apolinar Cortés
1Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán; lluviaelizabethsandova@gmail.com
2División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química; 1731184a@umich.mx
3División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química; jose.apolinar@umich.mx

Palabras Clave: Mucílago, métodos físicos y químicos, rendimientos, extracción, nopal.

RESUMEN. El residuo de la cactácea Opuntia Ficus-Indica (OFI), contiene un heteropolisacárido conocido comúnmente como mucílago, el cual cuenta con una alta gama variedad de aplicaciones, una de ellas es para el proceso de floculación y coagulación en el tratamiento de aguas residuales; sin embargo la extracción de mucílago es un proceso complejo debido a la serie de operaciones unitarias que se deben realizar, por lo cual se obtiene un bajo rendimiento del mucílago al extraerlo, es por eso que se ha establecido como objetivo, evaluar los rendimientos del mucílago en base a las combinaciones de los métodos físicos y químicos para una mayor extracción del mucílago de la cactácea. Los métodos que se evaluaron fueron los siguientes: los métodos físicos como la centrifugación al igual que la filtración con bomba de vacío, como método químico se aplicó la precipitación con etanol. Los resultados mostraron que la extracción del mucílago mediante el método de centrifugación aplicando una relación 4:1 de alcohol muestra un rendimiento del 1.665 %. El rendimiento obtenido con el método de filtración por bomba de vacío con una relación 4:1 fue del 1.377 %, mientras que el rendimiento para la prueba de filtración por bomba de vacío y centrifugación con una relación de 2:1 fue del 1.25 %, por último, el rendimiento de centrifugación y filtración por bomba de vacío, con relación de alcohol 2:1, se obtuvo 0.2807 %. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que el método de extracción impacta sobre la eficiencia de extracción, en donde se observa que el mejor método es la centrifugación con adición de alcohol a una relación de 4:1.

INTRODUCCIÓN. El biopolímero de nopal (Opuntia ficus-indica) proviene de una especie vegetal de bajo requerimiento hídrico que se desarrolla en zonas áridas o semiáridas, perteneciente a la familia Cactácea y se distribuye en las diferentes partes de la planta, en los cladodios y en las frutas (cáscara y pulpa) (Nauto, 2017). Las pencas de nopal excretan una sustancia “viscosa” llamada mucílago (heteropolisacárido), este es uno de los componentes más importantes ya que forma parte de la fibra dietética (Rodríguez-González, et al., s.f). Actualmente, uno de los desafíos es la búsqueda continua de formas sostenibles y efectivas para mejorar el rendimiento del mucílago de nopal, lo que ha llevado a efectuar nuevas alternativas utilizando diferentes técnicas para la extracción del mucílago y con ello evaluar y concluir si impactan sobre la eficiencia al extraer el mucílago. Los rendimientos reportados en diferentes literaturas son variables, se le puede atribuir a las diferentes condiciones que existen para su extracción, como la relación de agua, etanol u otro precipitador, así como la temperatura, entre otras. En consecuencia, en este estudio se buscó evaluar diferentes métodos físicos y químicos de extracción del mucílago de nopal. Además, se empleó un sistema de secado del mucílago a temperatura ambiente.

ANTECEDENTES. De acuerdo con Rodríguez-González (et al., s.f). en su investigación sobre la "Optimización De La Extracción Del Mucílago De Nopal (Opuntia Ficus-Indica)", utilizaron una metodología estableciendo varias relaciones como: 1) la relación nopal/agua: 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4 (w/v), 2) la relación de mezcla en solución de mucílago/etanol: 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4 (v/v), 3) el tiempo de calentamiento: 1h, 2h, 3h y 4h, a 80±2°C. y 4). El método para la extracción de mucílago donde el proceso fue: limpieza inicial del nopal, pelado y eliminado de espinas, cortado en cuadros de 2 cm, para posteriormente ser molido con agua 1:2 (w/v), y calentado a 80±2ºC/1 h, centrifugación a 3500 rpm por 20 min, el sobrenadante se concentró a baño maría por 150 min, y finalmente se precipitó con etanol al 96% en una relación 1:4 (v/v), se deshidrató y se molió. Lo cual dio resultado la optimización de la extracción de mucílago de nopal obteniendo un rendimiento máximo de 0.5-0.6%. (Rodríguez-González, et al., s.f). Por otra parte en el trabajo "Efecto Del Método De Extracción En Las Características Químicas Y Físicas Del Mucílago Del Nopal (Opuntia Ficus-Indica) Y Estudio De Su Aplicación Como Recubrimiento Comestible", el objetivo fue optimizar el método de extracción del mucílago del nopal (Opuntia ficus indica) y estudiar su potencial utilización como formador de recubrimientos comestibles, Resaltando que el procedimiento que incluye el escaldado de la penca pelada y molida fue el que dio un producto con mejores características para su uso como recubrimiento, por presentar mayor poder espesante (mayor peso molecular promedio), por ser su solubilidad menos sensible al pH y presentar mejor color. (Abraján Villaseñor, 2008). Sin embargo, el método utilizado para la extracción del mucílago del nopal afecta las características químicas y físicas del producto obtenido. El proceso con cocción da lugar a un producto con mayor cantidad de polifenoles totales, mayor actividad antioxidante, menor pectina total y menor relación pectina hidrosoluble: pectina no extractable. (Abraján Villaseñor, 2008).

OBJETIVO. Evaluar los rendimientos del mucílago en base a las combinaciones de los métodos físicos y químicos para una mayor extracción del mucílago del nopal.

OBJETIVOS PARTICULARES. Conocer como las diferentes combinaciones de los métodos físicos y químicos influyen en la eficiencia para la extracción del mucílago. Realizar diferentes pruebas para poder evaluar el rendimiento en base a las combinaciones de los diferentes métodos físicos y químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron cladodios de la cactácea *(Opuntia ficus-indica)*. Los cladodios se conservaron a 4-5 °C hasta su utilización para la extracción del mucílago. Para la extracción del mucílago se utilizó el equipo de la centrifuga, así como la bomba de vacío y etanol al 96 % por último, las muestras secas se envasaron en frascos y se almacenaron.

1. **Métodos**
1. **Obtención del cactácea OFI**

El nopal se obtuvo de la comunidad de El Tejero municipio de Maravatío Michoacán de Ocampo, el cual se almacenó en un refrigerador hasta la utilización de este.

Proceso para la realización de las pruebas. Las pruebas realizadas constaron de combinar los métodos físicos y químicos para la extracción del mucílago, es decir, se hizo una combinación del método físico como es la centrifugación con la filtración con bomba de vacío (Figura 1), así como la variabilidad de la cantidad de etanol a utilizar en cada prueba; las relaciones utilizadas fueron 1:2 y 1:4 (v/v), la relación de agua se mantuvo en todas las pruebas igual, la cual fue de 1:2 (w/v). Los rendimientos fueron calculados y comparados con la literatura ya existente.

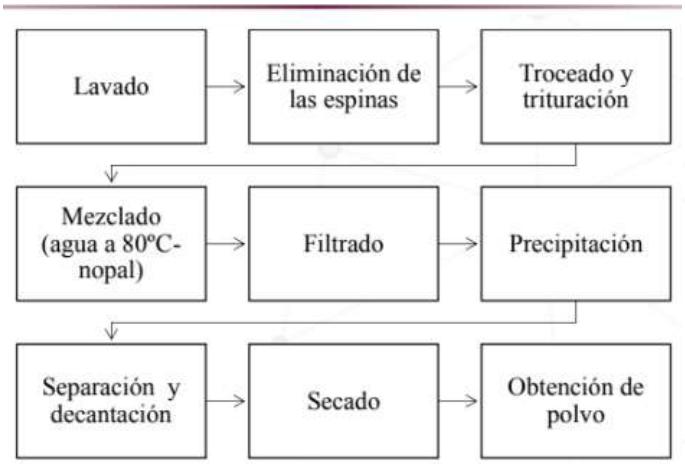
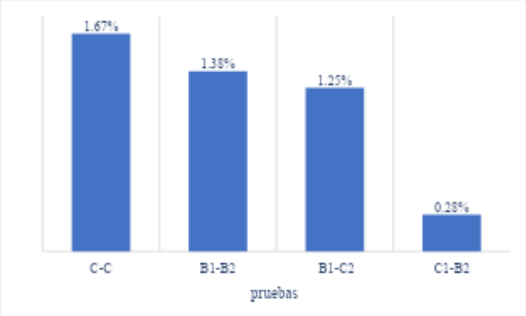


Figura 1. *Proceso general de la extracción de mucílago*

RESULTADOS. Los resultados obtenidos de la extracción del mucilago se muestran a continuación, así como su análisis de estos, el objetivo del proyecto se ha logrado el cual es: Evaluar los rendimientos del mucílago en base a las combinaciones de los métodos físicos y químicos para una mayor extracción del mucílago de la cactácea *(Opuntia Ficus Indica)*. Los resultados para la extracción del mucílago donde se obtuvo su mayor rendimiento fueron: relación de nopal/agua de 1:2 (w/v), una relación de mucílago/etanol de 1:4 (v/v), la otra prueba con buen rendimiento fue el mucílago extraído con filtración con bomba de vacío: relación de nopal/ agua de 1:2 (w/v), una relación de mucílago/etanol de 1:4 (v/v), (Tabla 1 y Figura 1).

	1ra prueba	Duplicado
C1-C2, 4:1 (C=Centrifugación)	1.595 %	1.735 %
B1-B2, 4:1 (B= Filtración con bomba de vacío)	1.4029 %	1.3528 %
B1-C2, 2:1	1.6%	0.900 %
C1-B2, 2:1	0.3255 %	0.2359 %

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 1: *Comparación de los rendimientos obtenidos por los diferentes métodos de extracción de mucílago.*



CONCLUSIONES. La aplicación de los diferentes métodos que se pusieron a prueba ha contribuido a concluir que, de acuerdo con los resultados obtenidos el método de extracción impacta sobre la eficiencia de extracción, en donde se observa que el mejor método es la centrifugación con adición de alcohol a una relación de 4:1 sin embargo, se pueden seguir combinando para obtener un mejor resultado, debido a que no ha sido muy mucha la diferencia con los otros rendimientos obtenidos, como fue el caso de la prueba que se utilizó primero una separación con la filtración bomba de vacío y posteriormente centrifugación, debido que cada uno tiene sus ventajas y ayudan ahorrar ciertos aspectos como es el tiempo o el uso de material.

REFERENCIAS.

1. Abraján Villaseñor , M. A. (2008). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA . Obtenido de TESIS DOCTORAL_ EFECTO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL NOPAL (Opuntia ficus-indica) Y ESTUDIO DE SU APLICACIÓN COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Nauto, N. G. (2017). Tesis para optar al Grado de Magister en Ciencias Agropecuarias. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CHILE, FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151051/Optimizaci%c3%b3n-de-la-extraccion-acuosa-y-secado-del-biopolimero-de-nopal-%28Opuntia-Ficus-Indica%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Rodríguez-González, et al.; (s.f.). OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DE NOPAL (Opuntia ficus-indica) . XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería , 1.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324131

RICINUS COMMUNIS L. (HIGUERILLA) COMO INHIBIDOR ANTIMICROBIANO DE Escherichia coli CAUSANTES DE DIARREAS EN NEONATOS BOVINOS

Valeria Álvarez Martínez, Rafael Díaz Pizano y Rebeca Flores Magallon

Palabras Clave: Higuerilla L, diarrea, patógenos.

RESUMEN. El uso de extractos plantas se ha convertido en fuente de soluciones a problemas de salud pública y animal, dentro de la amplia variedad de plantas con potencial antibacteriano se encuentra Ricinus communis L, es una planta de origen africano, que se ha extendido por distintas partes del mundo. En México, es considerada como planta exótica invasora por su fácil propagación y capacidad de invadir áreas naturales. Por lo que el objetivo fue determinar el efecto antimicrobiano. Para la cual se prepararán extractos con alcohol etanol a diferentes concentraciones (25, 50, 75 y 100%). Para probar el efecto antibacteriano se utilizó la prueba de sensibilidad por difusión en disco. Se emplearon cepas tipificadas Además de los extractos, se incluyeron dos controles en el estudio (positivo y negativo). De los extractos elaborados la de 75 y 100% fueron las que presentaron un mayor efecto antibacteriano frente a las cepas de Escherichia coli. Además de las pruebas de susceptibilidad realizadas revelaron una notable variabilidad en la eficacia de las opciones terapéuticas y convencionales y la emergencia de resistencia a los antibióticos.

INTRODUCCIÓN. La Escherichia coli es una bacteria perjudicial que se encuentra en los intestinos de los seres humanos y los animales de sangre caliente. Es un microrganismo patógeno emergente, aunque muchas de sus cepas son inofensivas, existen algunas que pueden ocasionar cuadros clínicos con enfermedades gastrointestinales graves como infecciones del tracto urinario, gastroenteritis y septicemia (Ugarriza et al., 2013). Este microorganismo se puede clasificar de acuerdo a los síntomas que provocan, se reconocen 6 patotipos y en conjunto se les denomina E. coli diarreogénica (Ríos-Muñiz et al., 2019). También, algunas cepas de E. coli han desarrollado resistencia a múltiples antibióticos, lo que dificulta el tratamiento de las enfermedades infecciosas, por lo que aumenta el riesgo de complicaciones y mortalidad (Hannaoui & Villalobos, 2009). Hoy en día el uso de antimicrobianos es de manera indiscriminada, lo que ha llevado a que se presente la resistencia bacteriana. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) es un fenómeno natural, sin embargo, el proceso se está alterando debido al uso irracional de antimicrobianos. Es urgente atender la situación, una opción viable es encontrar alternativas de origen natural para nuevos tratamientos y detener la resistencia antimicrobiana (González, 2013). La búsqueda de nuevos agentes antibacterianos es de gran importancia para frenar la resistencia bacteriana. De tal manera, las plantas medicinales han sido objeto de un gran interés en los últimos años debido a su potencial como fuente de compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas (Silva & Nogueira, 2021). La Higuerilla (Ricinus communis L.) es de orden Euphorbial perteneciente a la familia de las Euphorbiaceaes, es una planta de origen africano, pero se ha extendido por distintas partes del mundo, también es conocida como ricino, castor, palma cristi, mamona, mamoneira o tártago (Vasco-Leal et al.,

2017). De acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), en México es considerada como planta exótica invasiva, pero también se cultiva para la producción de aceite de ricino. Esta planta se adapta con gran facilidad a una amplia variedad de condiciones climáticas y de suelo, lo que le permite crecer rápidamente y competir con otras plantas. En algunos lugares, la higuerilla es considerada especie invasora y puede repercutir de manera directa en la biodiversidad y en los ecosistemas locales. Brummitt (2002) menciona que en Hawaii la planta de la higuerilla es catalogada como una especie invasora que compite con plantas nativas y logra afectar la fauna local. La semilla de higuerilla actualmente ha tomado relevancia en el área de la investigación, esto derivado de su potencial antibacteriano. Se han encontrado distintos compuestos con propiedades antibacterianas en estas semillas, incluyendo proteínas, péptidos, alcaloides, lectinas y ácidos grasos (García-Herrera et al., 2019). Considerando la información presentada, el objetivo de esta investigación es determinar el efecto antibacteriano del extracto etanólico de la semilla de la higuerilla frente a Escherichia coli para ser utilizado como una alternativa natural y segura para combatir enfermedades infecciosas causadas por este microorganismo.

ANTECEDENTES. La planta Ricinus communis L., también conocida como higuerilla, ha sido utilizada tradicionalmente en diferentes culturas para tratar diversas enfermedades debido a sus propiedades terapéuticas. En el artículo de Surco-Laos et al. 2023 se menciona que la planta contiene compuestos bioactivos como alcaloides, flavonoides, fenoles, esteroides y terpenoides. Además, se elaboraron extractos de las hojas de esta planta, se observó que estos extractos tienen actividad antioxidante significativa en los ensayos realizados, lo que sugiere que los compuestos bioactivos presentes en las semillas de esta planta pueden ser de utilidad como antioxidantes naturales. También, Velázquez et al. 2019 mencionan que en la región de la Sierra Negra de Puebla, Ricinus communis es utilizada para tratar problemas gastrointestinales, inflamaciones, dolores musculares y problemas de piel. También se utiliza como purgante y laxante.

Varios estudios han investigado las propiedades antimicrobianas de la planta. En un estudio realizado por Leite et al., en 2014 se elaboró un dentífrico experimental hecho a base de Ricinus communis y demostró una actividad antimicrobiana in vitro prometedora contra microrganismos patógenos orales comunes (Streptococcus mutans, Lactobacillus acidophilus y Candida albicans). Estos resultados sugieren que los compuestos bioactivos presentes en Ricinus communis podrían ser utilizados para el desarrollo de productos dentales con actividad antimicrobiana, que podrían ayudar a prevenir infecciones orales. También, Al-mamun et al., en 2016 realizaron un estudio donde se describe la evaluación de los extractos de proteínas crudas aislados de las semillas de Ricinus communis para determinar sus propiedades antibacterianas y antiproliferativas. Los resultados mostraron que los extractos tienen actividad antibacteriana contra varias cepas de bacterias patógenas incluyendo E. coli, Pseudomonas aeruginosa y Staphylococcus aureus además de presentar actividad antiproliferativa contra algunas líneas celulares cancerosas. Otra investigación que aborda sobre el tema es la que realizaron Suurbaar et al. en 2017, en la cual se realizó la evaluación de los extractos de hojas de Ricinus communis obtenidos con diferentes solventes para determinar sus propiedades antibacterianas y antifúngicas. Los resultados obtenidos indican que los extractos tienen actividad contra varias cepas de bacterias patógenas y hongos, y que la actividad varía dependiendo del solvente utilizado. Los estudios previos han demostrado la actividad antimicrobiana de extractos de Ricinus communis L. contra una variedad de microorganismos, incluyendo Escherichia coli lo que la convierte en una alternativa natural, con potencial para ser utilizada en tratamientos de enfermedades infecciosas. Por lo tanto, se busca profundizar en la investigación de las

propiedades antibacterianas específicas del extracto etanólico de las semillas de la higuerilla contra esta bacteria en particular.

OBJETIVO. Determinar el efecto antimicrobiano. Para la cual se prepararán extractos con alcohol etanol a diferentes concentraciones (25, 50, 75 y 100%).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Ubicación del estudio. La presente investigación se realizó en el municipio de Jiquilpan, Michoacán. Ubicado al noroeste del estado, colinda al norte con Sahuayo y Cojumatlan, al sur con Cotija, al este con Villamar y al oeste con Marcos Castellanos y el estado de Jalisco. Ubicado en las coordenas 19°59' de latitud norte y 102°43' de longitud oeste a 1550 metros sobre el nivel del mar.

Análisis microbiológicos. Para la identificación de microorganismos, las muestras de leche se cultivaron en agar gelosa sangre al 5% y en agar Eosina Azul de Metileno (EMB), que se utiliza para la identificación de microorganismos Gram negativos especialmente enterobacterias (Granados y Villaverde, 2001). Cumplidas 24 h de incubación, se procedió a hacer la lectura y solo cuando no hubo crecimiento bacteriano, las muestras se reincubaron y leyeron a las 48 h.

Los microorganismos que crecieron en agar EMB fueron sometidos a pruebas bioquímicas que permitieron identificarlas como Escherichia coli, Klebsiella y Enterobacter y las no lactofermentativas Salmonella y Shigella. Se utilizó el agar triple azúcar hierro TSI para detectar la fermentación de glucosa, sacarosa y lactosa. La producción de H2 por liberación de azufre determina la presencia de Citrobacter. Por otra parte, el agar de hierro lisina LIA se utilizó para identificar la producción de las enzimas lisina descarboxilasa, lisina deaminasa y eventualmente, la producción de H2 y gas. Esta prueba determina por cambio de pH, un viraje en el color, que se relaciona con la presencia de E.coli, Klebsiella sp u Citrobacter freundi. Para confirmar la presencia de bacilos Gram negativos, se realizó la prueba en agar citrato. La presencia o ausencia de flagelos en microorganismos como Corynebacterirum no fermentadores (Granados y Villaverda, 2001).

Elaboración de los extractos etanólicos. Se comenzó por la recolecta y selección de frutos de Higuerilla, que de acuerdo a Vallejos, 2006 el racimo de la planta debe estar maduro en un 70%, los cuales fueron transportados en bolsas de papel para el posterior retiro de la cáscara del fruto. La muestra se secó a temperatura ambiente, para complementar un correcto secado, se pasaron a un horno manteniéndolas a 30°C durante 5 horas. Las muestras secas, se sometieron a trituración, tal como lo indica Carrión, 2010. Después, se realizó una maceración de acuerdo a Sabillon & Bustamante, 1995. Posteriormente se hizo una percolación simple con etanol con distintas concentraciones (25, 50, 75 y 100%), y para obtener una suspensión libre de sólidos se centrifugo.

Prueba de sensibilidad. Para evaluar el efecto antimicrobiano de los extractos se utilizó la prueba de sensibilidad por difusión en disco de acuerdo como lo describe, Microchem, 2017, por triplicado. Se emplearon cuatro cepas aisladas de problemas de mastitis bovina (E. coli, Bacillus sibtillus, Staphylococcus aureus y Streptococcus agalactiae tres tipificadas y una aislada de heces fecales de becerros con diarrea. Además de los extractos, se establecieron dos controles en el estudio (positivo y negativo). Se midieron los halos de inhibición y de acuerdo con la escala de Duraffourd se evaluaron los resultados.

RESULTADOS. La identificación de Escherichia coli en más de la mitad de las muestras analizadas es un indicativo claro de su papel en los brotes de diarrea entre la población de

becerros estudiada. Este resultado es consistente con la literatura que describe a este microorganismo como uno de los agentes patógenos más comunes y significativos en enfermedades neonatales del ganado, especialmente en diarreas (Acha & Szyfres, 2003). La confirmación de estas cepas resalta la importancia de implementar medidas de control y prevención específicas para esta bacteria, incluyendo la mejora de las prácticas de higiene en las granjas y la posible utilización de vacunas. Este hallazgo también apunta a la necesidad de continuar investigando las características específicas de las cepas de E. coli encontradas, como su resistencia a antibacterianos y su capacidad de causar enfermedades graves, para desarrollar estrategias más efectivas de manejo y tratamiento. Además, estos resultados proporcionan una base para futuras investigaciones que podrían explorar más a fondo la relación entre los factores de manejo del ganado y la incidencia de la bacteria, así como el impacto económico asociado con estas infecciones en la producción ganadera. En el estudio de la actividad antibacteriana de los extractos etanólicos de higuerilla frente a E. coli, se observó que la eficacia del extracto mejora con la concentración, mostrando un incremento significativo en la zona de inhibición con concentraciones más altas. Este patrón se evidencia en la tabla 2, donde el extracto al 100% exhibe un diámetro de zona de inhibición de 2.23±0.362 cm, casi comparable al control positivo con ciprofloxacino (2.52±0.305 cm). Los extractos al 75%, 50% y 25% muestran una actividad antibacteriana progresivamente menor, lo que refleja la importancia de la concentración en la potencia antibacteriana del extracto.

Comparando estos resultados con el estudio realizado por Martínez-Mora et al. (2023), donde se evaluó la actividad antibacteriana de extractos similares, se observa una concordancia en la eficacia del extracto de higuerilla, subrayando su potencial como agente antibacteriano contra E. coli. Otros estudios, como el realizado por Coello & Mejía (2021), que examinó la actividad antibacteriana de los extractos de Ricinus communis obtenidos mediante maceración, también reflejan resultados similares, mostrando que los extractos poseen una capacidad antibacteriana efectiva cuando se utilizan en concentraciones elevadas. Los resultados obtenidos en este estudio, que muestran una disminución en las CMB del extracto de Ricinus communis a medida que aumenta la concentración del extracto, pueden ser explicados por varios factores intrínsecos a la naturaleza y composición química del extracto, así como por las interacciones dinámicas entre los compuestos del extracto y las diferentes cepas bacterianas de Escherichia coli, tanto silvestres como tipificadas (Kebede & Shibeshi, 2022).

CONCLUSIONES. La investigación demostró que la efectividad del extracto de higuerilla aumenta significativamente con la concentración. No solo se determinó la CMI del extracto frente a las diversas cepas, sino, gracias a su eficacia también se logró conocer la CMB frente a las diferentes cepas de esta bacteria. La CMB del extracto al 100% fue particularmente baja, a 6.25 mg/ml, sugiriendo una alta eficacia bactericida. Este resultado es indicativo de la potente actividad del extracto, que no solo inhibe el crecimiento bacteriano, sino que también es capaz de eliminar las bacterias a concentraciones adecuadas. Este hallazgo es crucial para futuras aplicaciones clínicas, ya que sugiere que el extracto de higuerilla podría ser desarrollado en un tratamiento antibacteriano efectivo.

REFERENCIAS.

1. Alvarez-Quiroz, V., Caso-Barrera, L., Aliphat-Fernández, M., & Galmiche-Tejeda, Á. (2017). Plantas medicinales con propiedades frías y calientes en la cultura Zoque de Ayapa, Tabasco, México. Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas, 16(4), 428-454.
2. Calvo, J., & Martínez-Martínez, L. (2009). Mecanismos de acción de los antimicrobianos. Enfermedades infecciosas y microbiología clínica, 27(1), 44-52.

3. Carrión, J., Avilés, R., León, K., & Santiago, J. (2010). Evaluación de la actividad antioxidante, contenido de polifenoles totales y actividad antimicrobiana de fracciones de sangre de grado, Croton lechleri.
4. Coello Neyra, B., & Mejia Marin, C. (2021). Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de las hojas de Ricinus communis L.(higuerilla) frente a Escherichia coli.
5. Cordiés L, Machado I, Hamilton ML. Principios generales de la terapéutica antimicrobiana Acta Médica. 1998;8(1):13-27.
6. De la Fuente-Salcido, D., Margarita, N., Villarreal-Prieto, J. M., Díaz León, M. Á., & García Pérez, A. P. (2015). Evaluación de la actividad de los agentes antimicrobianos ante el desafío de la resistencia bacteriana. Revista mexicana de ciencias farmacéuticas, 46(2), 7-16.
7. Esquivel-Gutiérrez, E., Noriega-Cisneros, R., Bello-González, M., Saavedra-Molina, A., & Salgado-Garciglia, R. (2012). Plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana con propiedades antidiabéticas y antihipertensivas. Biológicas, 14(1), 45-52.
8. Fernández Bolaños, O. F., Trujillo Graffe, J. E., Peña Cabrera, J. J., Cerquera Gallego, J., & Granja Salcedo, Y. (2012). Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. Revista electrónica de Veterinaria, 13(11), 1-20.
9. Fernández E., Huamán R., Bardales J., Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de las hojas de Satureja nubijena pachachamcua en cepas de Escherichia coli y Staphylococcus aureus, Cajamarca-2014. Perspectiva. 2014; 15(17):87-97.
10. FIRCO. Higuerilla, planta convertida en aceite. Fideicomiso de Riesgo Compartido; 2017 García-Herrera, E. J., Cedillo-Martínez, I., Gómez-González, A., Hernández-Ríos, I., Amante-Orozco, A., & Rossel-Kipping, E. D. (2019). Recolecta, establecimiento y caracterización de semilla de higuerilla (Ricinus communis L.) en el altiplano centro-norte de México. Agroproductividad, 12(3), 89-97.
11. García-Rodríguez J.A. & Picazo J.J.: compendio de microbiología médica. 1ª Edición, 2006. Editorial Harcout Brace.
12. Gómez Álvarez, R. (2012). Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. Revista fitotecnia mexicana, 35(1), 43-49.
13. Hannaoui Rodríguez, E. J., & Villalobos, L. B. (2009). Escherichia coli shigatoxigénica: Patogénesis, diagnóstico y tratamiento. Revista de la sociedad Venezolana de Microbiología, 29(1), 13-20.
14. Jeyaseelan, E. C., & Jashothan, P. J. (2012). In vitro control of Staphylococcus aureus (NCTC 6571) and Escherichia coli (ATCC 25922) by Ricinus communis L. Asian Pacific journal of tropical biomedicine, 2(9), 717-721.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324132

CARACTERIZACIÓN DE UN EXTRACTO FENÓLICO DE HOJAS DE *Aloysia triphylla*

Héctor Eduardo Martínez Flores, Areli Chávez, Osvaldo Alvaréz Cortés, Ma. Guadalupe Garnica Romo

Palabras Clave: Aloysia triphylla, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.

RESUMEN. Aloysia triphylla, conocida en México como cedrón, es una planta que ha sido estudiada por poseer efectos beneficios a la salud, relacionados a sus propiedades antioxidantes. El objetivo del estudio fue encontrar las mejores condiciones de extracción de compuestos fenólicos de hojas de A. triphylla. El proceso consistió en la desecación de las hojas a temperatura ambiente, para posteriormente ser macerados en un baño con agitación. Las variables independientes y sus niveles fueron, temperatura de 50, 60 y 75 °C, tiempo de 15 min, 1h, 3h, 6h, 24h y 48h y los solventes agua y etanol al 80%. Se midieron, compuestos fenólicos totales, compuestos flavonoides totales y la capacidad antioxidante con los ensayos de DPPH• y ABTS•+. La mayor concentración de compuestos fenólicos se obtuvo al aplicar 75 °C por 3h con agua, obteniéndose 825.306 µg EAG /mL. Para compuestos flavonoides totales fue el tratamiento de 50 °C por 24h con una cantidad de 271.300±2.645A µg EQ/mL usando etanol al 80%. Para la capacidad de inhibir DPPH•, fue el tratamiento con 75 °C por 1h dando valores de 7.908±0.075M mg EAG /g), y para ABTS•+ fue el de 75 °C por 3 h, dando un total de 5.293±0.085 mg EAG /g. En ambos casos se utilizó etanol al 80%. El ANOVA multifactorial mostró que las condiciones óptimas de extracción fueron para: 1) Flavonoides: 50 °C, tiempo de 24 h y solvente etanol al 80%; 2) Fenoles totales, 75 °C, tiempo: 3 h y solvente Agua; 3) DPPH•: 75 °C, tiempo: 1 h y solvente etanol al 80%; y 4) ABTS•+: 75 °C, tiempo 3 h y solvente etanol al 80%. La temperatura, el tipo de solvente y el tiempo de extracción influyeron significativamente ($p<0.05$).

INTRODUCCIÓN. Aloysia triphylla pertenece a la familia de las Verbenáceas. Es conocida popularmente como cedrón, hierba Luisa, María Luisa y hierba de la princesa. Es apreciada como planta ornamental por el intenso olor a limón de sus hojas. Las hojas de A. citrodora contienen una gran diversidad de compuestos polares como son fenilpropanoides, flavonoides y ácidos fenólicos. Varios ensayos in vitro e in vivo han demostrado que el extracto de A. triphylla tiene efectos antioxidantes y antiinflamatorios (Laporta y col., 2004). Esta actividad antiinflamatoria podría permitir el uso de este extracto de planta para la prevención y el tratamiento de enfermedades relacionadas con la inflamación como osteoartritis y artritis reumatoide entre otros. Compuestos como Verbascósido, luteolin-7-O-diglucurónido, apigenina-7-O-diglucurónido, verbascósido, crisotropina-7-O-diglucurónido, e isoverbascósido fueron reportados en esta planta.

Antioxidantes y compuestos fenólicos. Un antioxidante es una molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación, entregando uno o más de sus electrones para estabilizar algún componente biológico desapareado por el ataque de radicales libres (Kobus-Cisowska y col., 2014). Los antioxidantes se oxidan rápidamente, previniendo o deteniendo una cadena de propagación

oxidativa, estabilizando el radical generado y la regeneración del antioxidante, reduciendo el daño oxidativo en el cuerpo humano. Los antioxidantes poseen actividades antimutagénica antiviral, antibacteriana, anticarcinogénica, antialérgica, antiúlcera, anticariogénica, y antihipertensivas; todas se derivan del estrés oxidativo de las células; los antioxidantes naturales poseen su poder como estimuladores de la respuesta inmune, antiinflamatorios, antialérgicos, estrogénicos, vasodilatadores, inhibidores de enzimas prooxidantes como ciclooxigenasa, lipoxigenasa y xantina oxidasa. Los compuestos fenólicos (CF) son moléculas que presentan diversas funciones, destacando su capacidad antioxidante. En general, los CF se clasifican en dos grandes grupos: flavonoides y no flavonoides. En el de los flavonoides se encuentran los flavonoles, flavonas, flavan-3-ols, isoflavonas, flavanonas, dihidroflavonoles, antocianidinas y chalconas. En el grupo de los no flavonoides, se encuentran los ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, polifenoles volátiles estilbenos y compuestos diversos (lignanos y cumarinas).

OBJETIVO. Evaluar el efecto de la temperatura, solvente y tiempo en la extracción por termobaño de compuestos polifenólicos y su actividad antioxidante de las hojas de *Aloysia triphylla*.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se colectaron las hojas de A. triphylla y se dejaron secar durante 15 días a la sombra. Posteriormente, las hojas se trituraron. Los extractos se obtuvieron por maceración con agitación a 80 rpm usando un termobaño. Se utilizó 1g de A. triphylla por muestra, y dos solventes (agua destilada y etanol al 80%), a una relación de 1:20, las cuales se prepararon con tres temperaturas (50, 60 y 75 °C) y 6 tiempos de extracción (15 min, y 1, 3, 6, 24 y 48 h. Al finalizar el tiempo de cada muestra el extracto se filtró al vacío.
Determinación de compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidantes. Método de Folin-Ciocalteu para determinar fenoles totales. Se uso el método de Taga et al (1984) a una longitud de onda de 750 nm, usando como equivalente el ácido gálico. Método de flavonoides totales (cloruro de aluminio). Se empleó el método de Dewanto, 2002, a longitud de onda de 415 nm, manejando quercetina como equivalente. Método DPPH• y ABTS•+. Se determinó la capacidad para capturar radicales libres con la metodología de Brand et al. (1994), a una longitud de onda de 515 nm. La curva de calibración se realizó con ácido gálico. Se obtuvo el porcentaje de inhibición y los resultados fueron convertidos para expresarlos como coeficiente de inhibición (IC50). La capacidad de inhibir el radical ABTS •+ se determinó con el método de Okoh y col. (2015) a 750nm. La curva de calibración hizo con ácido gálico. Se obtuvo el porcentaje de inhibición del ABTS•+ y a partir de esos datos los resultados fueron convertidos para expresarlos como coeficiente de inhibición (IC50). Los resultados fueron analizados con un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de Tukey-Kramer para la comparación de medias con el programa JMP.

RESULTADOS. En la Tabla 1 se presentan los resultados de compuestos fenólicos, flavonoides totales, y la capacidad antioxidante de los extractos acuosos y etanólicos de *A. triphylla*.
Compuestos flavonoides, compuestos fenólicos totales, DPPH$^{\bullet}$ y ABTS$^{\bullet-}$
De los tratamientos, destacan por una mayor concentración de flavonoides E5024h con 72.577 mgEQ/g, E6048h con 71.596 mgEQ/g y E6024h con 70.035 mgEQ/g. En los tres tratamientos se destacan tiempos de extracción prolongados y temperaturas bajas. Los tratamientos con las mejores concentraciones de extracción de compuestos fenólicos totales fueron el A753h con 16.575 mg EAG/g, A751h con 15.455 mg EAG/g y E7524h con 11.405 mg EAG/g. Se identificó que a una mayor temperatura se presentó una mayor concentración de compuestos fenólicos totales.

Se tomó en cuenta el valor IC_{50}, que corresponde a la concentración que disminuye en un 50% la absorbancia inicial del $DPPH^{\bullet}$; a menores valores de IC_{50} mayor es la actividad antioxidante. Los tratamientos con mayor capacidad antioxidante fueron para E751h 7.908 EAG/g, E5024h 7.945 EAG/g y E6024 7.997 EAG/g, y correspondieron a los extractos hidroalcohólicos. Para $ABTS^{\bullet-}$, los tratamientos que presentaron la mayor actividad antioxidante fueron E753h con 5.293 mg EAG/g, E7524h con 5.439 mg EAG/g y E751h con 5.837 mg EAG/g. Se identificó que los tres tratamientos extraídos a 75 °C usando como solvente etanol al 80% dieron mejores resultados.

Tratamiento	Flavonoides (mg Eq de Q/g de extracto)	Polifenoles (mg Eq de AG/g de extracto)	$DPPH^{\bullet-}$ (IC50 mg/g)	$ABTS^{\bullet+}$ (IC50 mg/g)
A7515min	47.43 ± 0.53^{KLMNO}	10.62 ± 0.21^{CDEF}	24.01 ± 0.02^{I}	8.66 ± 0.06^{IJK}
A751h	56.43 ± 0.54^{E}	15.45 ± 0.25^{B}	28.20 ± 0.35^{GH}	7.55 ± 0.22^{L}
A753h	46.49 ± 0.48^{LMNO}	16.57 ± 0.33^{A}	25.23 ± 0.30^{I}	9.01 ± 0.20^{HIJ}
A756h	43.90 ± 0.30^{PQ}	9.91 ± 0.10^{FGHI}	37.00 ± 0.48^{E}	10.15 ± 0.28^{EF}
A7524h	46.04 ± 0.40^{LMNOP}	10.97 ± 0.21^{CDE}	26.04 ± 0.28^{HI}	7.76 ± 0.06^{KL}
A7548h	41.50 ± 0.33^{QR}	9.14 ± 0.04^{IJK}	38.58 ± 0.89^{E}	10.05 ± 0.21^{EFG}
A6015min	38.82 ± 0.77^{ST}	6.83 ± 0.26^{M}	43.78 ± 0.91^{D}	12.19 ± 0.30^{CD}
A601h	39.76 ± 0.40^{RS}	5.52 ± 0.14^{O}	60.27 ± 1.29^{B}	11.61 ± 0.11^{D}
A603h	47.78 ± 0.33^{KLMN}	3.28 ± 0.17^{P}	59.08 ± 0.30^{B}	11.77 ± 0.17^{CD}
A606h	43.68 ± 0.61^{PQ}	6.37 ± 0.49^{MN}	54.08 ± 1.77^{C}	9.47 ± 0.15^{FGHI}
A6024h	49.39 ± 0.55^{IJK}	9.24 ± 0.15^{IJ}	30.45 ± 0.35^{G}	14.53 ± 0.21^{B}
A6048h	48.01 ± 0.07^{KLM}	9.62 ± 0.30^{GHI}	33.69 ± 0.32^{F}	13.89 ± 0.05^{B}
A5015min	37.17 ± 0.33^{TU}	5.98 ± 0.02^{NO}	44.08 ± 0.58^{D}	13.75 ± 0.04^{B}
A501h	37.53 ± 0.46^{STU}	5.94 ± 0.18^{NO}	41.70 ± 3.40^{D}	12.65 ± 0.05^{C}
A503h	35.65 ± 0.46^{UV}	6.14 ± 0.23^{MNO}	52.26 ± 0.71^{C}	11.47 ± 0.11^{D}
A506h	33.34 ± 0.46^{V}	5.66 ± 0.39^{NO}	79.30 ± 1.70^{A}	8.18 ± 0.10^{JKL}
A5024h	37.08 ± 0.27^{TU}	8.33 ± 0.21^{KL}	25.70 ± 0.18^{HI}	14.48 ± 0.07^{B}
A5048h	45.46 ± 0.15^{NOP}	10.23 ± 0.35^{EFG}	18.00 ± 0.07^{J}	11.61 ± 0.21^{D}
E7515min	61.63 ± 0.54^{D}	8.13 ± 0.35^{L}	8.89 ± 0.68^{LM}	6.33 ± 0.02^{MN}
E751h	53.85 ± 1.14^{FG}	9.62 ± 0.16^{GHI}	7.90 ± 0.07^{M}	5.83 ± 0.02^{MNO}
E753h	48.05 ± 0.27^{KL}	10.19 ± 0.14^{EFG}	8.12 ± 0.08^{M}	5.29 ± 0.08^{O}
E756h	44.97 ± 0.27^{OP}	9.31 ± 0.35^{HI}	8.99 ± 0.01^{LM}	6.45 ± 0.06^{M}
E7524h	65.97 ± 0.60^{C}	11.40 ± 0.16^{c}	8.90 ± 0.09^{LM}	5.43 ± 0.01^{NO}
E7548h	48.18 ± 0.20^{JKL}	8.21 ± 0.42^{L}	9.92 ± 0.15^{KLM}	9.69 ± 0.30^{EFGH}
E6015min	50.59 ± 1.12^{HIJ}	7.78 ± 0.09^{L}	11.47 ± 0.21^{KL}	11.85 ± 0.10^{CD}
E601h	60.49 ± 0.42^{D}	10.40 ± 0.10^{DEFG}	8.87 ± 0.05^{LM}	10.50 ± 0.38^{E}

E603h	52.29±0.60^{GH}	9.28±0.09^{HI}	9.618±0.12^{KLM}	9.22±0.10^{FGHI}
E606h	55.45±0.70^{EF}	11.00±0.14^{CDE}	8.05±0.12^{M}	9.18±1.35^{GHI}
E6024h	70.03±0.74^{B}	9.30±0.07^{HI}	7.99±0.33^{M}	8.60±0.04^{IJK}
E6048h	71.59±0.68^{AB}	10.11±0.16^{FGH}	8.36±0.15^{M}	9.01±0.03^{EFGH}
E5015min	38.11±0.55^{STU}	6.23±0.05^{MNO}	12.05±0.07^{K}	16.11±0.23^{A}
E501h	45.55±0.40^{MNOP}	8.42±0.07^{JKL}	9.79±0.19^{KLM}	11.60±0.08^{D}
E503h	51.66±0.85^{GHI}	7.78±0.11^{L}	9.57±0.10^{KLM}	12.67±0.15^{C}
E506h	62.72±0.33^{D}	7.69±0.71^{L}	11.13±0.02^{KL}	10.09±0.63^{EFG}
E5024h	72.57±0.70^{A}	11.25±0.05^{C}	7.94±0.11^{M}	9.21±0.09^{FGHI}
E5048h	66.95±3.19^{C}	11.22±0.20^{CD}	8.02±0.10^{M}	9.71±0.01^{EFGH}

Tabla 1. *Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en los extractos de A. triphylla (Media ± desviación estándar, seguida de prueba de Tukey manifestada en superíndice).*
**Tratamiento: A: Agua. E: Etanol. Temperatura: 50, 60 y 75 °C. Tiempo: 15 min, 1 h, 3 h, 6 h, 24 h y 48 h.*

ANOVA multifactorial. Se uso el ANOVA para determinar las condiciones óptimas de extracción de compuestos fenólicos de las hojas de *A. triphylla* de extractos acuosos y etanólicos (Tabla 2).

Efectos principales	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Razón F	Valor P
Flavonoides				
Temperatura	2	524.157	6.33	0.0027
Solvente	1	4991.16	120.56	<0.0001
Tiempo	5	1745.85	8.43	<0.0001
Temperatura-solvente-tiempo	10	1147.43	2.77	0.005
Compuestos fenólicos				
Temperatura	2	180.34	22.3	<0.0001
Solvente	1	11.03	2.73	0.1019
Tiempo	5	76.19	3.77	0.0038
Temperatura-solvente-tiempo	10	103.45	2.56	0.0091
DPPH$^{\bullet}$				
Temperatura	2	1548.88	10.26	<0.0001
Solvente	1	25683.99	340.42	<0.0001
Tiempo	5	2745.83	7.278	<0.0001
Temperatura-solvente-tiempo	10	2081.85	2.759	0.0052
ABTS$^{\bullet+}$				
Temperatura	2	345.86	77.19	<0.0001
Solvente	1	80.62	35.99	<0.0001
Tiempo	5	68.96	6.15	<0.0001
Temperatura-solvente-tiempo	10	60.08	2.68	0.0065

Tabla 2. *ANOVA multifactorial.*

El ANOVA para determinar tanto flavonoides totales como de compuestos fenólicos totales y captura de radicales por $DPPH^{\bullet}$ y $ABTS^{\bullet-}$ obtuvo $p < 0.001$, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ (nivel de significancia). Por tanto, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que sugiere que existió diferencia significativa ejercida por tiempos, temperaturas y solventes usados. En general, el ANOVA multifactorial mostró que las condiciones óptimas de extracción fueron para: 1) Flavonoides: 50 °C, tiempo de 24 h y solvente etanol al 80%; 2) Fenoles totales, 75 °C, tiempo: 3 h y solvente Agua; 3) $DPPH^{\bullet}$: 75 °C, tiempo: 1 h y solvente etanol al 80%; y 4) $ABTS^{\bullet+}$: 75 °C, tiempo 3 h y solvente etanol al 80%.

CONCLUSIONES. Los extractos de hojas de A. triphylla evaluados tienen una importante actividad antioxidante debido a la presencia de compuestos fenólicos como los flavonoides. La optimización de la extracción de los compuestos fenólicos presentes en las hojas de Aloysia triphylla pueden ser de gran utilidad para ampliar y aprovechar las propiedades del cedrón, especialmente para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica.

REFERENCIAS.

1. Bilia AR, Giomi M, Innocenti M, Gallori S, Vincieri FF. HPLC-DAD-ESI-MS analysis of the constituents of aqueous preparations of verbena and lemon verbena and evaluation of the antioxidant activity. J Pharm Biomed Anal. 2008 Feb 13;46(3):463-70.
2. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Sci. Technol. 28:25-30.
3. Dewanto V. 2002. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. J. Agric. Food Chem. 50(10):3010-3014.
4. Heras I, Alvis A, Arrazola G. 2013. Optimización del proceso de extracción de antocianinas y evaluación de la capacidad antioxidante de berenjena (Solana melonera L.). Información Tecnológica, 24(5):93-102.
5. Kobus-Cisowska J, Flaczyk E, Rudzińska M, Kmiecik D. 2014. Antioxidant properties of extracts from Ginkgo biloba leaves in meatballs. Meat Sci. 97(2):174-180.
6. Laporta O, Perez-Fons L, Balan K, Paper D, Cartagena V, Micol V. 2004. Bifunctional antioxidative oligosaccharides with antiinflammatory activity for joint health. Agro Food Industry Hi-Tech. 15(5):30-33.
7. Okoh SO, Oyewole AO, Ishola RO, Odusote AD, Okoh OO, Igwe CC, Elemo GN. 2015. Antioxidant and free radical scavenging capacity of crude and refined oil extracted from Azadirachta indica A. Juss. Int J Biol. 7(2):78-85.
8. Taga MS, Miller EE, Pratt DE. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. J Am Oil Chem Soc. 61:928-931.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324133

ESTUDIO DE LA REPRESIÓN CATABÓLICA POR CARBONO EN EL PATOTIPO P1088 DE *Colletotrichum lindemuthianum*

Karla Morelia Díaz Tapia[1], María Guadalupe Zavala Páramo[2], Karla Domínguez Domínguez[3], Ma. Irene Morelos Martínez[4], Horacio Cano Camacho[5]

1. *Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ; UMSNH: morelia.diaz@umich.mx*
2. *Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ; UMSNH: maria.zavala.paramo@umich.mx*
3. *Instituto Tecnológico de Morelia, l20120448@morelia.tecnm.mx*
4. *Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ; UMSNH: irene.morelos@umich.mx*
5. *Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, FMVZ; UMSNH: horacio.cano@umich.mx*

Palabras Clave: Fitopatógeno, hemibiotrófico, hemicelulasas, celulasas.

RESUMEN. El ascomiceto Colletotrichum lindemuthianum es un hongo fitopatógeno que causa la enfermedad de antracnosis en la planta del frijol común (Phaseolus vulgaris). Presenta una gran diversidad de patotipos con diferente nivel de virulencia en interacción con 12 cultivares diferenciales de P. vulgaris. Cuenta con una estrategia de nutrición/infección hemibiotrófica y tiene la capacidad de secretar un conjunto de enzimas que degradan la pared celular vegetal de su hospedero. La estructura de la pared celular vegetal es muy compleja; contiene celulosa, hemicelulosa y pectina. Para degradar estos polisacáridos se requieren de la inducción y la acción coordinada de varias enzimas hidrolíticas, entre las cuales se encuentran las endoxilanasas, α−L-arabinofuranosidasas, β-xilosidasas, endoglucasas, endomananasas, manosidasas, celulasas y galactosidasas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la inducción de la actividad hemicelulolítica y celulolítica y el crecimiento micelial del patotipo P1088 de C. lindemuthianum, en medios de cultivo con almidón y glucosa. Se realizó un análisis de la producción de biomasa micelial y la actividad extracelular de α-L-arabinofuranosidasa, β-xilosidasa y celobiohidrolasa, en cultivos con papa-dextrosa (PD). Los resultados mostraron que el patotipo P1088 de C. lindemuthianum presentó crecimiento micelial en medio PD, sin embargo, este medio no es una fuente de carbono adecuada para la inducción de la expresión de hemicelulasas y celulasas. El resultado es congruente con un proceso de represión catabólica por glucosa de los genes de hemicelulasas y celulasas en el patotipo P1088 de C. lindemuthianum.

INTRODUCCIÓN. El hongo C. lindemuthianum es el causante de la enfermedad de antracnosis en Phaseolus vulgaris (planta del frijol común)(O'Connell et al., 1985). Este fitopatógeno presenta una gran diversidad de razas/patotipos con diferentes grados de virulencia en la interacción con 12 cultivares diferenciales de P. vulgaris (Rodríguez-Guerra et al., 2006; Sánchez et al., 2009). En México existe una gran variedad de cultivos de frijol de importancia económica para el país y se han identificado 64 patotipos del fitopatógeno (Nunes et al., 2021). Como parte de su mecanismo de nutrición/infección o estilo de vida hemibiotrófico, C. lindemuthianum combinan dos fases: la biotrofia, que le permite adquirir sus nutrientes de las células vivas y la necrotrofia, en la cual obtiene los nutrientes de las células muertas. Durante la fase de necrotrofia C. lindemuthianum tiene la capacidad de secretar enzimas hidrolíticas para degradar la pared celular vegetal de su huésped con el objetivo de penetrar a la célula, pero a su vez de obtener una fuente

de carbono para su nutrición (Münch, 2008; de Silva et al., 2017). La pared celular vegetal es dinámica y diversa; se compone de celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina y algunas proteínas (Burton, 2010). El principal componente de la pared celular vegetal es la celulosa, un polímero lineal de moléculas de glucosa cuya degradación requiere de la acción coordinada de enzimas β-glucosidasas, exoglucanasas, celobiohidrolasas y celodextrinas (Horn et al., 2012). La hemicelulosa es un complejo de heteropolisacáridos cuyas cadenas principales se componen de xilosa, manosa o glucosa con ramificaciones de arabinosa, galactosa y ácido glucurónico (Conejo-Saucedo et al., 2011). Para la degradación de la hemicelulosa se necesita la acción coordinada y sinergética de un complejo de enzimas hidrolíticas que incluye enzimas accesorias o desramificantes y enzimas líticas para la cadena principal del polisacárido, tales como α-L-arabinofuranosidasas, endoxilanasas, β-xylosidasas, endoglucanasas, galactanasas y manosidasas (van Dyk & Pletschke, 2012; Kousar, 2013; Lagaert et al., 2014).

ANTECEDENTES. En primer estudio sobre la actividad enzimática de C. lindemuthianum se realizó en la raza α, permitiendo la identificación de poligalacturonasas, pectinasas, β-glucosidasas, β-xilosidasas, α-glucosidasas y mananasas (Anderson 1978). En nuestro grupo de trabajo se han realizado estudios sobre las enzimas líticas secretadas por los patotipos P0, P1088, P1472 y P2395 de C. lindemuthianum, para la degradación de la pared celular vegetal de su huésped utilizando fuentes de carbono como glucosa, celulosa, arabinogalactano, xilana, pared celular de P. vulgaris y sustratos complejos con diferentes proporciones de celulosa, pectina y hemicelulosa, tales como bagazo de caña y limón, hipocótilos de frijol, ejotes de frijol y lirio acuático (Eichhornia crassipes) (Acosta-Rodríguez, 2005; Conejo-Saucedo et al., 2016; Hernández-Silva et al., 2007; Villa-Rivera, 2016; Diaz-Tapia, 2018; Díaz-Tapia et al. 2024). Los resultados de estos estudios indican que existen diferentes niveles de regulación del catabolismo de carbono que regula la expresión de hemicelulasas y celulasas, dependiendo de la fuente de carbono accesible para los patotipos. Sin embargo, se desconoce el comportamiento de los patotipos en cultivo con la fuente de carbono rica en almidón (papa) que de manera sistemática se utiliza para el mantenimiento de los hongos patógenos de plantas.

OBJETIVO. Evaluar la producción de la actividad hemicelulolítica y celulolítica, y el crecimiento micelial del patotipo P1088 de C. lindemuthianum, en medios de cultivo con almidón y glucosa.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó el patotipo 1088 de C. lindemuthianum, obtenido del cepario del Laboratorio de Bioquímica, Biología y Evolución Molecular de Glicosil Hidrolasas de Hongos Filamentosos del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología (CMEB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. El micelio del hongo se mantuvo en medio PDA (papa dextrosa agar). Para los ensayos de secreción de actividad enzimática de celobiohidrolasas (CBH), de α-L-arabinofuranosidasas (ABF), de β-xilosidasas (XYLO) y de endo-β-1,4-xilanasas (XYL), el micelio se creció en medio papa dextrosa (PD). El estudio se realizó por un periodo de 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 14 días de incubación. Se obtuvo la biomasa micelial expresada en peso seco y a partir del medio extracelular se realizó la medición de actividad enzimática. Para la reacción estándar de medición de actividad ABF, XYL, XYLO y CBH una alícuota (50ml) del medio extracelular se colocó en buffer de acetato de sodio 50mM pH 5.0, sustratos fluorogénicos (4MU-arabinofuranósido, 4MU-xilopiranosido, 4MU-D-celobiósido), o un sustrato colorimétrico (azul brillante de Remazol con xilana). La reacción se detuvo con una solución STOP (Na2CO3 0.5 M en NaOH 0.1 N), pH 10.4 para sustratos fluorogénicos y con Etanol 96% para reacciones con el sustrato colorimétrico. Las lecturas de fluorescencia y absorbancia de las actividades

enzimáticas y la cuantificación de proteína total por el método de Bradford se realizaron en un Varioskan Flash. Posteriormente, se realizaron los análisis estadísticos para obtener las unidades de actividad enzimática expresadas en nM/min/µg de proteína.

RESULTADOS. En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos del crecimiento de biomasa micelial del patotipo 1088 de *C. lindemuthianum* (mg de peso seco) en medio PD. Se observa un crecimiento rápido en los primeros tres días de incubación alcanzando un valor de 280 mg, seguido de una disminución hacia los cinco días con un valor de 120 mg, que posteriormente se incrementó hasta alcanzar el máximo de 485.06 mg hacia el final del periodo de incubación a los 14 días. Comparado con el crecimiento del patotipo 1088 *C. lindemuthianum* en medios de cultivo con hipocotilos y ejotes de *P. vulgaris* (200 mg y 50 mg, respectivamente) (Díaz-Tapia et al. 2024), el crecimiento en PD fue mejor, particularmente hacia los 14 días de incubación, indicando el uso del almidón como fuente de carbono.

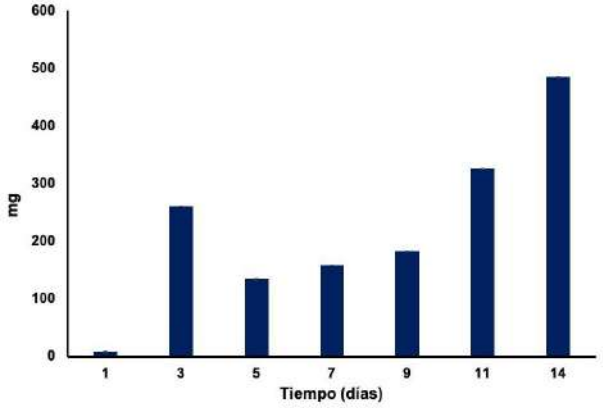


Figura 1. *Biomasa micelial (mg de peso seco) del patotipo 1088 de C. lindemuthianum en PD (papa dextrosa).*

Por otro lado, los resultados de la actividad enzimática mostraron una mayor producción de actividad XYL en comparación con el resto de actividades evaluadas, con un nivel máximo hacia el tercer día de incubación (0.1148 nM/min/µg de proteína). La actividad ABF se detectó desde el primer día de incubación, alcanzando su máximo en el séptimo dia de incubación (0.0405 nM/min/µg de proteína). Las actividades CBH y XYLO fueron las más bajas en todo el periodo de incubación, con niveles máximos de 0.0262 nM/min/µg de proteína y 0.0183 nM/min/µg de proteína, respectivamente. Sin embargo, en comparación con los resultados de producción enzimática del patotipo 1088 *C. lindemuthianum* en medios de cultivo con hipocotilos y ejotes de *P. vulgaris*, los niveles de actividad enzimática de las hemicelulasas y la celulasa evaluadas en este estudio fueron muy bajos indicando una fuerte represión catabólica de estas enzimas degradadoras de pared celular vegetal.

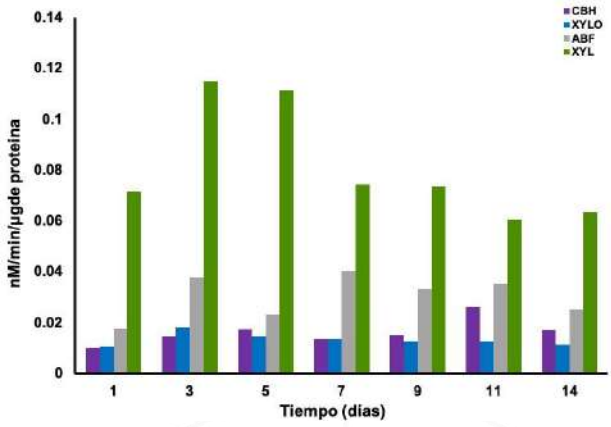


Figura 2. *Actividad enzimática de celobiohidrolasa (CBH), β-xilosidasa (XYLO), α-L-arabonofuranosidasa (ABF) y endo-β-1,4-xilansa (XYL) del patotipo 1088 de C. lindemuthianum en medios de cultivo PD. La actividad es expresada en nM/min/µg de proteína.*

CONCLUSIONES. El patotipo 1088 de C. lindemuthianum mostró buen crecimiento micelial en medio PD indicando la utilización del almidón como fuente de carbono. Sin embargo, muestra una fuerte represión catabólica de la expresión de hemicelulasas y celulasas, congruente con el reporte de previos estudios donde el incremento en la secreción de estas enzimas occurre en cultivos con los tejidos de su huésped pero no en cultivos con glucosa.

REFERENCIAS.

1. Acosta-Rodríguez, I. (2005). Degradation of cellulose by the bean-pathogenic fungus Colletotrichum lindemuthianum. Production of extracellular cellulolytic enzymes by cellulose induction. 301–310. https://doi.org/10.1007/s10482-004-6422-6
2. Anderson, A. J. (1978). Extracellular Enzymes Produced by Colletotrichum lindemuthianum. 1585–1589.
3. Burton, R. A. (2010). Heterogeneity in the chemistry, structure and function of plant cell walls. Nature Chemical Biology, 6(10), 724–732. https://doi.org/10.1038/nchembio.439
4. Conejo Saucedo, U. (2011). Hemicellulases of fungi: A vision of their function in the coordinated degradation of polysaccharides of plant cell walls. Current Trends in Microbiology, 7, 1–13.
5. Conejo-Saucedo, U., Cano-Camacho, H., López-Romero, E., Rivera, M. G. V., Lara-Márquez, A., & Zavala-Páramo, M. G. (2016). Cloning and characterization of an endo-β-1,4-xylanase gene from Colletotrichum lindemuthianum and phylogenetic analysis of similar genes from phytopathogenic fungus. African Journal of Microbiology Research, 10(32), 1292–1305. https://doi.org/10.5897/AJMR2016.8185
6. de Silva, D. D., Crous, P. W., Ades, P. K., Hyde, K. D., & Taylor, P. W. J. (2017). Life styles of Colletotrichum species and implications for plant biosecurity. In Fungal Biology Reviews (Vol. 31, Issue 3, pp. 155–168). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001
7. Diaz-Tapia, K.M., Zavala-Páramo, M.G.; Villa-Rivera, M.G.; Morelos-Martínez, M.I.; López-Romero, E.; Simpson, J.; Bolaños-Rebolledo, J.; Cano-Camacho, H. (2024). Differential Carbon Catabolite Repression and Hemicellulolytic Ability among Pathotypes of Colletotrichum lindemuthianum against Natural Plant Substrates. J. Fungi. 10, 406. https://doi.org/10.3390/jof10060406
8. Hernández-Silva, L., Piñón-Escobedo, C., Cano-Camacho, H., Zavala-Páramo, M. G., Acosta-Rodríguez, I., & López-Romero, E. (2007). Comparison of fungal growth and production of extracellular pectin lyase activity by pathogenic and non-pathogenic races of Colletotrichum lindemuthianum cultivated under different conditions. Physiological and Molecular Plant Pathology, 70(1–3), 88–95. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2007.07.005
9. Horn, S. J., Vaaje-Kolstad, G., Westereng, B., & Eijsink, V. G. H. (2012). Novel enzymes for the degradation of cellulose. Biotechnology for Biofuels, 5. https://doi.org/10.1186/1754-6834-5-45
10. Kousar, S. (2013). Microbial xylosidases: Production and biochemical characterization. Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 11(2), 85–95.
11. Lagaert, S., Pollet, A., Courtin, C. M., & Volckaert, G. (2014). β-Xylosidases and a-L-arabinofuranosidases: Accessory enzymes for arabinoxylan degradation. Biotechnology Advances, 32(2), 316–332. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.005
12. Münch, S. (2008). The hemibiotrophic lifestyle of Colletotrichum species. Journal of Plant Physiology, 165(1), 41–51. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.06.008
13. Nunes, M. P. B. A., Gonçalves-Vidigal, M. C., Martins, V. S. R., Xavier, L. F. S., Valentini, G., Vaz Bisneta, M., & Vidigal Filho, P. S. (2021). Relationship of Colletotrichum lindemuthianum races and resistance loci in the Phaseolus vulgaris L. genome. Crop Science, 61(6), 3877–3893. https://doi.org/10.1002/csc2.20601
14. O'Connell, R. J., Bailey, J. A., & Richmond, D. V. (1985). Cytology and physiology of infection of Phaseolus vulgaris by Colletotrichum lindemuthianum. Physiological Plant Pathology, 27(1), 75–98. https://doi.org/10.1016/0048-4059(85)90058-X
15. Rodríguez-Guerra, R., Acosta-Gallegos, J. A., González-Chavira, M. M., & Simpson, J. (2006). Patotipos de Colletotrichum lindemuthianum y su implicación en la generación de cultivares resistentes de frijol. In Agricultura técnica en México (Vol. 32, Issue 1, pp. 101–114).
16. Sánchez, G., María, B., Olivas, F., Arizpe, S., Rodríguez, P., Jiménez, L., Velásquez, F., Ramírez, G., Raymundo, E., Gallegos, A., Alberto, J., Williamson, S., & Guerra, R. (2009). Colletotrichum lindemuthianum pathotypes in oaxaca and san luis potosi, mexico, and resistance in common bean.
17. van Dyk, J. S., & Pletschke, B. I. (2012). A review of lignocellulose bioconversion using enzymatic hydrolysis and synergistic cooperation between enzymes-Factors affecting enzymes, conversion and synergy. In Biotechnology Advances (Vol. 30, Issue 6, pp. 1458–1480). https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2012.03.002
18. Villa-Rivera, M. G. (2016). Differences in the expression profile of endo-β-(1,6)-d-galactanase in pathogenic and non-pathogenic races of Colletotrichum lindemuthianum grown in the presence of arabinogalactan, xylan or Phaseolus vulgaris cell walls. Physiological and Molecular Plant Pathology. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.10.002

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324134

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD MICROBIANA DEL SUELO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA TRADICIONAL Y CONVENCIONAL

Ana Karen Sandoval Cervantes[1], Paulina Giselle Acevedo Cazares[2], Dioselina Álvarez Bernal[3]

1Instituto Tecnológico Nacional de Jiquilpan; Anasandoval633@gmail.comM

2Instituto Tecnológico Nacional de Jiquilpan; paulinaacevedo2511@gmail.com2

3CIIDIR IPN Unidad Michoacán; dalvarezb@ipn.mx

Palabras Clave: Suelo agrícola, Diversidad microbiana, Bacterias

RESUMEN. El presente proyecto se centra en la exploración y análisis de la diversidad microbiana presente en suelos agrícolas. Su estudio de la diversidad microbiana es fundamental para comprender la salud y la funcionalidad de este, ya que los microorganismos desempeñan un papel crucial en procesos como la descomposición de materia orgánica, el ciclo de nutrientes y la formación del suelo. El objetivo de este estudio fue analizar la comunidad microbiana presente en diferentes muestras de suelos agrícolas convencionales y tradicionales utilizados en el cultivo de la fresa y el maíz. Para ello, se analizaron 10 muestras de suelo agrícola tradicional y 10 muestras de suelo agrícola convencional, se llevaron a cabo métodos tradicionales para el cultivo de microrganismos y su aislamiento, así como la Tinción de Gram para identificar, y cuantificar las distintas bacterias presentes en las muestras de suelos. Al llevar a cabo este análisis se observó que hay una reducción del 14% de la diversidad microbiana en el suelo agrícola con manejo convencional con respecto al cultivado de forma tradicional.

INTRODUCCIÓN. En la agricultura convencional, se utilizan fertilizantes químicos y plaguicidas para maximizar la productividad de los cultivos y controlar plagas, lo cual esto puede llevar a la degradación del suelo y pérdida de la diversidad microbiana; por otro lado, en la agricultura tradicional al no utilizar químicos para aumentar la productividad existe una mayor diversidad microbiana. Este estudio se centra en la exploración y análisis de la diversidad microbiana presentes en suelos agrícolas con cultivo tradicional y convencional. La adopción de prácticas convencionales ha alterado significativamente esta diversidad, lo que plantea interrogantes sobre sus implicaciones en la sostenibilidad a largo plazo de la producción de alimentos. En contraste, los sistemas de producción agrícola tradicionales suelen mantener una interacción más equilibrada con el entorno, lo que podría influir positivamente en la composición y función de su comunidad microbiana.

ANTECEDENTES. Debido a la degradación ambiental y a las malas prácticas agrícolas, la biodiversidad intrínseca de los suelos ha sido objeto de numerosas variaciones, lo que ha dado lugar a modificaciones en el funcionamiento de las comunidades microbianas nativas de esos suelos. Como consecuencia, el resultado de estas modificaciones, en términos de la capacidad de los ecosistemas para mantener las funciones y servicios ecosistémicos, es de importancia fundamental. En este contexto, es un desafío entender además de predecir los mecanismos que gobiernan las acciones de la diversidad microbiana del suelo con base en la relación entre esa

biodiversidad u otros procesos que ocurren en el mismo (Maron, Mougel, & Ranjard, 2011). La diversidad microbiana es esencial para garantizar los ciclos de nutrientes y procesos de descomposición del material vegetal en cualquier ecosistema terrestre debido a que procesos biológicos tales como, oxidación, reducción, descomposición de materia orgánica y mineralización, así como, interacciones interespecíficas e intraespecíficas que se establecen, están reguladas por microorganismos que habitan en ese nicho (Cadena et al., 2016). Los manejos convencionales disminuyen la diversidad microbiológica del suelo, alterando el equilibrio entre comunidades microbianas, deteriorando sus condiciones químicas-físicas edáficas, y la sanidad del cultivo, los procesos en los que los microorganismos participan están fuertemente influenciados por el manejo agrícola bajo el que se encuentren. Además, no solamente las funciones microbianas son fundamentales para entender los procesos que se desarrollan en el suelo, sino también los microorganismos constituyen un enorme reservorio de diversidad genética (Pérez, 2014). Las actividades microbianas son determinantes de la ganancia o pérdida de fertilidad de los suelos y también de la velocidad con que se puede restaurar un suelo deteriorado, y si es que, en efecto, puede restaurarse (Soria, 2016).

OBJETIVO. Analizar la diversidad microbiana del suelo agrícola en los sistemas de producción agrícola tradicional y convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS. En esta metodología se explica la forma en que se realizó la siembra y aislamiento de las bacterias del suelo agrícola utilizado para cosechar fresa y maíz en condiciones tradicionales y convencionales. Preparación del extracto de suelo: A partir de las 10 muestras de suelo tradicional se pesaron 50 g de cada muestra de suelo, en total se obtuvieron 500 g de suelo, el cual se mezcló en un recipiente de manera homogénea durante 3 minutos, una vez mezclados se colocaron 250 g de suelo en un frasco de vidrio de 1 litro y se agregaron 500 ml de agua destilada; se agitó durante 24 horas y una vez transcurrido el tiempo se filtró y centrifugó para obtener el extracto de suelo. Después se esterilizó el sobrenadante, este extracto se utilizó para preparar el pre-inóculo. Se llevó a cabo el mismo procedimiento para el suelo agrícola convencional. Pre-inóculo: Para la preparación del pre-inóculo se agregó el extracto suelo a los medios de cultivo y la respectiva muestra; se agitaton a 120 rpm y 28ºC durante 2-4 días. Diluciones: Se realizaron diluciones seriadas de agua peptonada (AP) al 0.1% (1:10, 1;100, 1:1000), para obtener una mejor dispersión de las colonias bacterianas y poder aislar en los medios de cultivo como se muestra en la Fig. 1.

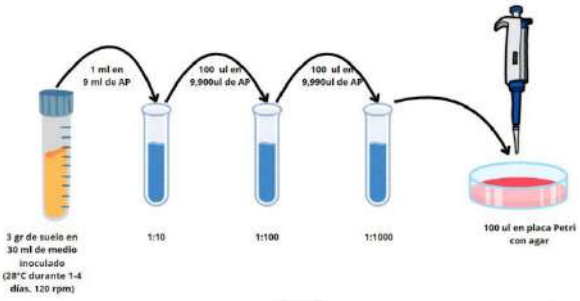


Figura 1. *Diagrama de flujo del procedimiento de las diluciones seriadas*

Realizadas las diluciones seriadas, tanto de las muestras como de los controles y listas las cajas de Petri con el agar nutritivo y/o Luria Bertani, se utilizó la dilución 1:1000, en donde se colocaron 100 µL en cajas Petri. Se incubaron de 3-5 días. Posteriormente se realizó la selección de todas aquellas colonias con morfología diferente, resembrando las veces que fueran necesarias en agar tanto nutritivo como en Luria Bertani, hasta obtener cultivos axénicos. La caracterización de la morfología macroscópica de las cepas purificadas se realizó de acuerdo con las siguientes características: tamaño, color, forma, borde, elevación, textura y consistencia (Galushko y

Kuever, 2021). La morfología microscópica de las cepas se determinó por tinción de Gram (Bado, 2022), finalmente se observó en microscopio óptico a 40X y posteriormente a 100X.

RESULTADOS.

No. de muestra suelo tradicional	No. de colonias	No. de bacterias aisladas	No. de muestra suelo convencional	No. de colonias	No. de bacterias aisladas
1	264	6	1	600	1
2	11	3	2	31	2
3	13	6	3	232	9
4	32	1	4	3	1
5	7	3	5	17	1
6	2	2	6	28	4
7	78	3	7	80	3
8	140	3	8	11	3
9	58	3	9	16	3
10	32	3	10	232	3

Tabla 1. *Número de bacterias en agar nutritivo en suelo tradicional y convencional*

No. de muestra suelo tradicional	No. de colonias	No. de bacterias aisladas	No. de muestra suelo convencional	No. de colonias	No. De bacteria aisladas
1	5	3	1	7	2
2	40	4	2	26	4
3	10	5	3	3	2
4	10	2	4	1	2
5	4	3	5	6	4
6	5	1	6	63	3
7	15	5	7	55	5
8	17	4	8	2	1
9	44	4	9	94	4
10	43	3	10	13	4

Tabla 2. *Número de bacterias en luria bertani en suelo tradicional y convencional*

No. de muestra suelo tradicional	Morfología	No. de muestra suelo convencional	Morfología
1	Cocobacilos y cocos	1	Cocos
2	Cocos y estreptococos	2	Cocos
3	Cocobacilos y cocos	3	Cocos, estafilococos y bacilos
4	Cocos	4	Cocos
5	Cocobacilos y cocos	5	Cocos
6	Bacilos y cocos	6	Estreptobacilos, cocobacilos, bacilos
7	Diplobacilos, estreptococos y cocos	7	Cocos y diplococos

8	Bacilos, estreptobacilos y cocos	8	Cocos
9	Cocobacilos y cocos	9	Cocos
10	Diplococos y cocos	10	Cocobacilos, cocos y diplococos.

Tabla 3. *Tinción gram de muestras en agar nutritivo en suelo tradicional y convencional*

No. de muestra suelo tradicional	Morfología	No. de muestra suelo convencional	Morfología
1	Cocobacilos y cocos	1	Estafilococos y cocos
2	Cocos	2	Estafilococos, cocos y bacilos
3	Cocos	3	Cocos y cocobacilos
4	Cocobacilos	4	Cocos
5	Cocobacilos y cocos	5	Cocos y estreptococos
6	Cocos	6	Cocobacilos y bacilos
7	Estreptobacilos y cocos	7	Cocos, estafilococos y cocobacilos
8	Cocobacilos y cocos	8	Cocos
9	Estafilococos, cocos y tétradas	9	Estafilococos, diplococos, cocobacilos
10	Estafilococos y cocos	10	Cocos y diplobacilos

Tabla 4. *Tinción gram de muestras en Luria Bertani en suelo tradicional y convencional*

CONCLUSIONES. El objetivo de este proyecto se cumplió, dado que se realizó el análisis de la diversidad microbiana de veinte distintas muestras de suelo agrícola, además de que estos suelos fueron tratados por el sistema convencional y tradicional, este análisis brindo una mejor visión de la variación y composición de las comunidades microbianas presentes. Los resultados destacan la presencia de una diversidad significativa de microorganismos, que desempeñan roles esenciales en la salud y productividad del suelo. Estos hallazgos subrayan la importancia de comprender y gestionar adecuadamente la comunidad de microorganismos que viven en el suelo, no solo para optimizar el rendimiento de los cultivos, sino también para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas convencionales. Además, con este análisis se pudo comprobar que un suelo tratado de manera convencional debido al tratamiento que recibe, puede llegar a perder una significativa parte de su población bacteriana, por el contrario, los suelos tratados de manera tradicional, su diversidad es mayor debido a que no son sometidos a tratamientos que afectan y son agresivos para la población microbiana de estos suelos agrícolas.

REFERENCIAS.

1. Bado, M. J. C. (2022). La importancia de realizar una correcta tinción de Gram en la identificación bacteriana. Revista Colegio de Microbiología Químca Clínica de Costa Rica.
2. Cadena, J., Martínez, M., Guzmán, L., & Arteaga, R. (2016). Aplicación de secuenciación masiva para el estudio y exploración de diversidad microbiana y su aprovechamiento biotecnológico. Agroproductividad, 9(2), 70–83.
3. Galushko, A., & Kuever, J. (2021). Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria. In Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria (pp. 1-6).
4. Maron, P., Mougel, C., & Ranjard, L. (2011). Soil microbial diversity: Methodological strategy, spatial overview and functional interest. Comptes Rendus Biologies, 5(6), 403-411.
5. Pérez, C. (2014). Impacto de diferentes prácticas agrícolas sobre la diversidad microbiana del suelo y la sustentabilidad de un agroecosistema sojero del norte argentino. Universidad Nacional de Córdoba.
6. Soria, M. (2016). ¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura? Revista QuímicaViva, 1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324135

ACTIVIDAD FUNGICIDA DE Eichhornia crassipes TRATADO CON NANOTUBOS DE CARBONO Y DIÓXIDO DE TITANIO USADO EN FITORREMEDIACIÓN

Zaida Irazú Téllez Pérez[1], David García Hernández[2], Iris Eunice Serrato Mireles[3], Melanny Amalia Cruz Rojas[4], Nabanita Dasgupta Schubert[5]

1. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1231862b@umich.mx*
2. *Universidad Tecnológica de Morelia; david.garcia@ut-morelia.edu.mx*
3. *PIDCB, UMSNH; 1489648g@umich.mx*
4. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Facultad de Biotecnología; 1912656f@umich.mx*
5. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Físico Matemáticas; nabanita.schubert@umich.mx*

Palabras Clave: Biofungicida, Fitopatógeno, Nanotecnología.

RESUMEN. Más del 70% de las enfermedades de las plantas son causadas por hongos fitopatógenos, lo que se vuelve una problemática para la agricultura por grandes pérdidas económicas. Uno de los hongos más estudiado es el fusarium debido a que afecta cultivos en todo el mundo y los métodos utilizados para su control son costosos, poca eficacia y no son selectivos con los microorganismos, lo que conlleva a la eliminación de microorganismos benéficos como Trichoderma. El objetivo de este proyecto fue evaluar la inhibición del crecimiento del hongo Fusarium oxysporum y Trichoderma spp, utilizando concentraciones de biomasa de lirio acuático (E. Crassipes) tratado con nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM) y nanotubos de dióxido de Titanio (NTT), utilizado para la fitorremediación de agua impactada con metales pesados. Se utilizó el método de difusión de pozo, donde se adicionarón 100 ul de biomasa de lirio de parte aérea y raíz tratados con nanopartículas con concentraciones de 2 y 3 mg/l. Los resultados mostraron que la inhibición de crecimiento de Fusarium Oxysporum se presentó con NTT 2 mg/L con respecto al control positivo, mientras que con NTCPM 2mg/L incrementó el crecimiento, cabe señalar que el uso de nanopartículas sin lirio acuático no mostró inhibición de crecimiento, por lo que los metales pesados contenidos en los extractos participan en la inhibición. Para el hongo Trichoderma Spp. No se mostró efecto negativo sobre su crecimiento en ninguno de los tratamientos. Además, el uso de tensoactivo (Sapindus saponaria) de origen natural, utilizado para la dispersión de nanopartículas no mostró inhibición en el crecimiento de ambos hongos. De acuerdo con los resultados el uso de lirio acuático utilizado en fitorremediación puede ser una alternativa viable para su uso como fungicida, sin embargo, este proyecto es una fase preliminar por lo cual se requiere un mayor análisis.

INTRODUCCIÓN. La agricultura enfrenta grandes retos por el uso de herbicidas, fungicidas, bactericidas, entre otros; de los cuales se busca que generen el menor impacto en el ser humano y evitar efectos secundarios en el ambito ecológico, además reducir las mermas generadas debido a las diferentes plagas de hongos que afectan los cultivos (González Martínez et al., 2023). Durante muchos años los hongos fitopatógenos son las principales limitantes para el desarrollo y productividad de las plantas, y actualmente siguen siendo un factor que genera pérdidas

económicas en el país y en todo el mundo, ya que poseen alta variabilidad genética y resistencia a fungicidas (Ma et al., 2013). Un ejemplo de estos hongos fitópatogenos es Fusarium, el cual es un género cosmopolita de hongos ascomicetos filamentosos que incluye muchos patógenos vegetales productores de toxinas de importancia agrícola colectivamente. Algunas de las enfermedades producidas por este hongo incluyen a las plagas, pudriciones y cancros en ecosistemas tanto agrícolas como naturales (Ma et al., 2013). Por lo que en la actualidad los costos de eliminación de este hongo pueden llegar a ser muy costosos y no son selectivos con los microorganismos benéficos como lo es Trichoderma spp. Por lo cual, este hongo pertenece al grupo de los hongos filamentosos, se ha consolidado como una herramienta efectiva en la agricultura gracias a sus propiedades y múltiples usos, destacando su capacidad como agente biocontrolador frente a diversos fitopatógenos (Marchuk Larrea et al., 2023).

ANTECEDENTES. Hoy en día, el uso de agroquímicos causa un deterioro significativo en los ecosistemas y aumentando la tasa de resistencia microbiana, que han ido presentando estos patógenos a lo largo del tiempo. Por esta razón, es necesaria la búsqueda de nuevas alternativas en el tratamiento de fitopatógenos, que además de ser amigable con el ambiente, no representa riesgo para los agricultores (Triana & Suescun, 2019). Por lo tanto, en los últimos años el uso de los nanomateriales, como los nanotubos de carbono, nanotubos de titanio entre otros, en diversas áreas de ciencia e ingeniería va aumentando considerablemente. En la agricultura no es la excepción, debido a la necesidad de buscar nuevas alternativas a los fungicidas tradicionales para el desarrollo de los granos de maíz y otros cereales (González Martínez et al., 2023). Consecuentemente, el uso de extractos de origen vegetal puede ayudar a reducir la presencia de microorganismos causantes de enfermedades en la etapa productiva y sin afectar la salud del agricultor y el consumidor. Estos extractos vegetales tienen como ventaja la rápida degradación en el suelo, no producen efectos nocivos en la salud de mamíferos y pueden ser empleados en sistemas de riego orgánico y sostenible (Triana & Suescun, 2019). De esta manera, en este proyecto se utiliza el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) que es un macrófito flotante, que ha causado serios problemas debido a su rápido crecimiento. Sin embargo, tiene una gran tolerancia a la contaminación, y buena capacidad de absorción de metales pesados lo califican para su uso en el tratamiento de aguas residuales (Jayaweera & Kasturiarachchi, 2004; María & Elizabeth, 2014). No obstante, esta maleza es considerada un recurso de inmenso potencial. La biomasa se ha empleado en el tratamiento de aguas residuales, la remediación de metales pesados, la eliminación de tinte, como fuente de biocombustible, en la generación de electricidad entre otras (Rodríguez-Lara et al., 2021). Por lo tanto, en este proyecto, se busca aprovechar la biomasa del lirio acuático (*E. Crassipes*) tratado previamente con nanopartículas de carbono (NTCPM) y de TiO_2 (NTT), después de ser utilizados para la fitorremediación de metales pesados, en la inhibición de crecimiento del hongo *Fusarium oxysporum* y *Trichoderma spp*.

OBJETIVO. Evaluar la inhibición del crecimiento del hongo Fusarium oxysporum y Trichoderma spp., utilizando concentraciones de biomasa de la planta Lirio acuático (E. crassipes) previamente tratada con nanotubos de carbono de pared múltiple (NTCPM) y nanotubos de dióxido de titanio (NTT).

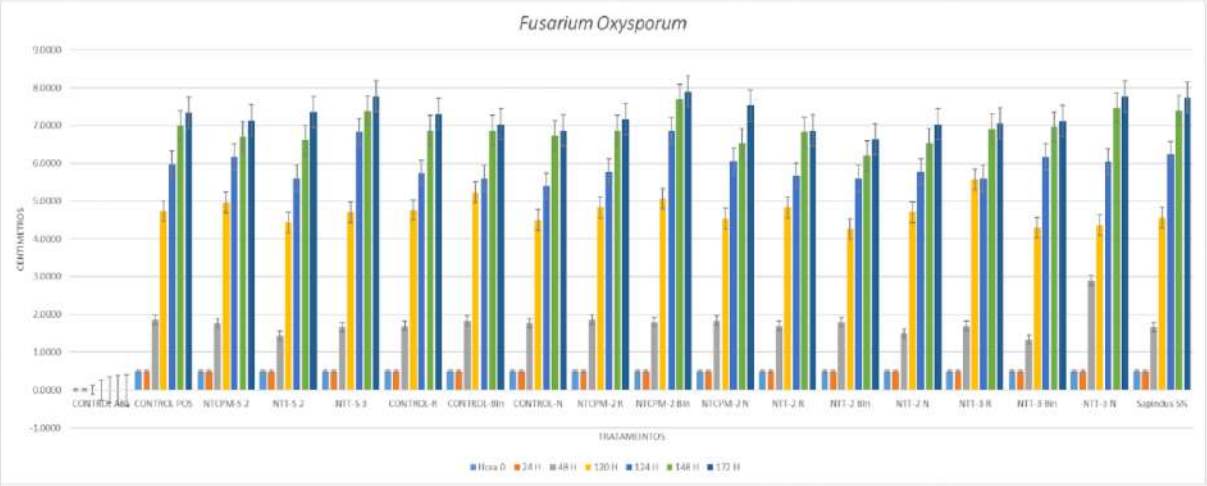
MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó extracto del lirio acuático (*E. crassipes*), tratado previamente con NTCPM a 2 mg/L y extracto de Lirio acuático (*E. crassipes*) tratado previamente con NTT a 2mg/L y 3 mg/L, estos usados previamente para estudios de fitorremediación. Se

utilizó como material biológico, cepas de hongos *Fusarium oxysporum* y *Trichoderma spp.,* pertenecientes al laboratorio de microbiología de la Universidad Tecnológica de Morelia (UTEM). Para los ensayos, se utilizó el método de difusión en pozo, con agar PDA (BD Bioxon), adicionando 100µL del extracto de la biomasa de Lirio acuático de parte aérea, bulbo y raíz, tratados previamente con NTCPM a 2 mg/L y NTT a 2mg/L y 3mg/L, estos extractos recibieron una esterilización superficial de manera que fueron expuestos duran 1h a luz UV con agitación constante en Incubadora de vibración y temperatura constante con UV (Ecoshel). Cada ensayo fue realizado por triplicado de cada uno de los extractos tratados con NTCPM y NTT, como se muestra en la Tabla 1, además se contó con control absoluto (el cual sólo fue agar y agua destilada), un control positivo (el cual se inoculó con el hongo respectivo al ensayo y se utilizó agua destilada) y un control con el tensoactivo *Sapindus* al 5% y las NTCPM a 2mg/L y NTT a 2mg/L y 3 mg/L. Se mantuvieron los todos los ensayos en incubadora (Felisa®) a 27°c durante 192h, para dar crecimiento al hongo se realizó una medición de su diámetro a partir del punto de sembrado cada 24h durante las 192h.

Tratamiento	**Parte del Lirio**	***F. Oxysporum***	***Trichoderma spp.***
Control Absoluto	-	-	-
Control Positivo	-	✓	✓
Control *Sapindus* 5%	-	✓	✓
Control	R	✓	✓
	B-In	✓	✓
	N	✓	✓
Sapindus + NTCPM-2	-	✓	✓
Sapindus + NTT-2	-	✓	✓
Sapindus + NTT-3	-	✓	✓
NTCPM-2	R	✓	✓
	B-In	✓	✓
	N	✓	✓
NTT-2	R	✓	✓
	B-In	✓	✓
	N	✓	✓
NTT-3	R	✓	✓
	B-In	✓	✓
	N	✓	✓

Tabla 1. *Extractos (tratamientos) del Lirio acuático utilizados para la determinación de acción fungicida sobre F. Oxysporum y Trichoderma. Nota*: Los acrónimos utilizados son: NTT (Nanotubos de TiO_2), NTCPM (Nanotubos de Carbono de pared múltiple), R (Raíz), B-In (Bulbo Inyectado), N (Bulbo No Inyectado), el número 2 o 3 se refiere a la concentración en mg/L.*

RESULTADOS.



En la Fig.1, se puede observar que el control con tensoactivo (*Sapindus* al 5%) a esta concentración no presenta acción fungicida sobre este microorganismo, de igual manera los nanocompuestos por si solos con el tensoactivo no presenta una acción fungicida con respecto al control positivo, lo que nos confirma que el uso de lirio acuático usado previamente como fitorremediador, al extraer contaminantes como metales pesados entre ellos en Cobre (Cu), Cromo (Cromo), Zinc (Zn), etc. ayudan a la acción fungicida, dando otro uso viable al lirio acuático.

Por otro lado, se obtuvo una ligera inhibición en el crecimiento del hongo *Fusarium Oxysporum* al ser expuestos con el extracto del Lirio acuático *(E. crassipes),* específicamente de la parte del bulbo tratado previamente con Nanotubos de TiO_2 a 2mg/L con respecto a los controles, sin embargo, se puede observar una estimulación en el crecimiento de *Fusarium Oxysporum* expuesto al extracto de Lirio acuático (bulbo) con NTCPM a 2 mg/L.

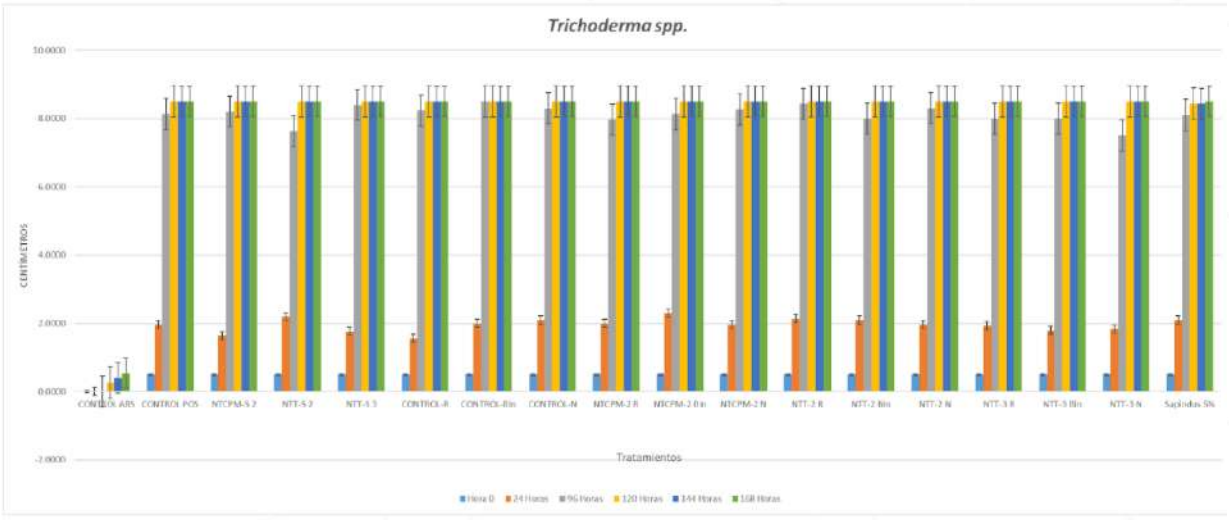


Figura 2. *Respuesta fungicida de los extractos del lirio acuático (E. crassipes) tratados con NTCPM y NTT sobre el hongo Trichoderma spp.*

Sin embargo, en la Fig. 2, se puede mostrar que no se obtuvo una respuesta inhibitoria al crecimiento del hongo *Trichoderma Spp.,* con respecto a los controles positivo y el control con *Sapindus* al 5%.

CONCLUSIONES. Los resultados mostraron que la inhibición de crecimiento de Fusarium Oxysporum se presentó con NTT 2 mg/L con respecto al control positivo, mientras que con NTCPM 2mg/L incrementó el crecimiento, cabe señalar que el uso de nanopartículas sin lirio acuático no mostró inhibición de crecimiento, por lo que los metales pesados contenidos en los extractos participan en la inhibición. Para el hongo Trichoderma Spp. no se mostró efecto negativo sobre su crecimiento en ninguno de los tratamientos. Además, el uso de tensoactivo (Sapindus saponaria) de origen natural, utilizado para la dispersión de nanopartículas dentro de la planta, no mostró inhibición en el crecimiento de ambos hongos. De acuerdo con los resultados el uso de lirio acuático utilizado en fitorremediación puede ser una alternativa viable para su uso como fungicida, sin embargo, este proyecto es una fase preliminar por lo cual se requiere un mayor análisis ya que los resultados son bastante prometedores.

REFERENCIAS.

1. González Martínez, J. R., Gámez Corrales, R., & Barffuson Domínguez, F. (2023). Aplicación de Nanomateriales en la Agricultura. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(4), 5444-5456. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7359
2. Jayaweera, M. W., & Kasturiarachchi, J. C. (2004). Removal of nitrogen and phosphorus from industrial wastewaters by phytoremediation using water hyacinth (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms). Water Science and Technology, 50(6), 217-225. https://doi.org/10.2166/wst.2004.0379
3. Ma, L.-J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F., Gardiner, D. M., Manners, J. M., & Kazan, K. (2013). Fusarium Pathogenomics. Annual Review of Microbiology, 67(1), 399-416. https://doi.org/10.1146/annurev-micro-092412-155650
4. Marchuk Larrea, C. N., Benítez Rodas, G. A., Sandoval-Espínola, W. J., Fernández Rios, D., & Arrúa, A. A. (2023). Trichoderma un aliado de la agricultura. Reportes científicos de la FACEN, 14(2), 183-189. https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.2.183
5. María, S. M. A., & Elizabeth, Q.-R. (2014). AISLAMIENTO DE HONGOS ENDOFITOS DE Eichhornia crassipes PROVENIENTE DE LA REGIÓN DEL RIO LERMA CERCANO A LA REFINERIA DE SALAMANCA, GUANAJUATO. 1(3).
6. Rodríguez-Lara, J. W., Cervantes-Ortiz, F., Arambula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L. A., Aguirre-Mancilla, C. L., & Andrio-Enríquez, E. (2021). Lirio acuático (Eichhornia crassipes): Una revisión. Agronomía Mesoamericana, 44201. https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201
7. Triana, I. N. H., & Suescun, N. F. M. (2019). MACRÓFITAS Eichhornia crassipes Y Lemna gibba FRENTE A BACTERIAS Y.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324136

PROPAGACIÓN DE ESQUEJES DE LA PLANTA MEDICINAL HIERBA DE LA INSULINA (Salvia amarissima)

Jesús Sánchez Gómez[1], María Dolores Rodríguez Torres[2]
1 Instituto Tecnológico de Jiquilpan; sanchez.gomez.mx@gmail.com
2 Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán, Laboratorio de Biología Molecular; mdrodriguezt@ipn.mx

Palabras Clave: PGPR, SynCom, Plantas Medicinales, Salvia amarissima, Esquejes

RESUMEN. El estudio se enfoca en analizar los parámetros de crecimiento de esquejes de Salvia amarissima (S. amarissima) mediante pruebas de inoculación con cuatro cepas de Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (PGPR), tanto individualmente como en combinación formando una Comunidad Microbiana Sintética (SynCom). Los resultados mostraron que la propagación de esta planta medicinal a través de esquejes, junto con la inoculación de microorganismos, aumentó significativamente la biomasa de las plantas. En comparación con el control, las cepas bacterianas Pseudomonas sp., Herbiconiux flava y la SynCom lograron los mejores resultados, incrementando el peso húmedo y seco total en más del 90 %, 70 % y 40 %, respectivamente. Este enfoque se propone como una solución sostenible para aumentar la disponibilidad de plantas medicinales y mejorar su calidad, contribuyendo a la conservación de especies valiosas.

INTRODUCCIÓN. Las plantas medicinales son aquellas que contienen principios activos en su composición química y, al administrarse en dosis adecuadas, tienen efectos farmacológicos en el organismo [1]. Estas plantas se utilizan ampliamente para tratar dolencias y enfermedades, apoyadas en la tradición y el conocimiento ancestral.
La investigación científica ha validado el uso tradicional de S. amarissima (conocida comúnmente como "planta de la insulina") (ver Fig. 1), demostrando principalmente sus efectos antidiabéticos e hipoglucemiantes [2]. Para asegurar la preservación de esta planta para las futuras generaciones, es fundamental promover métodos de propagación sostenibles. En este contexto, la propagación por esquejes se presenta como una técnica clave para el cultivo sostenible, contribuyendo significativamente a la conservación y disponibilidad continua de esta especie tan valiosa.



Figura 1. *Salvia amarissima*

ANTECEDENTES. De las 4,500 plantas medicinales en México, solo el 5% ha sido analizado farmacológicamente, dejando un 95% sin explorar, el 85% se extrae del medio silvestre sin planes de manejo sustentable, lo que pone en riesgo su disponibilidad y aunque el 80% de los mexicanos ha usado plantas medicinales, sigue existiendo una brecha entre el conocimiento tradicional y su validez científica [3].
El cambio climático amenaza a las plantas medicinales al afectar su crecimiento, producción y la calidad de sus compuestos medicinales [4]. Por ello, Es crucial conservar y cultivar localmente plantas valiosas, capacitar a los recolectores en sostenibilidad y preservar el conocimiento tradicional [5].
Los microorganismos asociados a las plantas promueven su crecimiento, resistencia y producción de metabolitos secundarios [6]. Tradicionalmente, estos microbios suelen formularse como inoculantes para muchos cultivos; no obstante, este enfoque presenta limitaciones, ya que la efectividad de los inoculantes o microbios individuales no logran colonizar la planta o no proporcionan los beneficios esperados [7]. Por el contrario, cada vez más se reconoce que las SynCom pueden superar algunos de estos desafíos, las SynCom incluyen múltiples especies microbianas que crecen juntas y proporcionan beneficios colectivos a la planta huésped [8].

OBJETIVO. Propagar esquejes de la planta medicinal *S. amarissima* mediante la inoculación con PGPR y una SynCom.

OBJETIVOS ESPECÍFICO. Evaluar el efecto de la inoculación con cuatro cepas de PGPR y una SynCom sobre los parámetros de crecimiento de esquejes de *S. amarissima*.

MATERIALES Y MÉTODOS
El estudio se realizó en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán entre febrero y junio de 2024. Se utilizaron esquejes de *S. amarissima* obtenidos de plantas sanas, que fueron inoculados con cuatro cepas de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp.*, y *Herbiconiux flava*. Además, se incluyó un tratamiento con una SynCom que combinaba estas cepas bacterianas y un grupo control (testigo) en donde el inóculo consistió en agua destilada estéril.
Los esquejes se plantaron en un sustrato que consistía en una mezcla de turba de esfagno y perlita, con los inoculantes bacterianos correspondientes. Se realizaron inoculaciones cada 21 días, y se evaluaron variables de crecimiento como la longitud de la raíz, altura de la parte aérea, peso húmedo y peso seco total de las plantas. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. A simple vista, se observan diferencias en la altura aérea de las plantas y la longitud de las raíces entre los diferentes tratamientos utilizados (ver Fig. 2 y 3). Sin embargo, esta variable no mostró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$).

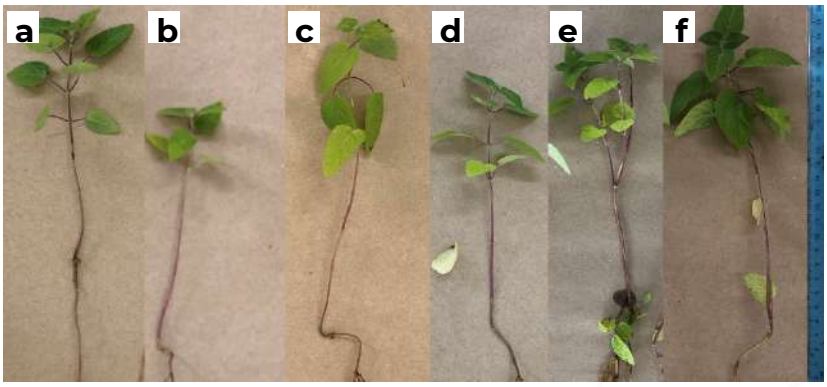


Figura 2. *Aspecto de la parte aérea de esquejes de S. amarissima inoculados con diferentes tratamientos:* ***a****. Bacillus subtilis,* ***c****. Bacillus sp.,* ***d****. SynCom,* ***e****. Herbiconiux flava,* ***f****. Pseudomonas sp. y* ***b****. control.*

La inoculación con PGPR, ya sea de manera individual o combinadas en una SynCom, no tiene un efecto directo en la promoción de la altura aérea de las plantas ni en la longitud de las raíces (ver Fig. 4a y 4b). Esto sugiere que, a pesar de que estas bacterias pueden influir en otros aspectos del crecimiento de las plantas, no afectan significativamente estas dos variables específicas en las condiciones evaluadas.



Figura 3. *Aspecto de las raíces de los esquejes de S. amarissima inoculadas con diferentes tratamientos:* ***a****. Bacillus subtilis,* ***c****. Bacillus sp.,* ***d****. SynCom,* ***e****. Herbiconiux flava,* ***f****. Pseudomonas sp. y* ***b****. control.*

Las cepas individuales *Herbiconiux flava* y *Pseudomonas sp.* demostraron ser más efectivas que la SynCom en la promoción de la producción de biomasa en las plantas. La inoculación con estas cepas individuales resultó en un incremento significativo tanto en el peso húmedo como en el peso seco de las plantas ($P < 0.05$) (ver Fig. 4c y 4d). Por otro lado, el tratamiento con SynCom también mostró mejoras en estas variables en comparación con el control, aunque no superó los resultados obtenidos con las cepas individuales. Es decir, mientras que *Herbiconiux flava* y *Pseudomonas sp.* ofrecieron los mayores aumentos en la biomasa, el tratamiento SynCom aún superó al control en términos de peso húmedo y seco total.

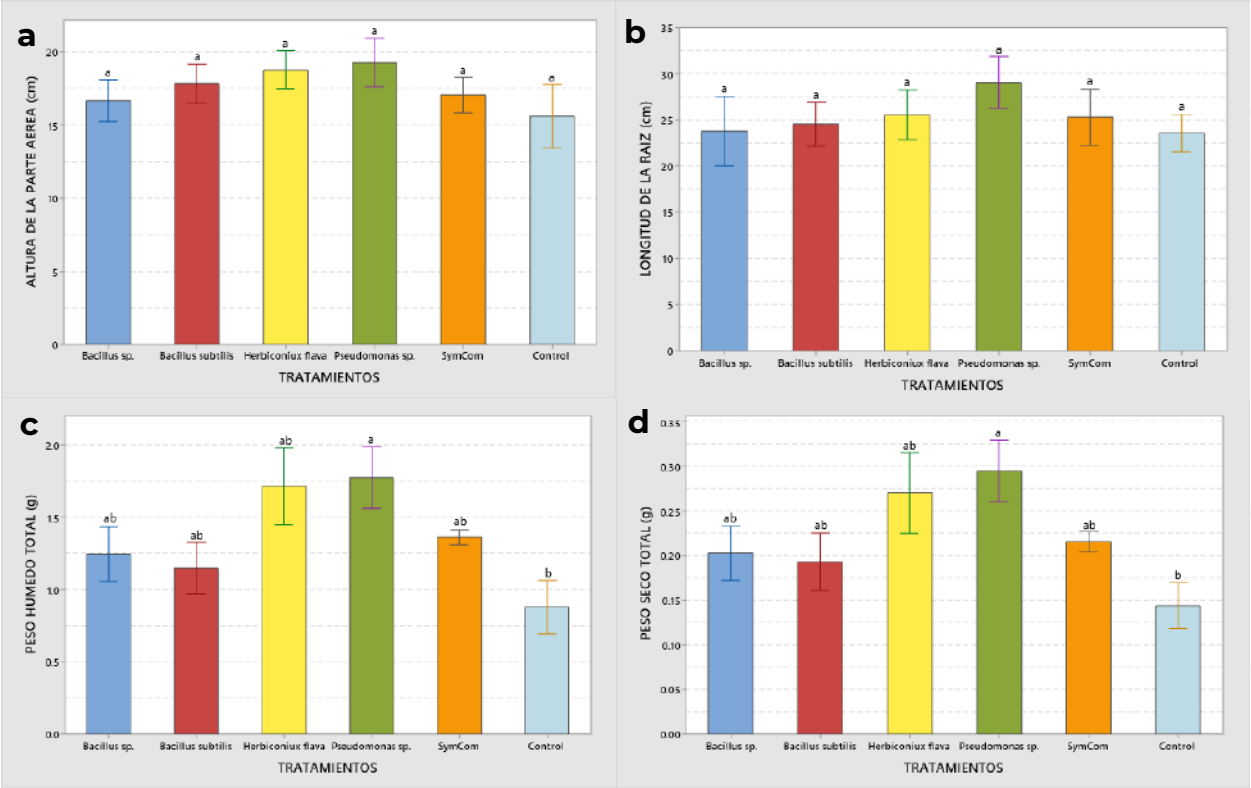


***Figura 4**. Fomento del crecimiento de la SynCom y cepas individuales en esquejes de S. amarissima. **a**. Altura de la parte aérea. **b**. Longitud de la raíz. **c**. Peso húmedo total. **d**. Peso seco total. Las barras indican la media ± EE (n = 8). No existen diferencias estadísticamente significativas (P < 0.05) entre aquellos tratamientos que compartan una misma letra.*

CONCLUSIONES. Los resultados del estudio sugieren que la inoculación con rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, especialmente *Pseudomonas sp*. y *Herbiconiux flava*, puede mejorar significativamente el crecimiento de *S. amarissima* en propagación por esquejes. La combinación de la propagación vegetativa con el uso de inoculantes microbianos demostró ser una estrategia efectiva para aumentar la biomasa y mejorar la calidad de las plantas medicinales. Aunque la SynCom también mostró beneficios, los mejores resultados se obtuvieron con cepas bacterianas individuales.

Este enfoque podría ser una solución viable para abordar el problema de la sobrecolecta de plantas medicinales y contribuir a su conservación y uso sostenible. Se recomienda continuar investigando el uso de comunidades microbianas sintéticas y otros inoculantes para mejorar la propagación de especies de plantas medicinales.

REFERENCIAS

[1] F. Muñoz López de Bustamante, *Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado*. Mundi-Prensa, 2002.

[2] Y. Herrera Bravo, “Evaluación de la actividad antidiabética in vitro de los extractos de hoja de Salvia amarissima fresca y seca”, Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, 2022. [En línea]. Disponible en: https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4708

[3] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], "Diversidad Natural y Cultural", Plantas Medicinales. [En línea]. Disponible en: https://biodiversidad.gob.mx/diversidad/medicinal/plantas

[4] A. Gupta *et al.*, "Medicinal plants under climate change: impacts on pharmaceutical properties of plants", en *Climate Change and Agricultural Ecosystems*, Elsevier, 2019, pp. 181–209. doi: 10.1016/B978-0-12-816483-9.00008-6.

[5] W. L. Applequist *et al.*, "Scientists' warning on climate change and medicinal plants", *Planta Med*, vol. 86, núm. 01, pp. 10–18, ene. 2020, doi: 10.1055/a-1041-3406.

[6] W. Wu *et al.*, "Beneficial relationships between endophytic bacteria and medicinal plants", *Front Plant Sci*, vol. 12, núm. 646146, abr. 2021, doi: 10.3389/fpls.2021.646146.

[7] A. Shayanthan, P. A. C. Ordoñez, y I. J. Oresnik, "The role of synthetic microbial communities (SynCom) in sustainable agriculture", *Frontiers in Agronomy*, vol. 4, núm. 1, p. e1002352, jun. 2022, doi: 10.3389/fagro.2022.896307.

[8] S. Kaur *et al.*, "Synthetic community improves crop performance and alters rhizosphere microbial communities", *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, vol. 1, núm. 2, pp. 118–131, jun. 2022, doi: 10.1002/sae2.12017

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324137

PATOGENICIDAD DE AISLADOS DE Phytophthora EN LIMÓN Y TORONJA DE MICHOACÁN

Alejandro Soto Plancarte[1], Marlene Díaz Celaya[2], Daniela Pineda Vaca[3], Sylvia Patricia Fernández Pavía[4], Juan Carlos Álvarez Hernández[5], Gerardo Rodríguez Alvarado[6]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alexsotoppv@gmail.comM

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marlenediazcelaya@gmail.comd

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; danypinvac@gmail.com2

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; patricia.pavia@umich.mxM

5Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; alvarez.juan@inifap.gob.mxd

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gra.labpv@gmail.com

Palabras Clave: gomosis, cancro, cítricos.

RESUMEN. En México, el estado de Michoacán es el principal productor de limón mexicano y el segundo en producción de toronja. Sin embargo, su producción está amenazada por la presencia de enfermedades causadas por hongos y oomicetes. Durante 2021 se obtuvieron aislados de muestras de suelo de huertas de limón mexicano y toronja, cuyos árboles presentaban síntomas de cancro y gomosis en ramas y troncos en el municipio de Parácuaro, Michoacán. El objetivo de este estudio fue identificar el agente causal de la enfermedad. Los aislados obtenidos se cultivaron en medio V8 y se agregó extracto de suelo no estéril, para inducir la esporulación y determinar su morfología. Los aislados PHYMIC-3 de limón y PHYMIC-6 de toronja fueron seleccionados para determinar su patogenicidad, se inocularon frutos (3) y plantas (3), de limón y toronja. Se inoculó un disco de medio con micelio en frutos y tallos del portainjerto. Las plantas control se inocularon con un disco de medio sin micelio. Las características morfológicas y el análisis molecular permitieron identificar los aislados como Phytophthora spp. En las pruebas de patogenicidad los frutos de limón presentaron necrosis, y los de toronja crecimiento abundante de micelio blanco en la superficie del fruto. Las plantas inoculadas presentaron síntomas de gomosis y necrosis similares a los observados en campo. Los controles no presentaron síntomas. En todos los casos se recuperó a los aislados de Phytophthora que fueron inicialmente inoculados. En este trabajo se confirmó que Phytophthora es el agente causal del cancro en plantas de limón y toronja en Michoacán, México.

INTRODUCCIÓN. El estado de Michoacán es el principal productor de limón en México, con 601,028.30 toneladas por hectárea, y el segundo, después de Veracruz, en la producción de toronja, con 60,578.44 toneladas por hectárea (SIAP, 2024). Sin embargo, su producción está amenazada por la presencia de enfermedades que causan cancro en ambos cultivos, causadas por oomicetes. Uno de estos oomicetes es Phytophthora. Phytophthora es un oomicete cosmopolita de ambientes húmedos, templados cálidos, subtropicales y tropicales. Tiene una amplia gama de hospedantes, que incluye desde herbáceas, hasta árboles (Erwin y Ribeiro, 1996). Las especies de Phytophthora son responsables de causar grandes pérdidas económicas en cultivos de cítricos. Además de la pudrición causada por Phytophthora, se reduce hasta un 46% del rendimiento de las plantas de cítricos en California, y la industria de los cítricos pierde

alrededor de 12,9 millones de dólares anuales debido a este patógeno (Anónimo, 1989; Menge, 1993). En México, los estudios sobre Phytophthora en cítricos son escasos. Durante 2021 se observaron plantas de limón y toronja enferma. Se obtuvieron aislados de muestras de suelo de huertas de limón mexicano (Citrus aurantifolia) y toronja (Citrus x paradisi), cuyos árboles presentaban síntomas de cancro y gomosis en ramas y troncos en el municipio de Parácuaro, Michoacán.

ANTECEDENTES. Según Savita y Nagpal (2012), en cítricos, las especies más importantes son Phytophthora parasitica (P. nicotianae), P. citrophthora y P. palmivora. También mencionan que otras especies de Phytophthora, como P. boehmeriae, P. cactorum, P. cinnamoni, P. citricola, P. citrophthora, P. dreschleri, P. hibernalis, P. megasperma, P. palmivora y P. syringae, son patógenas para los cítricos en diferentes áreas de cultivo en todo el mundo. Según el USDA Fungal Databases (https://fungi.ars.usda.gov), en México existen reportes de P. citrophthora en Citrus limetta, Citrus limon, Citrus maxima, Citrus sinensis, Citrus sp., Phytophthora parasitica en Citrus sinensis, Citrus sp., y Phytophthora sp. en Citrus sinensis. En toronja (Citrus x paradisi), solamente está reportada P. citrophthora en Italia (Jung et al., 2016). P. citrophthora causa enfermedades de gomosis grave en árboles de cítricos; en brotes históricos, casi todos los árboles de cítricos fueron destruidos. También causa pudrición de la raíz, necrosis del tallo, cancro, pudrición del fruto, tizón de las ramas y tizón de las plántulas (Erwin y Ribeiro 1996). Basándonos en los síntomas antes descritos y los observados en campo en plantas de limón y toronja, consideramos necesario identificar el agente causal y conocer su distribución en Michoacán.

OBJETIVO. Identificar el agente causal de la enfermedad de cancro y gomosis en limón y toronja.

MATERIALES Y MÉTODOS. Colecta de muestras. En 2021, se visitaron huertas de limón y toronja en Parácuaro, Michoacán. Se obtuvieron aislamientos de muestras de suelo de huertas de limón mexicano y toronja, cuyos árboles presentaban síntomas de cancro y gomosis en ramas y troncos en el municipio de Parácuaro, Michoacán (Fig. 1).



Figura 1. *Síntomas en plantas de toronja.* ***A****, cancro y gomosis en ramas y tronco;* ***B****, muerte descendente de ramas.*

Caracterización morfológica. Los aislados obtenidos se cultivaron en medio V8 y se agregó extracto de suelo no estéril para inducir la esporulación y determinar sus características morfológicas. Los aislados se colocaron bajo luz blanca continua, y se realizaron cambios diarios del extracto de suelo no estéril hasta observar las estructuras. La identificación se realizó empleando la clave lúcida de Abad et al., (2023).

Pruebas de patogenicidad. Los aislados PHYMIC-3 de limón mexicano y PHYMIC-6 de toronja fueron seleccionados para determinar su patogenicidad, cada aislado se inoculó en frutos (3) y plantas (3), de limón y toronja. En el caso de los frutos de limón y toronja, estos fueron lavados con agua corriente de la llave y jabón. Después, fueron asperjados con alcohol al 70% y dejaron secar a temperatura ambiente. Los frutos inoculados con un disco de medio con micelio se colocaron sobre cajas petri en cámara húmeda hasta la aparición de síntomas.

Las plantas de limón y toronja fueron inoculadas colocando un disco de medio con micelio en el tallo, aproximadamente a 10 cm de la base del portainjerto. Para esto, previamente se realizaron cortes en la corteza con una navaja estéril, se colocó el disco entre el tejido leñoso y la corteza, y se selló con parafilm hasta la aparicón de síntomas. Las plantas y frutos control se inocularon con un disco de medio sin micelio. Las plantas inoculadas de limón y toronja se distribuyeron al azar.

Identificación molecular. La identificación molecular se realizó amplificando secuencias parciales del gen mitocondrial CO1 (citocromo *c* oxidasa subunidad 1) con los oligonucleótidos OomCoxI-Levup y Fm85mod modificados por Martin y Tooley (2003), bajo las condiciones descritas por Robideau *et al*., (2011).

RESULTADOS. Se obtuvieron 6 aislados de *Phytophthora*, 4 de toronja y 2 de limón. Los aislados presentaron esporangios papilados, ovoides, pedicelo caduco y simpodio simple. El aislado PHYMIC-6 de toronja formó oosporas apleróticas y anteridio anfigíno. En las pruebas de patogenicidad, los frutos de limón inoculados presentaron necrosis, y los de toronja crecimiento abundante de micelio blanco en la superficie del fruto (Fig. 2). Los controles no presentaron síntomas.

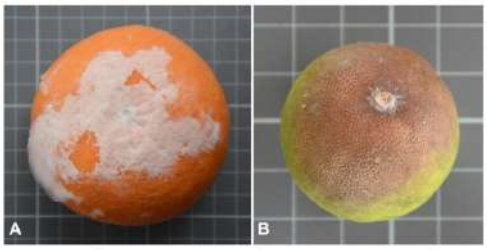


Figura 2. *Pruebas de patogenicidad en frutos.* ***A****, fruto de toronja con micelio blanco de Phytophthora;* ***B****, fruto de limón con necrosis.*

Las plantas inoculadas de limón y toronja presentaron síntomas de gomosis y necrosis similares a los observados en campo. Los controles no presentaron síntomas. El aislado PHYMIC-6 se reaisló de limón y toronja de la corteza y tallo de las plantas inoculadas. El aislado PHYMIC-3 se reaisló solo de corteza de limón; mientras que, de toronja se reaisló de corteza y tallo de las plantas inoculadas. En todos los casos se recuperaron los aislados de *Phytophthora* que fueron inicialmente inoculados. Las características morfológicas y el análisis molecular permitieron identificar los aislados como *Phytophthora* spp. Se están amplificando más genes para determinar con precisión las especies de *Phytophthora* de los aislados obtenidos.

CONCLUSIONES. Con base en las características morfológicas, las pruebas de patogenicidad y análisis molecular, se determinó que Phytophthora spp. son el agente causal del cancro y gomosis en plantas de limón y toronja de huertas de Michoacán.

REFERENCIAS.

1. Abad, Z. G., Burgess, T. I., Redford, A. J., Bienapfl, J. C., Srivastava, S., Mathew, R., & Jennings, K. (2023). IDphy: An international online resource for molecular and morphological identification of Phytophthora. Plant Disease, 107(4), 987-998.
2. Anonymous. (1989). Insects and Diseases of Trees in the South. USDA Forest Service. Protrotection Report R8-PR16; p. 98.
3. Erwin, D. C. and Ribeiro, (1996). Phytophthora diseases worldwide. American Phytopathological Society, 562 p.
4. Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., Abad-Campos, P., Aday, A. G., Aguín Casal, O., ... & Peréz-Sierra, A. (2016). Widespread Phytophthora infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of Phytophthora diseases. Forest Pathology, 46(2), 134-163.
5. Martin, F. N., & Tooley, P. W. (2003). Phylogenetic relationships among Phytophthora species inferred from sequence analysis of mitochondrially encoded cytochrome oxidase I and II genes. Mycologia, 95(2), 269-284.
6. Menge, J. A. (1993). Improved root rot control with mulches. California Citrograph. 79: 16

7. Robideau, G. P., De Cock, A. W., Coffey, M. D., Voglmayr, H., Brouwer, H., Bala, K., ... & André Lévesque, C. (2011). DNA barcoding of oomycetes with cytochrome c oxidase subunit I and internal transcribed spacer. Molecular Ecology Resources, 11(6), 1002-1011.
8. Savita, G. S. V., & Nagpal, A. (2012). Citrus diseases caused by Phytophthora species. GERF Bulletin of Biosciences, 3(1), 18-27.
9. SIAP, 2024. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (Consultada el 14-09-2024)

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324139

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD AMILOLÍTICA EXTRACELULAR EN *Chlorella sorokiniana*, EMPLEANDO UN DISEÑO EXPERIMENTAL DE CRIBADO

Sofia Torres-Momber[1], Frizek Nathaniel Morales-Rivera[2], Julio César Jacuinde-Ruíz[3], Juan Carlos González-Hernández[4]*

*1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; **I20120515@morelia.tecnm.mx***

*2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; **I20120941@morelia.tecnm.mx***

*3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; **julio.jr@morelia.tecnm.mx***

4 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; **juan.gh@morelia.tecnm.mx***

Palabras Clave: Fotosíntesis, Amilasas, Plackett-Burman.

RESUMEN. Las microalgas juegan un papel importante en los sistemas acuáticos minimizando los efectos del cambio climático global y presentan gran relevancia biotecnológica industrial. La microalga Chlorella sorokiniana, destaca por su acelerado desarrollo y composición química; sin embargo, no se ha evaluado su capacidad de producir enzimas extracelulares con aplicación biotecnológica. El objetivo de la presente fue evaluar el efecto de la concentración de nitrógeno, temperatura y fotoperiodo a dos niveles sobre el crecimiento celular y la actividad amilolítica extracelular en C. sorokiniana utilizando un diseño experimental tipo Plackett-Burman. Se calcularon las constantes cinéticas de crecimiento (velocidad máxima de crecimiento (μ), tiempo de duplicación (td) y velocidad de generación (δ)) a partir de los resultados experimentales, donde se encontró que una combinación de alta temperatura, alto fotoperiodo y bajo nivel de nitrógeno optimizó el crecimiento celular (alcanzando 521 x 106 cel mL-1), la actividad amilolítica (1281.5 U mL-1) y las constantes cinéticas (μ = 0.022 h-1, td = 4.505 h, δ = 0.022 h-1, YX/S = 6.5 6.5 g Biomasa g-1 NaNO3). Gracias a los resultados del análisis ANOVA se concluye que la temperatura fue el factor con mayor influencia, seguido del fotoperiodo y la concentración de nitrógeno, estimulando tanto el crecimiento celular de la microalga como la producción de amilasas extracelulares.

INTRODUCCIÓN. Existen diferentes tipos de microorganismos útiles para la producción de materia prima en la producción alimenticia y de biocombustibles; entre ellos están las microalgas que presentan características que les han permitido participar en las áreas anteriormente mencionadas [1]. Hoy en día las microalgas tienen diversas aplicaciones, además de la función que cumplen en los ecosistemas acuáticos, son utilizadas para minimizar los efectos del cambio climático global, en la industria farmacéutica, en la industria alimentaria y en el área médica; finalmente otras aplicaciones son la elaboración de biocombustibles, fabricación de plásticos, fertilizantes [2]. Una de las microalgas con gran relevancia y aplicación es C. sorokiniana, capaz de generar cantidades extensas de biomasa, constituida principalmente por lípidos, aminoácidos esenciales, carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales, a partir de los cuales se pueden obtener biocombustibles, productos textiles, productos farmacéuticos, cosméticos y suplementos alimenticios. Por otro lado, también es un microorganismo capaz de producir enzimas intra y extracelulares [3]. Las enzimas son proteínas, formadas por aminoácidos covalentemente unidos

entre sí, que catalizan en los organismos una gran variedad de reacciones químicas, las cuales tienen una enorme variedad de funciones dentro y fuera de la célula [4]. Se han desarrollado diversos estudios en donde se evalúa la capacidad de producción de amilasas en algunas cepas de Chlorella, tal es el caso de Guzmán en 2015, extrajo amilasa del alga Chlorella antártica quienes reportaron que las mejores condiciones para liberar una mayor concentración de amilasa en medio Nitrofoska (N, P, K, Mg, S, Fe, B, Cu, Mn, Zn, Co, Mo) con CaCl2 al 1% y 0.5% y m-1 modificado con CaCl2 al 0.5% y 1%, predominando el medio Nitrofoska con CaCl2 al 0.5%. Se ha evidenciado que microalgas del género Chlorella producen enzimas amilasas [5], por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las condiciones de crecimiento en C. sorokiniana para cuantificar la actividad amilolítica extracelular y el crecimiento microbiano de esta microalga.

MATERIALES Y MÉTODOS. La cepa *C. sorokiniana*, con clave de cepario CIB50, fue obtenida del Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S.C. del Instituto Politécnico Nacional Campus La Paz B.C.S. El inoculó de *C. sorokiniana* se desarrolló adicionando 1 mL de alga en 500 mL de medio 3N-BBM+ V(CCAP) (tomado y modificado de [6]), posteriormente para su crecimiento se colocó debajo de focos de luz roja con intensidad aproximada de 3,600 a 4,200 lux, temperatura ambiente de 22 a 26 °C, fotoperiodo de 16 horas y agitación manual cada 24 horas durante 21 días. La experimentación se desarrolló a partir de un diseño experimental de cribado tipo Plackett-Burman evaluando tres factores (temperatura, concentración de nitrógeno y fotoperiodo) con dos niveles (alto y bajo) y un punto central para cada factor (Tabla 1).

Factor	Nivel bajo	Nivel alto	Punto central
Temperatura (°C)	T_1	T_2	T_c
Nitrógeno (g $NaNO_3$ 100 mL^{-1})	N_1	N_2	N_c
Fotoperiodo (h)	F_1	F_2	F_c

Tabla 1. *Factores y niveles de la cinética.*

A partir del diseño experimental se establecieron 14 pruebas que se desarrollaron por duplicado para un total de 28 pruebas; las cuales se agruparon en cinco corridas según sus condiciones de temperatura y fotoperiodo (parámetros controlados desde el agitador oblicuo) (Tabla 2) y para cada corrida experimental se añadió un blanco que sirvió como control sin nitrato añadido.
El monitoreo de cada prueba se realizó mediante muestreos cada 8 h durante las primeras 72 h y posteriormente a cada 12 h hasta completar 176 h. El seguimiento de crecimiento microbiano se realizó mediante conteo celular[7], mediciones de pH[8], determinación de peso seco[8], cuantificación de proteínas extracelulares[9], cuantificación de nitrato en el medio [8] y cuantificación de actividad amilolítica extracelular [10]. Se calculó para cada prueba las constantes cinéticas de μ, t_d y δ; y se calculó el rendimiento de producción de biomasa ($Y_{X/S}$). Finalmente, se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el software Minitab 19®, en el cual se tomaron en cuenta como variables de respuesta la producción de proteínas extracelulares y la actividad amilolítica extracelular; la influencia de cada factor fue examinada mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando un umbral de significancia de *p*-valor menor a 0.10.

Corridas	Temperatura (°C)	Fotoperiodo (h)	Concentración de nitrato (g $NaNO_3$ L^{-1})		
			N_1 (Pruebas)	N_2 (Pruebas)	N_c (Pruebas)
1	T_2	F_1	10, 24	2,5,16,19	--
2	T_2	F_2	1,4,15,18	6, 20	--
3	T_1	F_1	9,12,23,26	11, 25	--
4	T_1	F_2	8, 22	3,7,17,21	--

5	T_c	F_c	--	--	13,14,27,28

Tabla 2. *Diseño experimental y corridas.*

El monitoreo de cada prueba se realizó mediante muestreos cada 8 h durante las primeras 72 h y posteriormente a cada 12 h hasta completar 176 h. El seguimiento de crecimiento microbiano se realizó mediante conteo celular [7], mediciones de pH[8], determinación de peso seco[8], cuantificación de proteínas extracelulares[9], cuantificación de nitrato en el medio [8] y cuantificación de actividad amilolítica extracelular [10]. Se calculó para cada prueba las constantes cinéticas de μ, t_d y δ; y se calculó el rendimiento de producción de biomasa ($Y_{X/S}$). Finalmente, se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el software Minitab 19®, en el cual se tomaron en cuenta como variables de respuesta la producción de proteínas extracelulares y la actividad amilolítica extracelular; la influencia de cada factor fue examinada mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando un umbral de significancia de *p*-valor menor a 0.10.

RESULTADOS. La respuesta obtenida a partir de las cinéticas experimentales arrojaron que en la corrida 2 se presentaron los mejores resultados, los cuales se describirán a continuación: particularmente las condiciones en las que se llevó dicho tratamiento (temperatura T_2, fotoperiodo F_2), se observó que la adición de nitrato al medio basal incrementó el crecimiento microbiano hasta 415 x10^6 cel mL^{-1} (Fig. 1), en donde tanto para el nivel bajo y nivel alto de nitrógeno no se tuvo diferencia significativa en el número de células por mililitro cuantificadas para ambos niveles; sin embargo, la adición de nitrógeno representó un incremento en el orden de 25% respecto al blanco utilizado en dicha corrida, el cual tuvo un crecimiento máximo de 332x10^6 cel mL^{-1} a las 80 h. Así mismo en la Fig. 1 se observa que hubo una etapa de adaptación de aproximadamente 24 h al inicio del estudio, y posteriormente entre las horas 32 a 80 se presentó la fase de crecimiento exponencial y finalmente de la hora 80 a la 176 todas las pruebas se mantuvieron en fase de crecimiento estacionario.

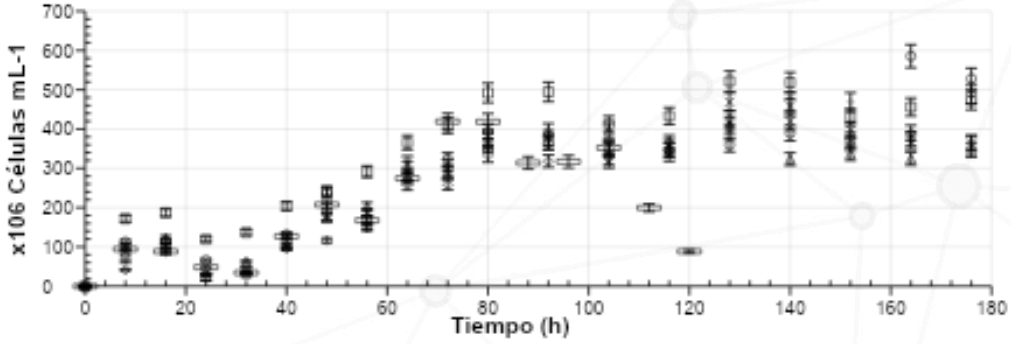


Figura 1. *Crecimiento microbiano de corrida 2 (T_2, F_2, N_1 y N_2) (Donde: ▱: Tratamiento 1; ○: Tratamiento 4; +: Tratamiento 6; ×: Tratamiento 15; □: Tratamiento 18; Δ: Tratamiento 20; ◊: Tratamiento blanco) (Desv. Std. para n=3).*

En la corrida 2 se evaluaron las pruebas 6 y 20 con concentración N_2, en las cuales se observó un consumo aproximado del 33% del nitrógeno inicial durante el tiempo de experimentación; así mismo, para las pruebas 1, 4, 15 y 18 con concentración N_1 se cuantificó un consumo aproximado del 17% del nitrógeno inicial, y en el blanco el cual tenía una concentración menor que N_1 se tuvo un consumo de nitrógeno del 56%. A partir de los resultados obtenidos se observó que la concentración alta de nitrógeno (N_2) tiene el mismo efecto sobre el crecimiento de biomasa en comparación con la concentración baja (N_1) de este nutriente (Fig. 1); sin embargo, en el blanco si se observó que el crecimiento fue menor debido a la limitante en la disponibilidad de nitrato. La actividad amilolítica reportada no mostró variación significativa entre las concentración de nitrato

N_1 y N_2, por lo que en todas las pruebas se presentó un comportamiento similar como se muestra en la Fig. 3, donde se aprecia la disminución de la actividad amilolítica durante las primeras 80 h atribuido al incrementó del pH debido a que cuando este se aproxima a 8.0 se reduce significativamente las actividad catalítica de este tipo de enzimas; sin embargo, se observa que cuando el pH incrementa por encima de 8.5 la actividad amilolítica aumentó nuevamente pero sin alcanzar la actividad inicial reportada. La mayor actividad amilolítica se observó en las pruebas 1 y 4, las cuales tenían una concentración de nitrato N_1, a partir de lo cual se puede concluir que las condiciones T_2, F_2 y N_1 promueven el crecimiento microbiano de hasta $415x10^6$ cel mL^{-1} y la actividad amilolítica extracelular de hasta 834.19 U mL^{-1} para la microalga *C. sorokiniana* respecto al blanco sin adición extra de nitrato como sustrato. Una vez concluidas todas las cinéticas experimentales se calcularon los parámetros cinéticos para cada prueba, así como sus rendimientos, los cuales se agruparon según la corrida a la que pertenecen promediadas las pruebas que fueron sometidas a la misma concentración de nitrato. En las corridas 1, 3, 4 y 5 la velocidad máxima (μ) y específica (δ) de crecimiento se mantuvo en el orden de 0.006 h^{-1} promedio y 0.180 h^{-1} respectivamente. Sin embargo, estos valores difirieron respecto a los obtenidos en la corrida 2, donde se registraron valores de 0.021 h^{-1} y 0.202 h^{-1} para μ y δ, respectivamente. Adicionalmente, el tiempo de duplicación (t_d) en la corrida 2 fue de 4.522 h, un 22% menor al promedio de 5.73 h obtenido en las corridas 1, 3, 4 y 5.

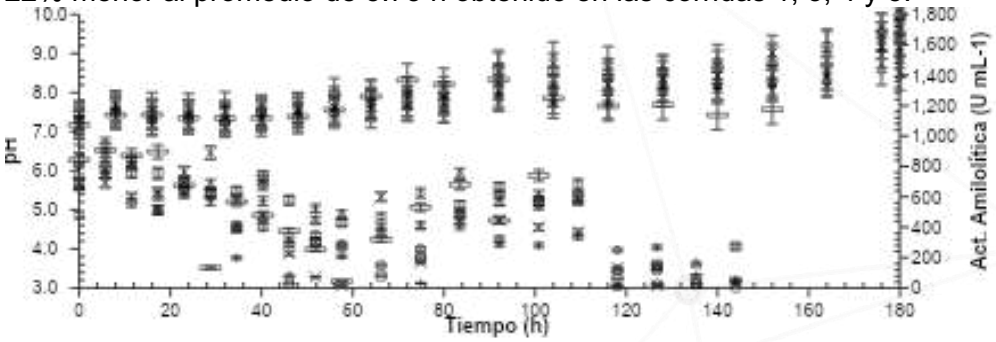


Figura 3. *Actividad amilolítica de cinética 2 (T_2, F_2, N_1 y N_2) (Donde: ▱: Tratamiento 1; ○: Tratamiento 4; +: Tratamiento 6; ×: Tratamiento 15; □: Tratamiento 18; Δ: Tratamiento 20; ◊: Tratamiento blanco) (Desv. Std. para n=3).*

Por su parte, tanto los rendimientos de biomasa como los de producto sobre el sustrato tuvieron un comportamiento similar a los parámetros cinéticos, siendo los mejores los generados en la corrida 2 con valores de $Y_{x/s}$ = 6.5 g Biomasa g^{-1} $NaNO_3$ en condiciones N_1 mientras que en todas las demás corridas se mantienen muy similares. Finalmente, mediante el análisis del diseño de experimentos y el análisis estadístico ANOVA con un *p*-valor <0.1, se determinó que los factores de mayor efecto sobre la producción de biomasa en orden de mayor a menor fueron temperatura, fotoperiodo y concentración de nitrógeno (T, F, N). Dicho análisis arroja que los dos factores principales son temperatura y fotoperiodo por lo que se generó a partir de los resultados un diagrama de superficie de respuesta en la Fig. 4 que evalúa el crecimiento celular contra ambos factores, revelando en conjunto con el análisis del diseño de experimentos que los niveles que más favorecen el crecimiento celular de cada factor son nivel alto de temperatura y fotoperiodo y nivel bajo de concentración de nitrógeno (T_2, F_2 y N_1).

Siguiendo el mismo análisis se obtuvieron los factores que favorecen la actividad amilolítica, donde se observó que las mejores condiciones fueron, nivel bajo de temperatura y nitrógeno (T_1 y N_1 respectivamente) y nivel alto de fotoperiodo (F_2) como se muestra en la Fig. 5, sin embargo, bajo estas condiciones la producción de biomasa fue significativamente menor por lo que se consideró que la mejor condición para mantener tanto la actividad amilolítica extracelular y

producción de biomasa fueron nivel alto de temperatura y fotoperiodo (T_2 y F_2) y nivel bajo de nitrato (N_1).

CONCLUSIONES. El control de los factores de temperatura, fotoperiodo y concentración de nitrógeno promueven el crecimiento microbiano y la actividad amilolítica de C. sorokiniana y las concentraciones de nitrato N1 y N2 presentaron el mismo efecto para el crecimiento celular y la actividad amilolítica; finalmente las condiciones de mayor impacto sobre el crecimiento celular fueron nivel alto de fotoperiodo y temperatura (F2 y T2 respectivamente) y bajo de nitrato (N1) y para la actividad amilolítica fueron nivel bajo de nitrato y temperatura (N1 y T1 respectivamente) y alto de fotoperiodo (F2).

AGRADECIMIENTOS. Se agradece al D. En C. Julio César Jacuinde-Ruíz y al D. En C. Juan Carlos González-Hernández por su apoyo durante la realización de este proyecto, al igual que a los donativos parciales del TecNM de la Convocatoria 2023 Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (**16898.23-P**), para los Institutos Tecnológicos Federales y El Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (**FCCHTI23_ME-4.1.-0001**).

REFERENCIAS.

1. Mansilla A y Alveal K. (s. f.). Generalidades sobre las macroalgas. Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. pp. 347-359. http://recursosbiblio.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/12.pdf
2. Rendón LJ, Ramírez ME y Veléz Y. (2013). Microalgas para la industria alimenticia. Universidad Pontífica Bolivariana. Primera edición. http://hdl.handle.net/20.500.11912/2306
3. Ortiz-Moreno L, Cortés-Castillo E, Sánchez-Villarraga J, Padilla J y Otero-Paternina AM. (2011). Evaluating microalgae Chlorella sorokiniana growth in different culture mediums in autotrophic and mixotrophic conditions. Revista Orinoquia, 16(1). https://www.researchgate.net/publication/260774067_
4. Ramírez J y Ayala M. (2014). Enzimas: ¿Qué son y cómo funcionan? Revista Digital Universitaria UNAM, 15(11), pp. 2-13.
5. Guzmán J. (2015). Extracción de Amilasa del Consorcio de Alga Chlorella Antártica utilizando alginato de sodio como soporte de inmovilización. [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador].
6. Bischoff HW y Bold HC. (1963). Phycological Studies IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. U. Texas Pub. No. 6318. – adapted for CCAP.
7. Secretaría de Salud. (1988). Norma Técnica número 235 para la identidad y especificidad de la Cámara tipo Neubauer para el Conteo de Células (Hematímetro). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4720233&fecha=04/02/1988#gsc.tab=0
8. Arredondo BO y Voltolina D. (2017). Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal. http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/1403
9. Bradford M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Analytical Biochemistry, 72(1-2), 248-254. https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.002
10. Baird R y Bridgewater L. (2017). Standard methods for the Examination of Water and Wastewater (23.a ed.). Washington, D.C., American Public Health Association. https://www.standardmethods.org/doi/book/10.2105/SMWW.2882
11. Wilson JJ, y Ingledew WM. (1982). Isolation and Characterization of Schwanniomyces alluvius Amylolytic Enzymes. Applied and Environmental Microbiology, 44(2), 301-307. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC242010/pdf/aem00177-0055.pdf/?tool=EBI

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324146

¿AMIGAS O ENEMIGAS? ENTOMOFAUNA ASOCIADA A PLANTAS MEDICINALES Y SU POTENCIAL COMO PLANTAS ACOMPAÑANTES DE CULTIVOS

Hipolito Cortez-Madrigal[1], Hortencia Gabriela Mena-Violante[1], Ignacio García-Ruíz[1], María Dolores Rodríguez-Torres[1]

1. Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR, Unidad Michoacán. Justo Sierra # 28, Col. Centro, CP 59510, Jiquilpan, Michoacán, Méx.

hcortezm@ipn.mx

Palabras Clave: Plagas, huertos de traspatio, Agastache mexicana ssp. Xolocotziana.

RESUMEN. Para conocer la entomofauna asociada a plantas medicinales y su potencial como plantas acompañantes de cultivos, muestreos en huertos de traspatio de Cherán Michoacán y observaciones en plantas establecidas en el terreno experimental del CIIDIR-IPN, en Jiquilpan, Michoacán fueron desarrollados durante el año 2023. Ejemplares de estados inmaduros de insectos fueron incubados en laboratorio para la emergencia de adultos o de parasitoides. Los especímenes se conservaron en alcohol al 75% para su identificación mediante bibliografía especializada. En 17 especies de plantas se registraron 15 Familias de ocho órdenes de insectos, además de ácaros de la familia Tetranychidae. Se registraron especies de entomófagos (23.9%), polinizadores (2.1%), hábitos diversos (2.1%) y fitófagos (71.7%). Destacaron los insectos chupadores de las familias Aphididae, Aleyrodidae y Cicadellidae. En general, los niveles poblacionales y de daño fueron bajos; sin embargo, en condiciones de Jiquilpan, la insulina, Salvia circinata, mostró importantes daños por minadores (Agromyzidae; hasta 50%), mientras que el toronjil blanco, Agastache mexicana ssp. Xolocotziana, mostró importante daño por la familia Cicadellidae. Especies como la hierba del cáncer, Acalypha spp., mostraron una incidencia y daño reducido o nulo, como fue el caso del muicle, Justicia spicigera, donde no se registraron insectos fitófagos. Aunque exploratorios, los resultados revelan una amplia diversidad de entomofauna asociada a plantas medicinales. La incidencia y daño vario entre especie de planta, lo que puede aprovecharse para la selección de plantas acompañantes en los agroecosistemas. Estudios futuros con especies particulares pudieran aportar conocimiento sobre su utilidad o perjuicio en el manejo integrado de plagas.

INTRODUCCIÓN. Una estrategia en la agricultura ecológica es el uso de "plantas acompañantes", definidas como aquellas especies que, incorporadas dentro o cerca de los cultivos aportan beneficios importantes; entre otros, en el manejo de plagas. Así, se espera que esas plantas actúen como repelentes o atrayentes de plagas (plantas trampa); otras, proveen alimento alterno a enemigos naturales (EN) y polinizadores, lo que puede potenciar el control biológico de plagas (Sarkar *et al*., 2018). Sin embargo, la selección de plantas acompañantes debe cumplir con ciertos requisitos; por ejemplo, no hospedar plagas potencialmente dañinas para los cultivos (Cortez-Madrigal y Gutiérrez-Cárdenas, 2023). Es común en algunos sistemas de agricultura ecológica que utilicen diversas plantas aromáticas y medicinales como repelentes de plagas; por ejemplo, la albahaca, *Ocimum basilicum* L. y el cempoalxochitl, *Tagetes* spp. (Tringovska et al., 2015). El supuesto es que esas plantas presentan especies de insectos poco

riesgosas para los cultivos. Sin embargo, estudios sobre la entomofauna en plantas acompañantes no siempre han sido considerados. *E.g.*, la incorporación de *Tagetes* en jitomate se sospecha pudiera hospedar chicharritas vectores de patógenos causantes de la enfermedad "permanente" del tomate,*Candidatus* Liberibacter solanacearum (datos sin publicar). Por lo anterior, es importante desarrollar estudios entomológicos en especies con potencial de plantas acompañantes. Algunas de esas plantas son ampliamente utilizadas en México como plantas medicinales y se mantienen en huertos de traspatio; *e.g.*, el caso de los huertos familiares de Cherán Michoacán. Con base a lo anterior, el objetivo del estudio fue el de documentar de manera exploratoria los grupos de insectos asociados a plantas medicinales de los huertos de traspatio de Cherán, Mich.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se desarrollaron visitas de campo y a huertos de traspatio (19/05, 2/06 del 2023) de la comunidad de Cherán Mich. en busca de ejemplares de plantas medicinales y su entomofauna asociada. Los muestreos directos mediante una lupa de campo (20X) se complementaron con plantas traídas de Cheran y establecidas en condiciones de Jiquilpan, Mich. (Cuadro 1). Los insectos se colectaron en frascos con alcohol al 75% y se trasladaron al laboratorio de Entomología del CIIDIR-IPN, Unidad Michoacán, en Jiquilpan, Mich. para su identificación mediante bibliografía entomológica especializada (Johnson y Triplehorn, 2004; King y Saunders, 1984). Sólo los especímenes más comunes se identificaron a nivel de género, e incluso de especie. El resto se identificó a Familia.

RESULTADOS.

Entomofauna asociada. Se registró un amplio abanico de insectos y ácaros asociados a 17 especies de plantas medicinales, incluidos nueve Ordenes y 16 Familias de insectos, tanto fitófagos como entomófagos (Cuadro 1). La mayoría de los fitófagos correspondió a insectos de hábitos chupadores, pertenecientes a las familias Aphididae y Aleyrodidae, lo que es entendible pues en general, ambos grupos presentan especies polífagas (King y Saunders,1984), por lo que pueden atacar, incluso, a plantas con importantes mecanismos de defensa contra herbívoros (Coley et al., 1985), como presumiblemente son las plantas medicinales.

Planta		Insectos y ácaros		Hábito alimenticio
Familia	**Nombre común y científico**	**Orden**	**Grupo/especie**	
Lamiaceae	Tenorite, *Clinopodium macrostemum, Satureja macrostema*	Dip.	Agromyzidae	F-Min
	Toronjil blanco *Agastache mexicana ssp. xolocotziana*	Hem.	Cicadellidae	F-ch
			Aphididae	F-ch
		Trom.	Eriophyiidae	F-ch
	Insulina, *Salvia circinata*	Dip.	Agromyzidae	Fit-Min
			Cecidomyiidae	D
		Hem.	Cicadellidae	F-ch
			Aleyrodidae	F-ch
			Aphididae	F-ch
			Pseudococcidae	F-ch
		Lep.	-.-	F-m
	Albahaca, *Ocimum basilicum*	Hem.	Aphididae	F-Ch

		Neu.	Chrysopidae	D
		Dip.	Agromyzidae	F-m
	Myrto, *Salvia microphylla*	Hym.	Apidae (Apinae) *Bombus* sp.	Pol
		Trom.	Eriophyiidae	F-ch
	Romero, *Rosmarinus officinalis*	Hem.	Cicadellidae	F-ch
	Manrubio, *Marrubium vulgare*	Hem.	Aphididae	F-ch
			Anthocoridae	D
			Cicadellidae	F-ch
		Thy.	Thripidae	F-ch
		Coll.	-.-	?
		Trom.	Tetranychidae	F-ch
		Col.	Coccinellidae	D
	Hierbabueba, *Mentha spicata*	Hym.	Mymaridae	Par
		Hem.	Cicadellidae	F-ch
			Aphididae	F-ch
		Thy.	Thripidae	F-ch
		Lep.		F-m
Asteraceae	Calendula, *Calendula officinalis*	Hem.	Aphididae *Macrosiphum* sp.	F-Ch
		Dip.	Syrphidae	D
		Col.	Coccinellidae	D
	Prodigiosa	Hem.	Aphididae	F-Ch
	Astemisa, *Tanacetum parthenium*, *Chrysanthemum parthenium*	Thy.	Thripidae *Scolothrips sexmaculatus*	D
	Estafiate, *Artemisia ludoviciana*	Hem.	Aphididae	F-ch
Euphorbiaceae	Hierba del cancer, *Acalypha* spp.	Trom.	Tetranychidae	F-ch
Chenopodiaceae	Epazote. *Dysphania ambrosioides*	Hem.	Anthocoridae	D
			Pseudococcidae	F-ch
Onagraceae	H. del golpe, *Oenothera rosea*	Hem.	Aphididae *Macrosiphum* sp.	F-ch
			Cicadellidae	F-ch
			Aleyrodidae	F-ch
		Dip.	Syrphidae	D
Rutaceae	Ruda, *Ruta graveolens*	Hem.	Aphididae *Macrosiphum* sp.	F-ch
			Aleyrodidae	F-ch
			Psyllidae	F-ch
		Hym.	Chalcidoidea	Par
Acanthaceae	Muicle, *Justicia spicigera*	-.-	-.-	-.-

Cuadro 1. *Relación de plantas medicinales y entomofauna asociada en condiciones de campo y huertos de traspatio de Cherán, Mich, y en plantas que se mantuvieron en Jiquilpan, Mich. 2023. F-ch = fitófago chupador; F-m= fitófago masticador; Par= parasitoide; D= depredador; F-m= Fitófago minador. *Salvo que se indique otra cosa, los registros fueron en condiciones de campo de Cherán, Mich. Trom=tombidiforme; Dip=Diptera; Lep=Lepidoptera; Hem=Hemiptera, Hym=Hymenoptera; Thy=Thysanoptera; Col=Coleoptera; Neu=Neuroptera.*

Las poblaciones y daños registrados se pueden considerar bajos, aunque hubo una amplia variabilidad entre especie de planta. El manrubio fue el de mayor registro (7), seguido de la insulina (6); con un solo registro fueron, tenorite, prodigiosa, myrto, hierba del cancer, entre otras. El muicle tuvo cero registros (Cuadro 1). En condiciones de Cherán se registraron altas poblaciones de algunos fitófagos, como la mosca blanca (Aleyrodidae) en ruda y en insulina, aunque también las poblaciones de entomófagos fueron abundantes, las que eventualmente regularon las poblaciones del fitófago. En otros casos, cuando algunas plantas se mantuvieron en condiciones de Jiquilpan, Mich. algunos fitófagos incrementaron sus poblaciones y daños. *E.g.*, el minador (Agromyzidae) en insulina, donde sus daños fluctuaron del 10-50%, lo que significa que en esas condiciones el control biológico prácticamente estuvo ausente. El toronjil blanco, *A. mexicana* ssp. *Xolocotziana* fue otro ejemplo donde los daños por chicharritas (Cicadellidae) se incrementaron bajo las condiciones de Jiquilpan (Fig. 1). Dado que en los huertos familiares visitados no se aplican agroquímicos, fue común el registro de EN; entre otros, catarinitas (Coccinellidae), moscas sírfidas (Syrphidae) y diversas especies de parasitoides en áfidos y mosca blanca, lo que resulta de interés para estudios futuros de control biológico.



Figura 1. *Poblaciones y daños de insectos en plantas medicinales. A) Mosca blanca y larvas depredadoras en insulina; B) Afidos en caléndula; C) Daño por chicharritas en toronjil blanco; y D) Áfidos vivos y parasitados en toronjil blanco. 2023.*

Descripción de especies de interés. Dentro de los insectos de interés destacan especies de mosca blanca, que bien pudieran ser especies diferentes a las clásicas especies plaga, *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. También, se registraron diversas especies de chicharritas; unas de color verde claro; y otras, de color beige, con manchas grises en la parte distal del ala. Otra especie que llamó la atención fue un áfido registrado en la insulina, con sifúnculos grandes perpendiculares al cuerpo, y numerosas setas capitadas verticales en el dorso del abdomen. Sin registro de formas aladas fue difícil su identificación. En poblaciones de mosca blanca en ruda, destacó un parasitoide de color negro. Hasta donde sabemos, los parasitoides de la mosca blanca reportados son de color café claro, en ocasiones con patrones negros (*Encarcia* sp.; Nastasi et al., 2003), pero no completamente negros. Igualmente, larvas depredadoras (Diptera: Cecidomyiidae) de mosca blanca son candidatas para futuros estudios. Dado que algunas especies de plantas medicinales se estudian con fines de producción comercial, una pregunta de interés sería ¿Cómo afectan los insectos fitófagos la producción de los metabolitos secundarios de esas plantas? toda vez que se sabe que la producción de esos compuestos es una primera línea de defensa contra factores bióticos adversos (Coley et al., 1985).

CONCLUSIONES. Las plantas medicinales de huertos de traspatio de Cherán Michoacán presentaron una amplia variabilidad en la entomofauna asociada, tanto benéfica como perjudicial. La incidencia y daño vario entre especie de planta, lo que puede aprovecharse para la selección de plantas acompañantes en los agroecosistemas. Estudios futuros con especies particulares pudieran aportar conocimiento sobre su utilidad o perjuicio en el manejo integrado de plagas.

REFERENCIAS.

1. Coley, P. D., Bryant, J. P., & Chapin III, F. S. (1985). Resource availability and plant antiherbivore defense. Science, 230(4728), 895-899.
2. Cortez-Madrigal, H., & Gutiérrez-Cárdenas, O. G. (2023). Enhancing biological control: conservation of alternative hosts of natural enemies. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 33(1), 25.
3. Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Borror and delong's introduction to the study of insects. Brooks. Cole, Belmont, California, USA.
4. King, A. B., & Saunders, J. L. (1984). Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Bib. Orton IICA/CATIE.
5. Nastasi, L.F., R.L. Kresslein, K.O. Fowler, and S.R.F. Flores. (2023). Biodiversity &yClassification of Wasps. 500 p.
6. Sarkar, S. C., Wang, E., Wu, S., y Lei, Z. (2018). Application of trap cropping as companion plants for the management of agricultural pests: a review. Insects, 9(4), 128.
7. Tringovska, I., Yankova, V., Markova, D., & Mihov, M. (2015). Effect of companion plants on tomato greenhouse production. Scientia Horticulturae, 186, 31-37.

DESARROLLO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMICONDUCTORES A PARTIR DEL NEOLIGNANO EUPOMATENOIDE-7

Verónica Cortés-Muñoz[1], Pedro Navarro-Santos[1], Rafael Herrera-Bucio[1], Ramón Guzmán-Mejía[1], Judit A. Aviña-Verduzco[1], Hugo A. García-Gutiérrez[1]*

*8. . Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. *hgarcia@umich.mx*

Palabras Clave: Neolignano, HOMO-LUMO, semiconductores orgánicos.

RESUMEN. La semi-conducción de las moléculas orgánicas se debe principalmente a los dobles enlaces conjugados, la suma de los orbitales HOMO en un sistema π-conjugado formaran la banda de valencia, el orbital LUMO, se encuentra vacío y puede albergar electrones, si estos se encuentran en la misma orientación se puede llevar a cabo una deslocalización electrónica a través de los orbitales, y la conducción de electrones. Los orbitales HOMO y LUMO se encuentran separados por una barrera de energía a la cual se le conoce como band gap (Eg). Por lo tanto, una molécula orgánica se considera semiconductor cuando el valor de Eg es de 1.5 a 3.0 electronvolts (eV). Se utilizó el extracto de CH2Cl2 de los tallos Aristolochia glossa Pfeifer, mediante cromatografía en columna, se purificó el eupomatenoide-7 (1) con Hexano-AcOEt (4:1) como un sólido blanco. El compuesto 1 fue utilizado para obtener los compuestos 2 y 3, para ello se realizó la formación de ésteres al utilizar agentes activantes y derivados norcantaridínicos con rendimientos del 90 y 94% respectivamente. El estudio HOMO-LUMO se realizó en el programa Spartan'14. Se utilizó las estructuras de los compuestos previamente optimizados. La energía fue ajustada mediante un cálculo empleando la DFT a un nivel de teoría B3LYP/6-31G(d), los orbitales moleculares de energía fueron obtenidos en eV. En el compuesto 2 el valor de HOMO fue de −5.31, en LUMO de −2.51 y Eg = 2.80 eV. Para el compuesto 3, el valor de HOMO fue de −5.54, para LUMO de −2.55 y Eg = 2.99 eV. De acuerdo a estos resultados 2 y 3 son considerados semiconductores y pueden ser utilizados para dispositivos electrónicos ya sea para la elaboración de celdas fotovoltaicas (generar electricidad), transistores orgánicos de efecto de campo (uso biomédico), y diodos orgánicos emisores de luz (OLEDs) en iluminación.

INTRODUCCIÓN. El desarrollo de nuevos materiales semiconductores, basados en compuestos orgánicos, representa una nueva generación de moléculas que podrían instituirse como alternativa a la tecnología tradicional basada principalmente en el silicio. Las principales ventajas de las moléculas semiconductoras orgánicas con respecto a las tradicionales son:
Los costos de producción de los dispositivos basados en materiales orgánicos podrían abaratarse con respecto a los dispositivos basados en materiales inorgánicos.
El proceso de fabricación genera un menor costo energético.
Preservación del medio ambiente al disminuir la contaminación por la extracción de silicio.
En este proyecto se realizó el diseño y desarrollo de semiconductores orgánicos de forma ecológica y escalable, utilizando como materia de partida al neolignano eupomatenoide-7 (1) aislado de la planta Aristolochia glossa Pfeifer.

ANTECEDENTES. Las energías *HOMO* y *LUMO* se calculan, así como los valores de brecha de energía de los orbitales de frontera para una mejor comprensión de la transferencia de carga que podría ocurrir dentro de la molécula. En este sentido, los compuestos orgánicos semiconductores se caracterizan por tener conductividad eléctrica intermedia entre los materiales conductores y

los aislantes. La semi-conducción de las moléculas orgánicas se debe principalmente a los dobles enlaces conjugados. De acuerdo a la teoría de orbitales frontera, el orbital molecular ocupado de mayor energía se denomina *HOMO*; en este se encuentran los electrones de la última capa de valencia, por lo tanto, la suma de los orbitales *HOMO* en un sistema π-conjugado formarán la banda de valencia. Por otra parte, el orbital molecular de menor energía desocupado, denomiado *LUMO*, se encuentra vacío y puede albergar electrones, adicionalmente sí estos se encuentran en la misma orientación se puede llevar a cabo una deslocalización electrónica a través de los orbitales, por lo que se puede generar una conducción de electrones. Podemos decir entonces que la suma de los orbitales *LUMO* formará la banda de conducción. Los orbitales frontera *HOMO* y *LUMO* se encuentran separados por una barrera de energía a la cual se le conoce como band gap (E_g = *HOMO-LUMO*). Con el aumento del número de enlaces π-conjugados en una molécula también aumenta el número de orbitales moleculares los cuales son confinados en un intervalo de energía, casi continuo, reduciendo la energía del band gap.[1] Por lo tanto, una molécula orgánica se comporta como un aislante cuando E_g > 5.0 eV, mientras que se considera semiconductor cuando el valor de E_g es de 1.5 a 3.0 eV. En cambio, en un conductor el valor de E_g es 0 eV.[2]

En el diseño de moléculas semiconductoras se debe resaltar algunos puntos importantes donde se pueden identificar 4 componentes principales (Fig. 1):

- El sistema π-conjugado el cual determina las propiedades ópticas y electrónicas e influye en el empaquetamiento molecular.
- Heteroátomos (X = N, O, S, etc.) que ayudan al empaquetamiento molecular mediante la modificación de dipolos e interacciones por puente de hidrógeno.
- Sustituyentes (electrodonadores o electroatractores que permitan la polarización de la densidad electrónica).
- Cadenas laterales que generalmente se incorporan para impartir solubilidad, aunque también pueden afectar las propiedades electrónicas en el estado sólido al cambiar la estructura de empaquetamiento molecular o alterar la conformación de torsión de la cadena conjugada.[3]

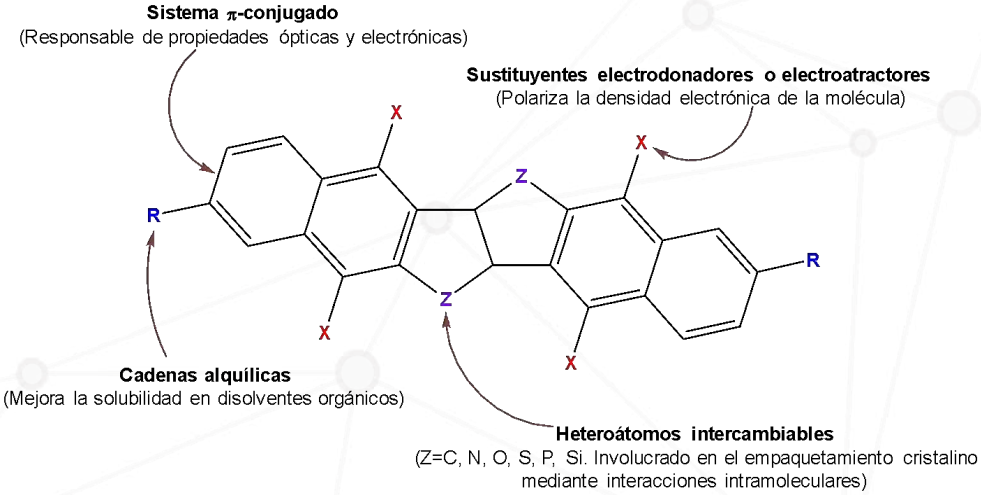


Figura 1: *Estructura principal de compuestos orgánicos semiconductores.*

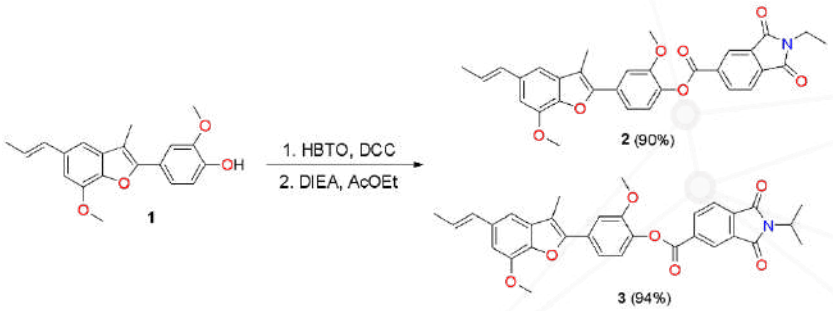
La importancia de los materiales semiconductores ha crecido exponencialmente, debido a su invaluable uso en áreas como la electrónica. El semiconductor más utilizado es el silicio, sin embargo, la tecnología implicada en su fabricación es compleja, costosa y altamente contaminante. Es por ello que cobra especial relevancia el desarrollo de semiconductores

orgánicos que contaminen en menor medida durante su fabricación y vida útil y que, además, cuenten con las propiedades electrónicas del silicio.

OBJETIVO. Desarrollar semiconductores orgánicos a partir del neolignano eupomatenoide-7.

OBJETIVOS PARTICULARES. Realizar el aislamiento del neolignano eupomatenoide-7 presente en la planta *Aristolochía glossa* Pfeifer. Realizar el diseño y la preparación de derivados de eupomatenoie-7 tendientes a análogos de norcantaridina. Identificar al eupomatenoide-7 y caracterizar sus derivados por métodos físicos y espectroscópicos mediante técnicas analíticas instrumentales. Evaluar los orbitales de energía *HOMO-LUMO* mediante cálculos computacionales. Determinar el band gap de los compuestos y categorizarlos mediante sus propiedades electrónicas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó la colecta de la planta *Aristolochia glossa* Pfeifer en la localidad de Santa Casilda, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán. Posteriormente se separaron las partes anatómicas de la planta (hoja, tallo, raíz, flor) y se dejó secar a la sombra, a continuación, se redujo el tamaño de partícula y se llevó a maceración 192.2 g de tallos de la planta en orden ascendente de polaridad. Posteriormente se utilizó el extracto de CH_2Cl_2 de los tallos y mediante cromatografía en columna se aisló el eupomatenoide-7 de las fracciones eluídas con Hexano-AcOEt (80:20) como un sólido blanco y se identificó mediante RMN de ^{1}H y ^{13}C. El neolignano **1** fue utilizado para el diseño y desarrollo de los compuestos **2** y **3**, tomando en cuenta los 4 puntos clave para sintetizar moléculas semiconductoras orgánicas. El esquema de reacción se muestra a continuación.



El estudio de los orbitales *HOMO-LUMO* se realizó en el programa Spartan'14 Versión 1.1.0. Para ello se utilizaron las estructuras previamente optimizadas. Posteriormente la energía fue ajustada mediante un cálculo empleando la DFT a un nivel de teoría B3LYP/6-31G(d) donde los orbitales moleculares de energía fueron obtenidos en eV, el band gap se realizó mediante la fórmula para determinar la brecha de energía (E_g = *HOMO-LUMO*).

RESULTADOS. En los compuestos **2** y **3** el orbital ocupado de mayor energía (*HOMO*) corresponde a la estructura base del neolignano eupomatenoide-7 en esta zona de las moléculas es donde pueden extraerse más fácilmente electrones, es decir; son los responsables de la basicidad de Lewis de la molécula y cuando dona un par electrónico lo hace empleando estos orbitales.[4] Por otro lado, el orbital que define la reactividad de esta molécula es el orbital desocupado de más baja energía (*LUMO*), y es el que más fácilmente acepta densidad electrónica, es decir corresponde al comportamiento como ácido de Lewis.[5] En los compuestos **2** y **3** se encuentra a partir del éster debido al acoplamiento de los análogos de norcantaridina (Fig. 2).

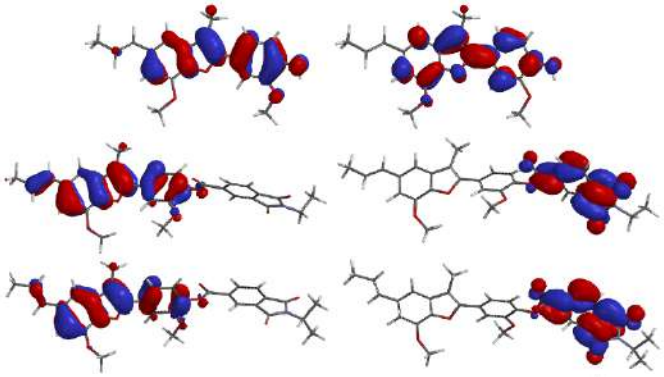


Figura 2: *Orbitales moleculares de energía HOMO (izquierda), LUMO (derecha) de* ***1****,* ***2*** *y* ***3****.*

De acuerdo a la clasificación del comportamiento de moléculas orgánicas donde E_g es de 1.5 a 3.0 eV, los compuestos **2** y **3** son consideradas moléculas orgánicas semiconductoras, por lo tanto; pueden ser utilizados en numerosas áreas (Tabla 1). Por ejemplo, los semiconductores orgánicos se han utilizado en la fabricación de dispositivos electrónicos, ya sea para la elaboración de celdas fotovoltaicas para generar electricidad, transistores orgánicos de efecto de campo para su uso biomédico, y diodos orgánicos emisores de luz (OLEDs) en iluminación.[2]

COMPUESTO	HOMO	LUMO	BAND GAP
1	-5.07	-0.72	4.35
2	-5.31	-2.51	**2.80**
3	-5.54	-2.55	**2.99**

Tabla1. *Valores de los orbitales moleculares de energía y su BAND GAP.*

CONCLUSIONES. Utilizando el poder de la química, podemos desarrollar moléculas orgánicas semiconductores y al final de su vida útil, pueden simplemente reciclarse. En este sentido, es posible desarrollar compuestos orgánicos semiconductores a partir de moléculas aisladas de plantas medicinales como es el caso del eupomatenoide-7 y a través de síntesis química diseñar y generar derivados como 2 y 3 los cuales probablemente podrán formar parte de la próxima generación de tecnología para un futuro más verde.

REFERENCIAS.

1. Estrada F. S. L, Garcias M. C, Mirón V. R. S, Pérez B. C. M, De la Cruz D. F. N, 2022. Una Introducción a la Electrónica Orgánica. Educación química. 33 (2); 3-17.
2. Bronstein H. Nielsen C. B, Schroeder B. C, McCulloch I. 2020. The role of chemical design in the performance of organic semiconductors. Nature Reviews Chemistry.
3. Mei J, Diao Y, Appleton A. L, Fang L, Bao Z. 2013. Integrated Materials Design of Organic Semiconductors for Field-Effect Transistors. Journal of the American Chemical Society, 135(18), 6724–6746.
4. Rani P, Yadav R. A. 2015. AB initio investigation on molecular behaviour of building blocks of organic superconductors: 4,5-ethylenedithio-1,3-dithiole-2-thione and 4,5-ethylenedithio-1,3-dithiole-2-one. AB initio investigation on molecular behaviour of building blocks of organic superconductors. Asian Journal of Physics. 24(5),675-689 675.
5. Garcias M. C, Romero B, Maldonado D, Roa, J. L. E, Rodríguez, A. M, García M. P. J, Ariza C. A, 2017. Small Molecules Derived from Thieno[3,4-c] pyrrole-4,6-dione (TPD) and Their Use in Solution Processed Organic Solar Cells. In Molecules. 22(10).

EVALUACIÓN DE DOS ATRAYENTES ALIMENTICIOS EN LA CAPTURA DE ADULTOS DE SILBA ADIPATA (DIPTERA: LONCHAEIDAE)

Luis Francisco Rodriguez-Piceno[1] Eduardo Paniagua-Jasso[1] Luis Jesús Palma-Castillo1 Ana Mabel Martínez-Castillo[1] José Isaac Figueroa-de la Rosa1 Diana Vely García-Banderas2 Carlos Patricio Illescas-Riquelme[3] Juan Manuel Chavarrieta-Yánez[1] Selene Ramos Ortiz[4], Samuel Pineda-Guillermo[1]*

1. [1]*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Michoacán, México. E-mail: 1907625h@umich.mx; 0856956h@umich.mx; ljpalmac@gmail.com; ana.martinez@umich.mx; jose.figueroa@umich.mx; manuel.chavarrieta@umich.mx; samuel.pineda@umich.mx*
2. [2]*Comite Estatal de Sanidad Vegetal de Michoacán. Uruapan, Michoacán. México. E-mail: dianav.garcia@cesavemich.org.mx*
3. [3]*CONAHCYT/Centro de Investigación en Química Aplicada, Departamento de Biociencias y Agrotecnología. Saltillo, Coahuila, México. E-mail: carlos.illescas@ciqa.edu.mx*
4. [4]*CONAHCYT/Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Michoacán, México. E-mail: selene.ramos@umich.mx*

Palabras Clave: Mosca negra del higo, Ficus carica, jugo de piña, proteína hidrolizada, compuestos atrayentes

RESUMEN. La mosca negra del higo (MNH), Silba adipata McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), es una de las principales plagas del higo. Las larvas de este insecto se alimentan del interior de higos inmaduros y, en menor frecuencia, de los higos maduros. Las infestaciones de la MNH provocan hasta 50-95% la caída de los higos inmaduros, mientras que en los maduros causa pudrición y mal sabor. El método de control para este insecto es el uso de insecticidas de amplio espectro, el cual no ha sido eficaz. Actualmente, los productores de higo utilizan el jugo de piña, sin sustento científico, como atrayente para capturar adultos de la MNH. En este estudio se evaluó el efecto de este atrayente en la captura de adultos de este insecto y se comparó con la capacidad de captura de la proteína hidrolizada en un cultivo comercial de higo. Ambos atrayentes no capturaron adultos de S. adipata. Por otra parte, el jugo de piña capturó más individuos de organismos no blanco en comparación con la proteína hidrolizada (1,138 vs 8), pertenecientes a 14 familias de insectos de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Neuroptera. Estos resultados, demuestran que los dos atrayentes evaluados no son eficientes para el monitoreo de este insecto. Se deben evaluar otros compuestos ya que, al ser una especie monófaga, la MNH, posiblemente, responda a volátiles muy específicos, a diferencia de otros dípteros.

INTRODUCCIÓN. En México, la higuera (Ficus carica) ha tenido una gran importancia en los últimos años debido a que es aprovechada a través de sus “falsos frutos” conocidos como higos, los cuales contienen azúcares, minerales, antioxidantes y vitaminas (CIMMYT, 2021). Este aumento de interés por los higos ha traído como consecuencia una mayor demanda y producción a nivel nacional e internacional. Uno de los principales factores bióticos que afecta la producción de higo en el mundo es la mosca negra del higo (MNH), Silba adipata McAlpine (Diptera: Lonchaeidae). Este insecto es una especie frugívora y monófaga que se alimenta de los higos inmaduros, y en menor frecuencia de los maduros, lo que causa pérdidas económicas (Juárez-Maya 2022). El primer registro de la MNH en México fue en marzo de 2020 en el municipio de Ayala, en el estado de Morelos (Bautista-Martínez et al. 2021).

ANTECEDENTES. Distribución y aspectos biológicos de la MNH. Este insecto es originario de la región del Mediterráneo y Medio Oriente (MacGowan et al. 2012; Abbes et al. 2021; Giliomee et al. 2007; Casadomet et al. 2015). Existen reportes de la presencia de este insecto en Estados Unidos (Britt et al. 2022), India (MacGowan et al. 2012), África (Abbes et al. 2021; Giliomee et al. 2007), Eslovenia, España, Italia, Grecia, Chipre, Islas Canarias, Siria, Israel, Jordania, Egipto Irak, Sudáfrica, Turquía (Giliomee et al. 2007; Casadomet et al. 2015) y México (Bautista et al. 2021; Juárez-Maya. 2022). Desde su primer reporte en México, la MNH se ha dispersado a otros estados de la República Mexicana tales como Baja California Sur, Coahuila, Aguascalientes, Estado de México, Morelos, Hidalgo, Puebla, Michoacán (SENASICA. 2021). Las hembras de la MNH depositan los huevos en el ostiolo de los higos (Britt et al. 2022) y, después de la emergencia, las larvas se alimentan del receptáculo (Juárez-Maya 2022), lo que les provoca la caída prematura. La infestación causada por la MNH puede ser hasta de 95% (Katsoyannos y Guerin. 1984; Nawade et al. 2020). Las larvas que completan su desarrollo abandonan el higo infestado, a través de galerías sinuosas, para pupar en el suelo (Juárez-Maya 2022). Una vez completada la etapa de pupa, el adulto emerge para repetir el ciclo. Métodos de control de la MNH. Actualmente, no se cuenta con un método de control efectivo para la MNH. Los productores optan por métodos de control más tradicionales como el control químico, generalmente utilizado para combatir las moscas de la fruta de las familias Tephritidae y Drosophilidae (Flores, 2022). Se ha reportado el uso de trampas McPhail para las moscas de la fruta con agentes atrayentes como el hexanol, sulfato de amonio al 2% (Katsoyannos y Guerin, 1984; Juarez Maya, 2022; Flores 2022), proteína hidrolizada y jugo de piña (Bautista-Martínez et al 2021; Flores, 2022) con resultados variables en la captura de la MNH. Por ello, es necesario encontrar alternativas que permitan diseñar estrategias más amigables con el ambiente como una opción al control químico tradicional.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de dos diferentes atrayentes en la captura de la MNH, S. adipata, en un huerto comercial en el municipio de Los Reyes de Salgado, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este experimento se realizó en un huerto comercial del cultivo de higo (variedad Black Mission), ubicado en la localidad de Los Tejones (19° 32' 01" N, 102° 34' 41" O), municipio de Los Reyes de Salgado, Michoacán, México. Se evaluaron dos tratamientos: i) jugo de piña y ii) proteína hidrolizada; el primero se incluyó como testigo. Los cebos atrayentes se colocaron en trampas Multilure®, las cuales, a su vez, se colocaron a una distancia de 30 m entre cada trampa y se sujetaron con alambre galvanizado en los árboles de la higuera. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Se realizaron cuatro evaluaciones (una cada semana y se reemplazaron los cebos atrayentes). Los insectos capturados se transportaron, en frascos con alcohol a 70%, al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESULTADOS. Los dos atrayentes evaluados no capturaron adultos de la MNH. El jugo de piña y la proteína hidrolizada capturaron tres y dos individuos de la familia Lonchaeidae, a la cual pertenece este insecto (Cuadro 1). En total, el jugo de piña y la proteína hidrolizada también capturaron 1,138 y 8 especímenes de insectos, respectivamente, pertenecientes a 14 familias de cinco órdenes (Cuadro 1).

Orden	Familia	Semanas de evaluación				Total
		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	
Jugo de piña						

Coleoptera	Chrysomelidae	0	1	0	0	**1**
	Curculionidae	7	0	10	1	**18**
	Melyridae	1	0	0	2	**3**
	Nitidulidae	14	39	139	7	**199**
Diptera	Drosophilidae	198	193	349	48	**788**
	Lonchaeidae	1	2	0	2	**5**
	Muscidae	3	7	42	0	**52**
	Syrphidae	0	2	2	0	**4**
	Tephritidae	0	1	1	1	**3**
	Ulidiidae	0	0	1	0	**1**
	ND	1	0	0	0	**1**
Hymenoptera	Apidae	3	2	5	0	**10**
	Formicidae	4	1	2	0	**7**
	Vespidae	1	3	0	0	**4**
	ND	1	0	0	0	**1**
Lepidoptera	ND	1	0	2	0	**3**
Neuroptera	Chrysopidae	11	12	15	0	**38**
Subtotal		246	263	568	61	
Proteína hidrolizada						
Diptera	Drosophilidae	2	0	0	0	**2**
	Lonchaeidae	0	2	0	0	**2**
	Muscidae	1	1	0	0	**2**
	Ulidiidae	0	1	0	0	**1**
Hymenoptera	Vespidae	1	0	0	0	**1**
Subtotal		4	4	0	0	
Total		**250**	**267**	**568**	**61**	**1146**

Cuadro 1.- *Número de insectos, y orden y familia a la que pertenecen, capturados por semana y total, con dos cebos atrayentes.*
ND, no determinada

CONCLUSIONES. Estos resultados, demuestran que los dos cebos atrayentes evaluados no son eficientes en la captura de los adultos de la MNH, por lo cual no son una opción recomendada para el monitoreo de este insecto. Es necesario investigar diferentes aspectos bioecológicos de este insecto para diseñar alguna estrategia de control que sea amigable con el ambiente.

AGRADECIMIENTOS. A la Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el financiamiento de los proyectos de investigación 2023 y 2024 y al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán por el financiamiento de los proyectos FCCHTI23_ME-4.1.-0065 UMSNH/DVSS/116/2023 e ICTI-PICIR23-122.

REFERENCIAS.

1. Abbes, K., A. Harbi, M. Mars y B. Chermiti. 2021. The black fig fly Silba adipata (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. Phytoparasitica. 49: 49–59.
2. Bautista-Martínez, N., R. Meraz-Álvarez, J. M. Valdez-Carrasco y E. López-Bautista. 2021. Black fig fy, Silba adipata McAlpine, in backyards of the State of Mexico. Southwestern Entomologist. 46: 793–796.
3. Britt, K. E., P. E. Gordon, B. A. Faber, S. A. Rios y H. Wilson. 2022. First report of black fig fly, Silba adipata (Diptera:Lonchaeidae), in the United States. Journal of Integrated Pest Management. 13: 1-5.

4. Casadomet, E., M. López-Corrales, F. Pérez-Gragera, M. Senero, J. Pérez-Ross y J. Del Moral. 2015. Plagas y enfermedades del cultivo de la higuera. https://www.researchgate.net/profile/Margarita-Lopez-Corrales/publication/305995917_Plagas_y_enfermedades_del_cultivo_de_la_higuera/links/57a97ce708aed1b226245814/Plagas-y-enfermedades-del-cultivo-de-la-higuera.pdf. Fecha de consulta: 19 de julio de 2024.
5. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2021. Higo, una deliciosa opción para cultivar. https://idp.cimmyt.org/higo-una-deliciosa-opcion-para-cultivar/. Fecha de consulta: 9 de mayo de 2024.
6. Flores, H. M. 2022. Biología y atrayentes alimenticios de la mosca negra del higo Silba adipata Mcalpine (Diptera: Lonchaeidae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco. México. 29 pp.
7. Giliomee, J. H., E. Venter y M. Wohlfarter. 2007. Mediterranean black fig fly, Silba adipata McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. African Entomology. 15 (2): 383–384.
8. Juárez-Maya, M. A. 2022. Mosca del higo (Silba adipata McAlpine, 1956) Diptera: Lonchaeidae, identificación, daños y medidas de manejo. https://www.researchgate.net/publication/375001365_MOSCA_DEL_HIGO_Silba_adipata_McAlpine_1956_DIPTERA_LONCHAEIDAE_IDENTIFICACION_DANOS_Y_MEDIDAS_DE_MANEJO. Fecha de consulta 1 de junio de 2024.
9. Katsoyannos, B. I. y P. M. Guerin. 1984. Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, Silba adipata. Entomologia Experimentalis et Applicata. 35: 71-74.
10. MacGowan, I., N. Razak, G. Rotheray y I. Ahmad. 2012. A new species of fig-feeding Lonchaeidae (Diptera: Schizophora) from India and a checklist for the family in the Indian sub-continent. Zootaxa. 3242: 47–52.
11. Nawade, B., L. Shaltiel-Harpaz, M. Yahyaa, A. Kabaha, R. Kedoshim, T. C. Bosamia y M. Ibdah. 2020. Characterization of terpene synthase genes potentially involved in black fig fly (Silba adipata) interactions with Ficus carica. Plant Science. 298(110549).
12. SENASICA. (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2021. Estrategia operativa para el manejo fitosanitario de la mosca negra del higo, Silba adipata (Diptera: Lonchaeidae). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/690628/Estrategia_operativa_mosca_del_higo_2021_compressed.pdf. Fecha de consulta: 26 de julio.

CENICILLAS DEL GÉNERO Erysiphe AFECTANDO DIFERENTES PLANTAS HOSPEDANTES

Alejandro Soto Plancarte[1], Sylvia Patricia Fernández Pavía[2], Gerardo Rodríguez Alvarado[3], Rosario Gregorio Cipriano[4], Daniela Pineda Vaca[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alexsotoppv@gmail.comM

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; patricia.pavia@umich.mx2

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gra.labpv@gmail.comM

4 Instituto de Ecología; maria2_86@yahoo.esd

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; danypinvac@gmail.com

Palabras Clave: Fase anamorfo, hospedantes, nuevos reportes.

RESUMEN. Las cenicillas causadas por el hongo biótrofo Erysiphe, afectan un amplio rango de plantas bajo condiciones climáticas y de crecimiento diferentes. En México, la identificación de especies que ocasionan cenicillas han sido poco investigadas. El objetivo de este estudio fue identificar morfológicamente el agente causal de cenicillas en las plantas de los géneros Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex colectadas en diferentes municipios de Michoacán. Se colectaron muestras de plantas con cenicilla de Bursera (2023) en el municipio de Morelia, Lupinus (2024) en Queréndaro, Rumex (2023) en Tarímbaro y Queréndaro, y de Podranea (2024) en Morelia, Michoacán. Las características morfológicas se determinaron usando un microscopio óptico, montando el material fresco en KOH al 3% y el material seco en ácido láctico, colocando cinta adhesiva transparente sobre la muestra o raspando sobre la superficie de las hojas las estructuras del hongo con un bisturí. Se realizaron mediciones de 25 a 30 conidios y conidióforos de cada espécimen, se determinó su forma, el tipo de micelio, germinación de los conidios, y tipo de apresorios. Con base en las características morfológicas observadas y mediciones de las estructuras, el agente causal de las cenicillas en las plantas de Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex fue identificado como Erysiphe spp. La identificación molecular está en proceso. Siendo México un país megadiverso en vegetación, presenta también una gran diversidad de hospedantes con cenicillas. Este estudio contribuye a determinar algunos de estos hospedantes y al agente causal que las ocasiona.

INTRODUCCIÓN. Las cenicillas son un grupo de hongos biótrofos obligados, es decir, dependen exclusivamente de una planta hospedante para poder sobrevivir (Braun y Cook, 2012). Estos hongos, se caracterizan por presentar un micelio blanco y estructuras reproductivas sobre su hospedante, siendo reconocidos fácilmente a simple vista sobre las plantas por su apariencia como un polvo blanco (Yarwood, 1957; Takamatsu et al., 2013). Este grupo de ascomicetes está distribuido alrededor del mundo con aproximadamente 900 especies (Braun y Cook, 2012). Tienen un amplio rango de plantas hospedantes, afectan especies de plantas ornamentales y de cultivos agrícolas de importancia económica, que hacen que pierdan valor (Havrylenko y Takamatsu, 2005; Putnam y Glawe, 2007; Braun, 2011; Braun y Cook, 2012). El género Erysiphe está compuesto por cerca de 450 especies, incluyendo únicamente las fases asexuales (Takamatsu et al., 2015). Las especies de este género forman un grupo monofilético, caracterizándose por producir conidios solitarios en su forma anamorfa (Braun y Takamatsu, 2000). Recientemente se han observado cenicillas en nuevas plantas hospedantes y en lugares donde no se habian presentado con anterioridad en México. Por lo tanto, es necesario realizar

una búsqueda de plantas con cenicilla, identificarlas y ampliar nuestro conocimiento sobre su diversidad, distribución y rango de hospedantes. Lo cual, ayudará a generar mejores estrategias de manejo de estos hongos.

ANTECEDENTES. México es un país megadiverso, con un amplio rango de plantas (SEMARNAT 2012). Algunas de esas plantas son afectadas por cenicillas del género Erysiphe, tanto de cultivos agrícolas, frutales y ornamentales. Algúnos hospedantes en los que se han reportado cenicillas en México son: Daucus carota, Carica papaya, Coriandrum sativum, Lagerstroemia indica, Mangifera indica, Phaseolus vulgaris, por mencionar algunos (Rodríguez-Alvarado et al., 2010; Marquez-Licona et al., 2018; Braun et al., 2017; Yañez-Morales et al., 2009; Alvarez, 1976). Los reportes sobre especies de Erysiphe en plantas de los géneros Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex, se describen a continuación: Bursera. No existen registros previos de cenicillas en plantas del género Bursera. Erysiphe garugae es la única especie de Erysiphe reportada en Garuga pinnata de la familia Burseraceae en India (Braun y Cook, 2012). Lupinus. Únicamente se han registrado tres especies de Erysiphe causando cenicilla en Lupinus a nivel mundial: E. diffusa, E. intermedia y E. pisi var. pisi. Estas especies de cenicillas afectan a varios géneros de la familia Fabaceae y pueden estar solamente en Norte América (Braun y Cook, 2012). Podranea. Actualmente no existen reportes de cenicillas en plantas del género Podranea. Se han registrado seis especies de Erysiphe en otros géneros de la familia Bignoniaceae en Asia y Europa, América del Norte, América del Sur y África (Ale-Agha et al., 2004; Braun y Cook, 2012).
Rumex. El género Erysiphe afecta a varias especies de plantas de la familia Poligonaceae en todo el mundo (Gupta y Bhargava, 1959; Braun y Cook, 2012; Hong et al., 2019; Wang et al., 2019), aunque, también se ha encontrado en una planta de la familia Fabaceae en Etiopía (Teshome y Tegegn, 2017). En México únicamente se ha reportado en Polygonum aviculare de la familia Polygonaceae (Yáñez-Morales et al., 2009).

OBJETIVO. Identificar morfológicamente el agente causal de cenicillas en las plantas de los géneros Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex colectadas en diferentes municipios de Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Colecta de material biológico. Los especímenes analizados en este estudio fueron recolectados en bolsas de plástico directamente de plantas con cenicilla y se transportaron a temperatura ambiente al laboratorio. Las muestras recolectadas fueron de Bursera (2023) en el municipio de Morelia, Lupinus (2024) en Queréndaro, Rumex (2023) en Tarímbaro y Queréndaro, y de Podranea (2024) en Morelia, Michoacán, México, bajo diversas condiciones de crecimiento, como jardines, bosques y especies silvestres. Los especímenes de herbario fueron depositados en el Herbario de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (EBUM; Michoacán, México). Identificación morfológica. La identificación morfológica se realizó utilizando un microscopio de luz estándar (modelo Leica DME 13595XXX). El material fresco se montó en KOH al 3%, y el material seco en ácido láctico, colocando un trozo de cinta adhesiva transparente sobre la muestra o raspando las estructuras fúngicas de la superficie de las hojas con un bisturí. Se realizaron mediciones de 25 a 30 conidios y conidióforos de cada espécimen.

Identificación molecular. La identificación molecular esta en proceso para determinar las especies de Erysiphe presentes en las plantas de Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex.

RESULTADOS. Bursera. Las plantas con cenicilla presentaron micelio anfígeno, en parches densos en las hojas, blanco, ramificado. Apresorios hifales de 8–13 µm de diámetro, lobulados, solitarios o en pares opuestos. Conidióforos erectos, simples o raramente dos en una célula, que surgen de la superficie superior de las células madre, formando conidios individualmente. Conidios de 22–40(–43) × 11–15(–17) µm, cilíndricos, relación larga/ancho 1.8–3.3(–3.6) µm. Con base en las características morfológicas se identificó el hongo como Erysiphe sp. Lupinus. La planta con cenicilla presentó micelio anfígeno en las hojas, difuso. Apresorios hifales de 3–10 µm de diámetro, con forma de pezón a lobulado, individuales. Conidióforos erectos, rectos o ligeramente curvados en la base, individuales, que surgen de la superficie superior de las células madre, en posición central. Conidios de 33–47(–50) × 16–21 µm, cilíndricos, doliformes a elipsoides-ovoides, con una relación longitud/ancho de 1.7–2.8 µm. Con base en las características morfológicas se identificó al hongo como Erysiphe sp. Podranea. Las plantas presentaron micelio sobre hojas, efuso. Hifas de 3–4 µm de ancho, sinuosas. Apresorios hifales de 3–8 µm de diámetro; solitarios o en pares opuestos, en forma de pezón a lobulados. En los conidióforos, las células del pie fueron de 28–47 × 5–9 µm; erectas, seguidas de 1–2 células más cortas, que forman conidios individuales. Conidios de 24–41 × 12–17 (19) µm, elipsoides, relación larga/ancho 1.6–3 µm. Con base en las características morfológicas se identificó al hongo como Erysiphe sp. Rumex. Las plantas con cenicilla presentaron micelio anfígeno, blanco, denso, cubriendo toda la superficie de las hojas. Hifas de 5–6 µm de ancho, rectas a ligeramente flexuosas, hialinas, septadas, de pared delgada y ramificadas. Apresorios hifales de 8–12 µm de diámetro, lobulados, solitarios, ocasionalmente en pares opuestos. En los conidioforos, las células basales de 29–49(–59) × 7–9 µm, cilíndricas, rectas, rara vez curvadas en la base, seguidas por 1–2 células más cortas, formando conidios individuales. Conidios de 31–43(–45) × 12–18 µm, elipsoides, doliformes, cilíndricos, ovoides o raramente con una relación longitud/ancho de 1.8–3 µm. Con base en las características morfológicas se identificó al hongo como Erysiphe sp.

CONCLUSIONES. Las cenicillas encontradas en plantas de los géneros Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex pertenecen al género Erysiphe. Otras plantas de bosques, jardines, cultivos agrícolas, frutales y ornamentales de las familias Burseraceae, Fabaceae, Bignoniacea y Polygonaceae podrían verse afectadas por especies del género Erysiphe en México y estar en riesgo. Este es el primer reporte de Erysiphe spp. en las plantas de Bursera, Lupinus, Podranea y Rumex en México. Es importante identificar los hongos que causan cenicillas en México, para mejorar las estrategias de manejo y ayudar a evitar su diseminación.

REFERENCIAS.

1. Ale-Agha, N., Bolay, A., Braun, U., Feige, B., Jage, H., Kummer, V., Lebeda, A., Piątek, M., Shin, H., & Zimmermannová-Pastirčaková, K. (2004). Erysiphe catalpae and Erysiphe elevata in Europe. Mycological Progress, 3(4), 291-296. https://doi.org/10.1007/s11557-006-0099-3
2. Alvarez, M.G. 1976. Primer catalogo de enfermedades de plantas mexicanas. Fitofilo 71: 1-169.
3. Braun, U., & Takamatsu, S. (2000). Phylogeny of Erysiphe, Microsphaera, Uncinula (Erysipheae) and Cystotheca, Podosphaera, Sphaerotheca (Cystotheceae) inferred from rDNA ITS sequences–some taxonomic consequences. Schlechtendalia, 4, 1-33.
4. Braun, U. (2011). The current systematics and taxonomy of the powdery mildews (Erysiphales): An overview. Mycoscience, 52(3), 210-212. https://doi.org/10.1007/s10267-010-0092-1
5. Braun, U., & Cook, R. T. (2012). Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews). CBS Biodiversity Series. 707 pp.
6. Braun, U., Meeboon, J., Takamatsu, S., Blomquist, C., Fernandez Pavia, S.P., Rooney-Latham, S., & Macedo, D.M. (2017). Powdery mildew species on papaya – a story of confusion and hidden diversity. Mycosphere, 8(9), 1403-1423. https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/9/7

7. Gupta, S. C., & Bhargava, K. S. (1959). Erysiphe polygoni DC. on Homalocladium platycladum from India. Journal of Phytopathology, 36(1), 94-96. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1959.tb01846.x
8. Havrylenko, M., & Takamatsu, S. (2005). Notes on Erysiphales (Ascomycetes) from Patagonia, Argentina. Mycoscience, 46(1), 32-38. https://doi.org/10.1007/s10267-004-0209-5
9. Hong, S. H., Lee, Y. H., Choi, Y. J., & Shin, H. D. (2019). First report of powdery mildew caused by Erysiphe polygoni on Rumex obtusifolius in Korea. Plant Disease, 103(5), 1043-1043. https://doi.org/10.1094/pdis-12-18-2226-pdn
10. Márquez-Licona, G. (2018). Erysiphe australiana causing powdery mildew on crape Myrtle (Lagerstroemia indica) in Mexico. Plant Pathology & Quarantine, 8(1), 48-51. https://doi.org/10.5943/ppq/8/1/6
11. Putnam, M. L., & Glawe, D. A. (2007). New North American records of anamorphic powdery mildew fungi (Erysiphales) parasitizing species of Leucothoë and Limnanthes. North American Fungi, 2, 1-6. https://doi.org/10.2509/pnwf.2007.002.004
12. Rodríguez-Alvarado, G., Rodríguez-Fernández, R., Soto-Plancarte, A., & Fernández-Pavía, S. P. (2010). First report of powdery mildew on carrot caused by Erysiphe heraclei in Michoacan, Mexico. Plant Disease, 94(4), 483-483. https://doi.org/10.1094/pdis-94-4-0483b
13. Rzedowski, J., & de Rzedowski, G. C. (1993). Flora del Bajio y de regiones adyacentes. Instituto de Ecologia.
14. SEMARNAT 2012. (n.d.). https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf
15. Takamatsu, S., Ito (Arakawa), H., Shiroya, Y., Kiss, L., & Heluta, V. (2015). First comprehensive phylogenetic analysis of the genus Erysiphe (Erysiphales, Erysiphaceae) II: The Uncinula lineage. Mycologia, 107(5), 903-914. https://doi.org/10.3852/15-062
16. Takamatsu, S., Matsuda, S., & Grigaliunaite, B. (2013). Comprehensive phylogenetic analysis of the genus Golovinomyces (Ascomycota: Erysiphales) reveals close evolutionary relationships with its host plants. Mycologia, 105(5), 1135-1152. https://doi.org/10.3852/13-046
17. Teshome, E., & Tegegn, A. (2017). Comparative Study of Powdery Mildew (Erysiphe polygoni) Disease Severity and Its Effect on Yield and Yield Components of Field Pea (Pisum sativum L.) in the Southeastern Oromia, Ethiopia. J Plant Pathol Microbiol, 8(410), 2.
18. Wang, C. T., Yeh, Y. W., Lin, L. D., & Kirschner, R. (2019). First record of the powdery mildew fungus Erysiphe polygoni on the introduced coral vine Antigonon leptopus (Polygonaceae) in Taiwan. Plant Pathology & Quarantine, 9(1), 160-165. https://doi.org/10.5943/ppq/9/1/14
19. Yáñez-Morales, M. J., Braun, U., Minnis, A. M., & Tovar-Pedraza, J. M. (2009). Some new records and new species of powdery mildew fungi from Mexico. Schlechtendalia, 19, 47-61.
20. Yarwood, C. E. (1957). Powdery mildews. The Botanical Review, 23(4), 235-301. https://doi.org/10.1007/bf02872581

PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MANGO DE DOS VARIEDADES A ESCALA MATRAZ Y BIORREACTOR

Alonso Daniel Ponce Alderete[1], Martha Itzel Heredia Maciel[2], Agustín Jaime Castro Montoya[3a], Ana Alejandra Vargas Tah[3]b, Pedro Eduardo lázaro Mixteco[3c]

1Facultad de Ingeniería Química de la universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo 1628503B@umich.mx ;

2Facultad de Ingeniería Química de la universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo 1901760X@umich.mx2

3Divicion de estudios de posgrado de la facultad de ingeniería química de la universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo , ajcastro@umich.mx, ana.vargas@umich.mx, pedro.lazaro@umich.mx

Palabras Clave: Mango, bioetanol, residuos, fermentación, hidrolisis.

RESUMEN. El estudio aborda la creciente necesidad de fuentes de energía renovable debido al agotamiento de los combustibles fósiles y el cambio climático, con el bioetanol como una alternativa destacada por su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La cáscara de mango, rica en carbohidratos, se propone como una materia prima viable para la producción de bioetanol. A partir de las cáscaras de mango de dos variedades en este caso la del mango Tommy Atkins y mango Kent se llevaron a cabo experimentos en matraz y biorreactor para encontrar las condiciones de fermentación y evaluar la viabilidad económica y técnica del proceso. La metodología incluyó pretratamientos termoquímicos y enzimáticos además de fermentación y destilación, con la identificación de azúcares fermentables mediante cromatografía de líquidos se llegó al resultado que se inicia con aproximadamente 48 (g/L) de azúcares totales.

INTRODUCCIÓN. En muchos países tropicales, el mango es una fruta ampliamente cultivada y consumida, generando una gran cantidad de residuos en forma de cáscaras, que a menudo se descartan sin aprovechamiento. La cáscara de mango es rica en carbohidratos, lo que la convierte en una fuente potencial de materia prima para la producción de bioetanol. Sin embargo, su aprovechamiento enfrenta varios desafíos técnicos y económicos que deben ser abordados para hacer viable su uso a escala industrial.

ANTECEDENTES. La producción nacional de mango y residuos México se ha consolidado como uno de los mayores productores de mango en el mundo. En 2019, el país produjo aproximadamente 2.1 millones de toneladas de mango, y esta cifra ha crecido de manera sostenida. Para 2023, la producción de mango en México superó las 2.23 millones de toneladas. Los principales estados productores incluyen Sinaloa, Guerrero, Nayarit y Oaxaca. Este volumen de producción genera una enorme cantidad de residuos, ya que entre el 15% y el 20% del peso total del mango corresponden a la cáscara. La abundancia de estos residuos ha impulsado el interés en su valorización mediante la producción de biocombustibles como el bioetanol. La utilización de estos desechos no solo ayuda a disminuir el impacto ambiental asociado con la disposición de residuos, sino que también puede generar valor agregado al convertirlos en energía renovable.

OBJETIVO. Evaluar la producción de etanol a partir de residuos de mango. Analizar la influencia de diferentes condiciones operativas. Contribuir al aprovechamiento de subproductos agrícolas. Desarrollar un modelo experimental escalable

RESULTADOS.

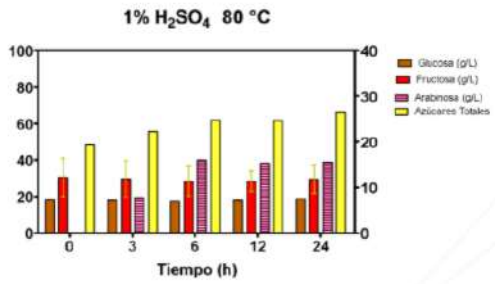
Caracterización de la mezcla de cáscara de mango. Moler o triturar la materia prima a tamaños de partículas pequeños antes pretratamiento son tecnologías costosas y de alto consumo energético, operación en reactores de tamaño razonable y costo moderado. Los reactores de pretratamiento deben ser de bajo costo al minimizar su volumen. (1).

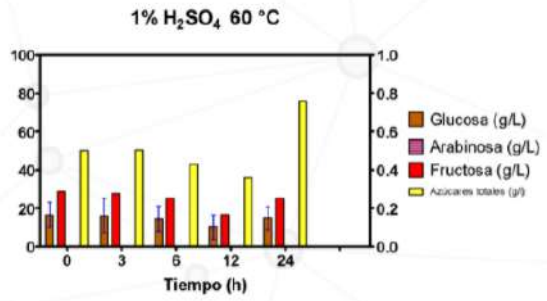
Pretratamiento de la Biomasa: Evaluación de diferentes métodos de pretratamiento (físicos, químicos, enzimáticos) para mejorar la disponibilidad de azúcares fermentables. Mediante un pretratamiento utilizando las siguientes condiciones :

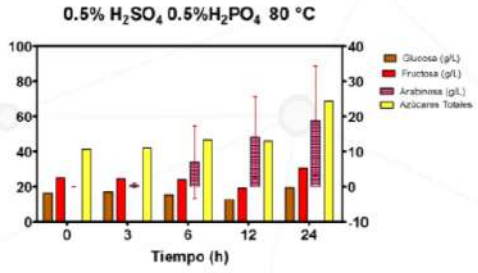
T(°C)	Duración de pretratamiento (h)	Toma de muestras (h)	Concentración de acido respeto al peso de biomasa utilizada
60°C	24	0,3,6,12,24	1% H_2SO_4
			0.5% H_2SO_4 +0.5% H_3PO_4
			1% H_3PO_4
80°C	24	0,3,6,12,24	1% H_2SO_4
			0.5% H_2SO_4 +0.5% H_3PO_4
			1% H_3PO_4

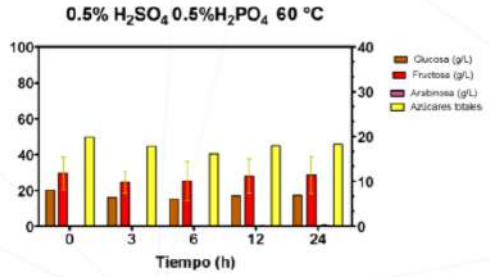
Tabla 1. *En base a las condiciones establecidas para iniciar el pretratamiento las condiciones son las siguientes.*

A continuación, las gráficas de azúcares totales y azúcares particulares presentes en la biomasa de acuerdo al tiempo, ácido y temperatura correspondiente mediante el análisis de cromatografía de líquidos.









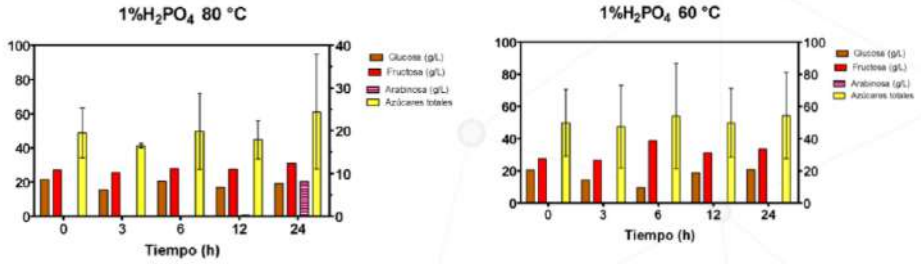


Figura 1. *Graficas con las diferentes condiciones en comparación de 60°C y 80°C para determinar las condiciones de inicio del proceso.*

Se analizaron estas condiciones mediante cromatografía de líquidos y se concluyó el utilizar 1% H_2SO_4 , 80°C a 6 h. estas condiciones liberan la mayor concentración de azúcares fermentables las cuales rondan entre los 60 g/L .

Hidrólisis Enzimática. El proceso enzimático se considera la forma más atractiva de degradar celulosa a glucosa. Sin embargo, la conversión de celulosa catalizada por enzimas a la glucosa es lenta a menos que la biomasa haya sido sometida a alguna forma de pretratamiento."(2). En esta etapa del proceso se hizo un análisis anteriormente sobre la actividad enzimática de las enzimas H-TEC Y C-TEC lo cual nos da como resultado cuanto es lo que pueden catalizar la reacción y eso se calculó con unidades de papel filtro (PFU) en el caso de la H-TEC fueron 15 PFU/g de biomasa seca y en el caso de la C-TEC fueron 101.535 PFU/g de biomasa seca.

En el caso del proceso que usaremos una escala de matraz de 110 ml lo que corresponde a 14.14 g de biomasa seca da como resultado usar 3.44 ml de H-TEC y 2.51 ml de C-TEC. Este estudio se llevo acabo a 50°C, un pH de 5 y 24 horas dado que a estas condiciones la enzima es donde trabaja de manera más eficiente ya que al usar diferentes condiciones más altas o bajas la enzima muere y no se hidroliza correctamente.

A continuación, los resultados de ala hidrolisis enzimática.

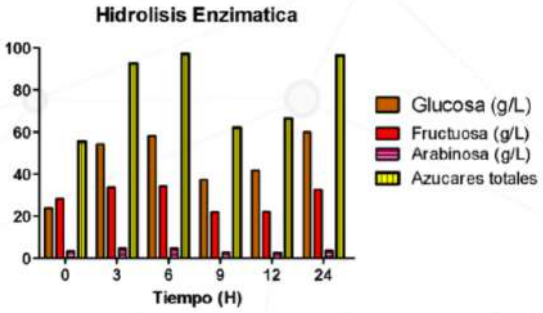


Figura 2. *Grafica de la obtención de azúcares complejas degradadas a azúcares fermentables mediante el hidrolisis enzimático.*

El procedimiento del hidrólisis enzimática nos ayudó a obtener una concentración más grande de azúcares fermentables al igual de poder degradar cadenas complejas de azúcares.

Fermentación a Escala de Matraz: Selección de cepas de levadura adecuadas para la fermentación de los azúcares obtenidos en este caso la Saccharomyces cerevisiae. En este caso se inocularon 0.5g de levadura en 10 ml de una solución de sacarosa durante 30 minutos a 30°C al igual que ajustar el pH a 5 y poniendo los matraces a 30°C para que la levadura pueda sobrevivir en estos medios y así empezar a fermentar para la obtención de bioetanol. Lo cual nos dio un promedio de 11 g/L de bioetanol por cada matraz de 110 ml todo esto analizado por cromatografía de líquidos.

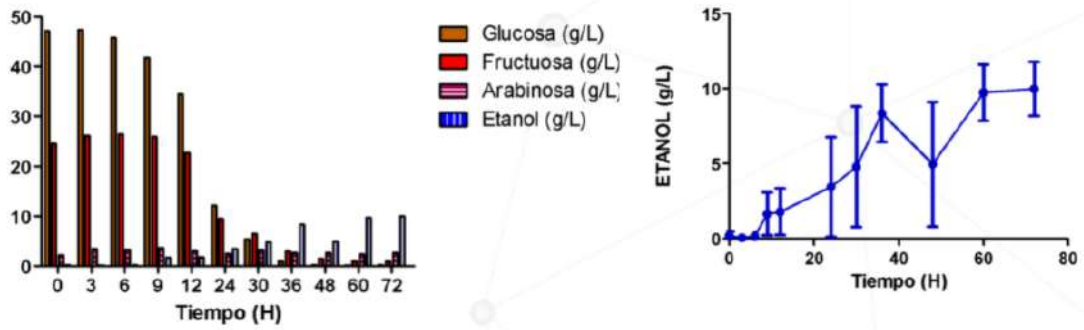


Figura 3. *Graficas con los resultados de las diferentes azúcares y etanol a lo largo de la fermentación a nivel matraz y del lado derecho la gráfica con el solo bioetanol contra el tiempo transcurrido en la fermentación en matraz .*

Escalado a Biorreactor: Adaptación de las condiciones a un biorreactor de mayor capacidad. En esta parte del proceso se va a escalar del matraz a un biorreactor teniendo como volumen final 2 litros de mezcla de cascaras con el respectivo porcentaje de acido utilizado para cumplir con el pretratamiento físico-químico de 1% H_2SO_4 , 80°C a 6 h y la hidrolisis enzimática se prepara en el mismo reactor a la temperatura de 50°C y 24 h para después continuar con las mismas condiciones del matraz solamente adecuándolo al biorreactor para así mismo ver los resultados por cromatografía de líquidos. En el cual se llego a los resultados de 90 g/L al finalizar la fermentación.

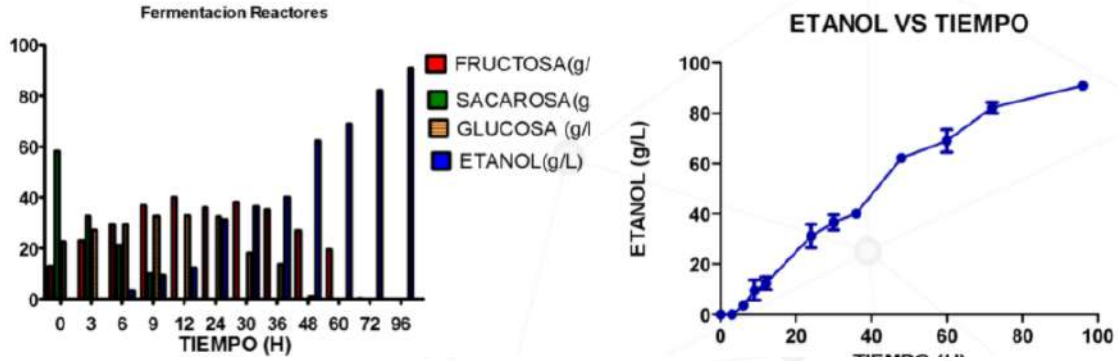


Figura 4. *Graficas con los resultados de las diferentes azúcares y etanol a lo largo de la fermentación a nivel biorreactor y del lado derecho la gráfica con el solo bioetanol contra el tiempo transcurrido en la fermentación en biorreactor.*

CONCLUSIONES. Mediante los diferentes procedimientos se nota que es viable la producción de bioetanol a escala mayor dado que cada vez se va obteniendo mayor obtención de bioetanol.

REFERENCIAS.

1. Alvira, P., E Tomás-Pejó, Ballesteros, M., & Negro, M. J. (2010). Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review. Bioresource Technology, 101(13), 4851–4861. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.093
2. Mats Galbe, & Guido Zacchi. (2007). Pretreatment of Lignocellulosic Materials for Efficient Bioethanol Production. Springer EBooks, 41–65. https://doi.org/10.1007/10_2007_070

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324157

EFECTO DEL CLORURO DE SODIO EN LA FERMENTACIÓN DE GLICEROL CON LEVADURAS DEL GÉNERO Pichia PARA LA PRODUCCIÓN DE ARABITOL

Diana Gabriela de la Cruz Pérez[1], Ana Karen Calderón Ordaz[2], Ma. del Carmen Chávez Parga[2]

1Universidad de Guadalajara; diana.delacruz4061@alumnos.udg.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1142080A@umich.mx2

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cparga@umich.mx

Palabras Clave: Arabitol, estrés salino, glicerol.

RESUMEN. El glicerol es el principal residuo en la producción del biodiesel, la reincorporación del glicerol a la cadena productiva es necesaria para la sustentabilidad de esta industria. La fermentación prevalece de entre los otros procesos para la obtención de productos de valor a partir del glicerol residual. Sin embargo, impurezas como el cloruro de sodio limitan su uso a microorganismos osmotolerantes como las levaduras del género Pichia, que producen arabitol en respuesta al estrés salino. El arabitol es un poliol y edulcorante de importancia industrial, tiene beneficios como: evitar la adhesión de grasas al tracto digestivo, reducir el tejido adiposo en el cuerpo y no producir caries. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del cloruro de sodio en la fermentación de glicerol con levaduras del género Pichia para la producción de arabitol. Las cepas: Pichia kluyveri, P. pastoris y P. stipitis se fermentaron con glicerol como fuente de carbono a dos concentraciones de cloruro de sodio [0.2 y 0.5 M]. La cinética de crecimiento se determinó por el modelo de crecimiento exponencial, el arabitol se identificó por cromatografía en capa fina y se cuantificó por HPLC. Se determinó la presencia de arabitol en los compuestos intracelulares de P. stipitis, las cuales tuvieron un aumento en la producción de arabitol a una concentración de cloruro de sodio de 0.5 M.

INTRODUCCIÓN. El glicerol es el principal subproducto de la fabricación de biodiesel, industria que genera aproximadamente 0.10 kg de glicerol crudo por kg de producto (Vivek et al.., 2017). La producción mundial de biodiésel y glicerol crudo aumentaron significativamente en los últimos veinte años (Chilakamarry et al., 2021). Este aumento provoca un perjuicio económico a la industria del glicerol y tiene un efecto negativo sobre el medio ambiente por su acumulación en vertederos. La reincorporación al ciclo de producción de este residuo es esencial para la sustentabilidad de la industria del biodiésel. Estudios proponen el uso de glicerol residual, como fuente de carbono, en los procesos de fermentación. Sin embargo, impurezas como el cloruro de sodio, limitan la bioconversión de este sustrato al uso de microorganismos osmotolerantes capaces de resistir el estrés salino. Las levaduras nativas del género Pichia tienen especies osmófilas y halófilas que metabolizan el glicerol (Siavoshi et al., 2020, Moreira-Melo et al., 2020)). En condiciones de estrés salino, estas levaduras aumentan la concentración del arabitol, el cual tiene importancia industrial y es uno de los principales osmoreguladores que produce este género (Dragosits et al., 2010). Nuevas investigaciones que plantean utilizar levaduras del género Pichia para la obtención de arabitol por fermentación de glicerol son relevantes (Ordaz et al., 2024). Sin

embargo, debido a la falta de investigaciones, se desconoce el efecto del cloruro de sodio en la producción de arabitol. Por ello, la evaluación del efecto del cloruro de sodio en la fermentación de glicerol con levaduras del género Pichia para la producción de arabitol es un proyecto de interés académico e industrial.

ANTECEDENTES. El glicerol residual es una fuente de carbono barata y sustentable, sin embargo, impurezas como el cloruro de sodio limitan su uso a especies osmotolerantes, capaces de crecer en estas condiciones. Los géneros Candida, Pichia, Debarymyces y Zygosaccharomyces producen arabitol bajo estrés osmótico, entre otros polioles, como glicerol, xilitol, eritritol y manitol, para equilibrar la presión osmótica a través de la membrana celular (van Eck' et al., 1990; Kordowska-Wiater 2015). Entre las especies de Pichia eficaces para producir arabitol se encuentran P. guilliermondii y Pichia stipitis con L-arabinosa como fuente de carbono (Fonseca et al., 2007; McMillan y Boynton, 1994) P. anomala y P. ohmeri a partir de glucosa (Zhu et al., 2010) y P. pastoris crecida en glicerol (Moreira-Melo et al., 2020). Sin embargo, los estudios referentes a la producción de arabitol por fermentación de glicerol con levaduras del género Pichia son escasos, esto genera el área de oportunidad que se pretende abordar en este estudio.

OBJETIVO. Evaluar el efecto del cloruro de sodio en el proceso de fermentación de glicerol con levaduras del género Pichia para la producción de arabitol.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las levaduras *Pichia kluyveri* (Y13), *P. pastoris* (YPCGS115) y *P. stipitis* (ITMLB05) fueron proporcionadas por el Tecnológico Nacional / Instituto Tecnológico de Morelia. Todas las levaduras se crecieron para tolerar el cloruro de sodio y mejorar la asimilación de glicerol en agar extracto de levadura peptona y glucosa (YPD): suplementado con cloruro de sodio (0.2 M, Meyer®) y glicerol (10 g L^{-1}, Meyer®). Previo a la fermentación, las levaduras se resembraron en cajas Petri de 90 x 15 mm para obtener células frescas. Las cepas se cultivaron, individualmente, en matraces Erlenmeyer de 250 mL (Kimax™) con 120 mL de medio líquido con la siguiente composición: extracto de levadura, 1 g L^{-1} (Dibico®), peptona, 2 g L^{-1} (Dibico®), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.2 g L^{-1} (Meyer®), glicerol, 20.44 g L^{-1} (Meyer®), $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$, 1.8 $x10^{-3}$ g L^{-1} (Meyer®), $CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$, 4.0 $x10^{-4}$ g L^{-1} (Meyer®), Tiamina,1.0 $x10^{-3}$ g L^{-1} (Sigma®) y NaCl a dos concentraciones [0.2 y 0.5 M] (Meyer®). Las fermentaciones se iniciaron a un pH = 6.8 y una concentración de 3 $x10^6$ células/mililitro. Los cultivos se incubaron a 30 °C y 150 rpm en un agitador orbital modelo LSI-1005R (LabTech©) y se monitorearon cada 12 h por 72 h. En cada monitoreo se determinó: la concentración por conteo celular en cámara de Neubauer (JF Laren®) con un microscopio Lx400 (Labomed®) a 40x; la producción de biomasa por métodos gravimétricos: el pH mediante un potenciómetro HI 207 (Hanna Instruments®) y consumo de glicerol con el método colorimétrico de Malaprade-Hantzsch en un espectrofotómetro UV-VIS EVOLUTION 300 (Thermo-Scientific™). Al finalizar la fermentación, el arabitol intracelular se extrajo por lisis química. Su presencia se determinó por cromatografía en capa fina (TLC) y se cuantificó por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC). Los parámetros cinéticos de crecimiento se determinaron mediante un modelo exponencial y la tasa específica de crecimiento se calculó con la ecuación 1

$$xf = x0\ e\mu t \quad \text{(ec 1)}$$

Donde: el tiempo en horas = t, la tasa de crecimiento específica = , la población celular inicial = $x0$ y la final = xf

El tiempo de duplicación (tD) y la velocidad de división () se calcularon con las ecuaciones 2 y 3.

$$tD = \ln 2 / \mu \quad \text{(ec 2)}$$
$$\delta = 1tD \quad \text{(ec 3)}$$

RESULTADOS. El crecimiento celular de las levaduras del género *Pichia* a concentraciones de cloruro de sodio de 0.2 y 0.5 M se muestran en la **Figura 1**. La levadura *P. pastoris* se descartó como candidata para la producción de arabitol debido a que no se desarrolló en el medio en las condiciones establecidas. Las cinéticas de crecimiento se realizaron para analizar el comportamiento de las levaduras bajo estrés salino, además son de utilidad para determinar la terminación de la fase exponencial y el inicio de la fase estacionaria, está última es determinante en la producción de arabitol. Los parámetros cinéticos de las fermentaciones se encuentran en la **Tabla 1**. Las velocidades específicas de crecimiento oscilaron dentro del intervalo de 0.11 h^{-1} – 0.22 h^{-1}. A una concentración de NaCl de 0.2 M, *P. stipitis* alcanzó la fase estacionaria a las 24 h y *P. kluyveri* a las 12 h, mientras que a una concentración de 0.5 M, la fase estacionaria de *P. stipitis* y *P. kluyveri* fue a las 36 h. Los resultados de la **Figura 2** muestran como la salinidad influyó en la producción de biomasa y el consumo de sustrato, donde se puede ver que la salinidad influyó en la producción de biomasa en *P. kluyveri*. La cual, tuvo un aumento del 65 % en la producción de biomasa a una concentración de NaCl de 0.5 M, mientras que *P. stipitis* tuvo solo un aumento del 13 % en la producción de biomasa a una concentración de 0.2 M. La cuantificación de arabitol por HPLC mostró que *P. stipitis* tuvo una producción de: 0.77 ± 0.04 y 1.19 ± 0.12 g L^{-1} a una concentración de 0.2 y 0.5 M, respectivamente. Los resultados del ANOVA ($p \geq 0.05$) mostraron que hubo un aumento estadísticamente significativo en la producción de arabitol a una concentración de cloruro de sodio de 0.5 M. Sin embargo, la señal de arabitol no se detectó en los extractos de *P. kluyveri*.

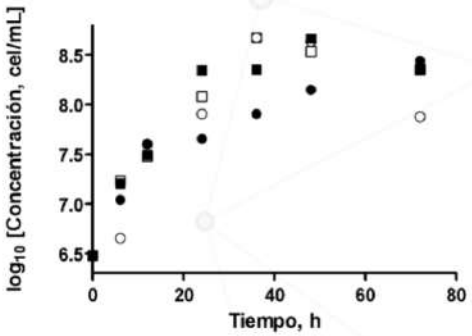


Fig.1. *Crecimiento de P. stipitis (0.2 M, ■), P. stipitis (0.5 M, □), P. kluyveri (0.2 M, ●) y P. kluyveri (0.5 M,○).*

		Cloruro de sodio [M]	
Cepa	**Parámetro**	**0.2**	**0.5**
P. stipitis	μ	0.18 ± 0.004[a]	0.14 ± 0.003[b]
	t_D	3.93 ± 0.076	5.00 ± 0.097
	δ	0.25 ± 0.005	0.20 ± 0.004
P. kluyveri	μ	0.21 ± 0.015[A]	0.13 ± 0.012[B]
	t_D	3.37 ± 0.248	5.20 ± 0.463
	δ	0.30 ± 0.022	0.19 ± 0.017

Tabla 1. *Parámetros cinéticos de crecimiento de la fermentación de glicerol.*
***μ**: velocidad específica de crecimiento **(h^{-1})**, **t_D**: tiempo de duplicación **(h)** y **δ**: velocidad de división **(generaciones h^{-1})**. Los resultados son promedio de dos corridas experimentales ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas en la velocidad específica de crecimiento, ANOVA ($p \leq 0.05$).*

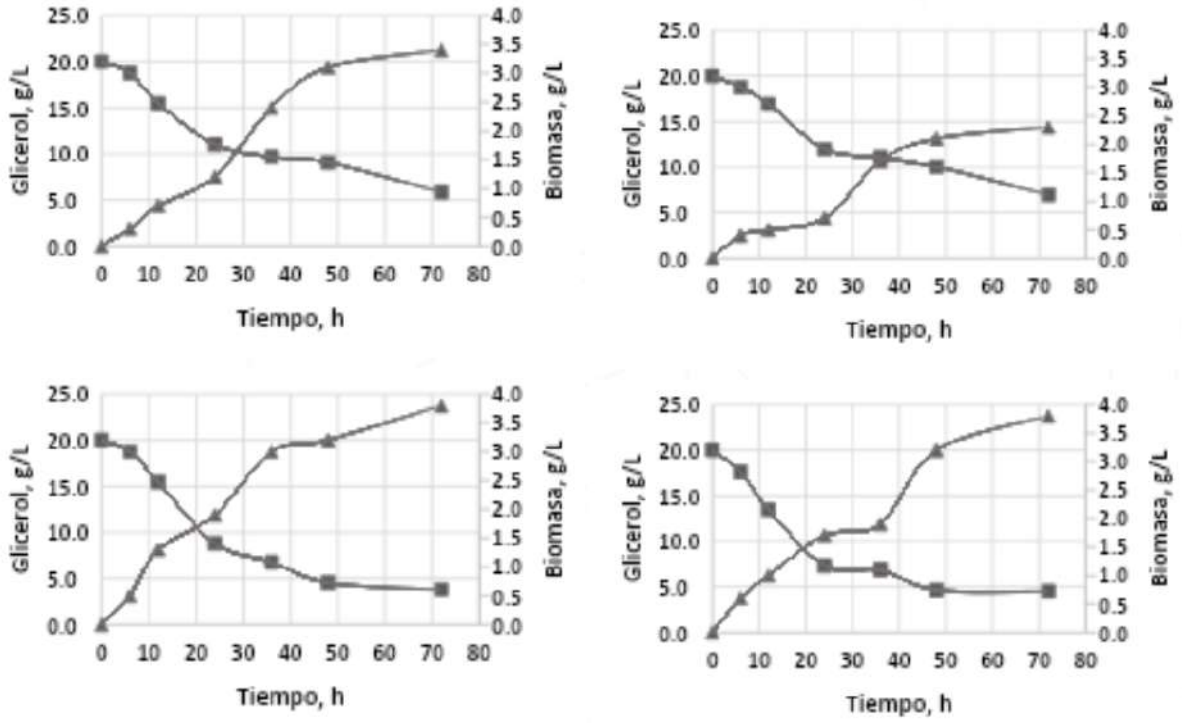


Fig. 1. *Efecto del cloruro de sodio en la producción de biomasa y consumo de glicerol de* ***a)*** *P. stipitis* ***b)*** *P. kluyveri.* ***Biomasa****, ■ y* ***glicerol****, ▲ a una concentración de NaCl [0.2 M], lado izquierdo y NaCl [0.5 M] del lado derecho.*

CONCLUSIONES. La producción de arabitol, por fermentación de glicerol con Pichia stipitis, tuvo un aumento estadísticamente significativo a una concentración de cloruro de sodio de 0.5 M. Los resultados sugieren que la levadura P. stipitis es prometedora para la producción de arabitol.

REFERENCIAS.

1. Ahmed. N., Kermanshahi, B., Ghazani, S. M., Tait. K., Tcheng, M., Roma, A., Callender, S. P., Smith, R. W., Tam, W., Wettig, S. D., Rogers, M. A., Marangoni, A. G., y Spagnuolo, P. A. (2020) Avocado-derived polyols for use as novel co-surfactants in low energy self-emulsifying microemulsions. Scientific Reports, 10(1), 1-14. https://doi.org/10.1038/s41598-020-62334-y
2. Barnett, J. A. (1968). The Catabolism of Acyclic Polyols by Yeasts. Journal of General
3. Chilakamarry, CR, Sakinah, AM, Zularisam, AW, Pandey, A. y Vo, DVN (2021). Perspectivas tecnológicas para la utilización de glicerol residual para la producción de biocombustibles: una revisión. Tecnología e innovación medioambiental, 24, 101902.
4. Dragosits M, Stadlmann J, Graf A, Gasser B, Maurer M, Sauer M, Kreil DP, Altmann F, Mattanovich D (2010). The response to unfolded protein is involved in osmotolerance of Pichia pastoris. BMC Genomics 11(1):1-16. https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-207
5. Fonseca C, Romão R, Rodrigues De Sousa H, Hahn- Hägerdal B, Spencer-Martins I (2007). L-Arabinose transport y catabolism in yeast. FEBS Journal 274(14):3589–3600. https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2007.05892.x
6. Kordowska-Wiater, M. (2015). Production of arabitol by yeasts: current status and future Prospects. Journal of Applied Microbiology
7. McMillan, J. D., & Boynton, B. L. (1994). Arabinose utilization by xylose-fermenting yeasts and fungi. Applied biochemistry and biotechnology, 45, 569-584.
8. Moreira-Melo NT, Pontes-Coimbra G, Pierotti-Procópio D, Cunha GC de G, Pontes-Eliodório K, Costa-Paes H, Olitta- Basso T, Skorupa-Parachin N (2020). Evaluation of product distribution in chemostat y batch fermentation in

lactic acid- producing Komagataella phaffii strains utilizing glycerol as substrate. Microorganisms 8(5):1–12. https://doi.org/10.3390/ microorganisms8050781
9. Ordaz, A. K. C., Hernández, J. C. G., & Parga, M. D. C. C. (2024). Levaduras del género Pichia y su uso potencial en el desarrollo biotecnológico. Ciencia Nicolaita, (91), 125-135.
10. Siavoshi, F., Sahraee, M., Heydari, S., Sarrafnejad, A., Saniee, P., Tavakolian, A., & Heidarian, S. (2020). Sugar-rich foods carry osmotolerant yeasts with intracellular Helicobacter pylori and Staphylococcus spp. Middle East Journal of Digestive Diseases, 12(3), 182.
11. van Eck', J. H., Prior', B. A., & Brandt, E. V. (1990). Accumulation of polyhydroxy alcohols by the yeast Hansenula anomala in response to water stress. Food Biotechnology, 4(1), 107.
12. Vivek, N., Sindhu, R., Madhavan, A., Anju, AJ, Castro, E., Faraco, V., ... y Binod, P. (2017). Avances recientes en la producción de productos químicos y lípidos de valor añadido utilizando glicerol crudo generado por la industria del biodiésel como sustrato: aspectos metabólicos, desafíos y posibilidades: una descripción general. Tecnología de recursos biológicos, 239, 507-517.
13. Zhu HY, Xu H, Dai XY, Zhang Y, Ying HJ, Ouyang PK (2010). Production of D-arabitol by a newly isolated Kodamaea ohmeri. Bioprocess y Biosystems Engineering 33(5):565-571. https://doi.org/10.1007/s00449-009-0378-x

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324158

PREFERENCIA DE HOSPEDERO DE Psittacanthus calyculatus DESPUÉS DE PODAS DE SANEAMIENTO FORESTAL EN UN ÁREA URBANA EN MORELIA, MICHOACÁN

***Luis Enrique García Hernández*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1238063f@gmail.com

Palabras Clave: Psittacanthus, Muérdago, Poda de saneamiento, Morelia.

RESUMEN. La planta hemiparásita Psittacanthus calyculatus (familia Loranthaceae) es una especie que se encuentra en hospederos o forófitos de zonas con perturbación ambiental, es de amplia distribución en América y está presente en la mayoría del país. A pesar de ello, su ecología e historia natural ha recibido limitada atención. En un muestreo dentro un área urbana de la ciudad de Morelia en Michoacán, se encontró que P. calyculatus infecta 307 árboles de 11 géneros de plantas; siendo los géneros más infectados Salix, Populus y Fraxinus. Después de una serie de podas de saneamiento forestal se obtuvo que el número de árboles infectados disminuyó a un 57 % con 175 individuos parasitados, al igual que el nivel de infección de los mismos; se encontró que los árboles podados no se re-infectan de inmediato. Sin embargo, los géneros más parasitados siguieron siendo Salix, Populus y Fraxinus con frecuencias relativas de 0.18, 0.31 y 0.38 respectivamente; sugiriendo una preferencia por estos géneros de la familia Salicaceae. Adicionalmente, después de las podas se encontró una preferencia por la parte superior (48.2 % de los árboles infectados) y media (33.5 % de los árboles infectados) de la copa. Se necesitan más muestreos en otras áreas de la distribución de P. calyculatus para comprobar la preferencia de forófitos después de la poda y si se correlaciona con la preferencia de forófito en instancias no afectadas por podas de saneamiento.

INTRODUCCIÓN. Psittacanthus calyculatus es una planta hemiparásita perteneciente a la familia Loranthaceae con una distribución amplia en América, al igual que en el país y en el estado de Michoacán; a pesar de ello su ecología no ha sido muy estudiada (Geils & Vázquez. 2002; Arca Acosta, 2013). También es una planta que realiza varios servicios ecosistémicos como proveer alimento a insectos, aves y murciélagos; además de que al ser una parasita afecta a sus hospederos (Azpeitia y Lara, 2006). Por todo lo anterior es importante conocer su distribución en las áreas verdes urbanas y como se relaciona con sus hospederos, incluyendo su preferencia de forófitos.

ANTECEDENTES. P. calyculatus, como otros muérdagos, es una planta hemiparásita, es decir, que puede realizar la fotosíntesis y sólo obtienen nutrientes minerales y agua del huésped (Watson 2001). Desde el punto de vista económico y silvícola, los muérdagos son parásitos dañinos porque provocan una reducción en el crecimiento y la fertilidad del huésped e incluso la muerte (Díaz-Limón et al., 2016). Psittacanthus es el único género de la familia Loranthaceae que se considera una plaga importante de bosques y tierras de cultivo en México y Centroamérica. P. calyculatus son plantas conspicuas fácilmente reconocibles por sus inflorescencias terminales de tonos de naranjas a rojizos con sus botones de puntas curvas y ensanchados en el ápice, flores

en corimbos de triadas, flores de 3 a 5 cm de largo (Vázquez-Collazo y Geils, 2002). Su período de floración se extiende de julio a noviembre, coincidiendo su inicio con la estación de lluvias. La floración es asincrónica dentro y entre individuos, alcanzando un pico de floración en agosto; Las flores son visitadas y polinizadas principalmente por colibríes. Su fruto es una baya jugosa y glabra, de forma elíptica, de coloración negra cuando madura; son frutos pegajosos que son consumidos por aves vectores de dispersión. (Azpeitia y Lara, 2006). Tiene varias especies de forófitos o árboles hospederos; se reconocen principalmente huizaches (Acacia, Vachellia), mesquites (Prosopis), pinos (Pinus), encinos (Quercus) y en Ficus; pero también otras especies como árboles frutales, es el caso del aguacate (Persea), de la manzana (Malus), las almendra y el ciruelo (Prunus), el tejocote (Crataegus), entre otras (Arca Acosta, 2013; Azpeitia y Lara, 2006; García, 1998). La presencia de una mayor abundancia de muérdago en especies particulares de árboles se deba a las características morfológicas y ecológicas de éstos, así como a la abundancia, el grosor de la corteza y la susceptibilidad para ser parasitado (Arruda et al. 2006). La dispersión de la semilla del muérdago también contribuya a crear una distribución agregada (Aukema y Martínez del Rio 2002).

OBJETIVO. Conocer los géneros de árboles más infectados por P. calyculatus en un área verde urbana antes y después de las podas de saneamiento forestal. Evaluar la efectividad de las podas de saneamiento mediante el número de árboles infectados, grado de infección, parte de la copa infectada y cobertura de la copa.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizaron muestreos de árboles infectados en un área verde urbana (Fig. 1); el área tiene alrededor de 4 810 m de longitud y una anchura de 5 a 15 m a cada lado del Río Chiquito en Morelia, Michoacán. Es un área urbana de aproximadamente 21.68 hectáreas que Sánchez (2020) en el Apoyo al diseño de un Sistema Municipal de Áreas Verdes con Valor Ambiental para el municipio de Morelia del 2020 designa como de importancia debido a su cubierta arbórea característica de un bosque de galería con especies nativas e introducidas; y que otorga los Servicios Ecosistémicos de infiltración y prevención de inundaciones, así como amortiguamiento de la isla de calor urbana.



Figura 1. *Área de estudio en color verde.*

Durante y abril del 2024 a cada árbol infectado se le midió la cobertura de copa, el nivel de infección de acuerdo a el sistema de evaluación de seis clases de Hawksworth y se les identifico a nivel de especie o género. Después de una serie de podas de saneamiento forestal en junio se volvió a realizar el mismo procedimiento en julio y agosto del mismo año.

RESULTADOS. Se encontró que antes de las podas *P. calyculatus* infecta 12 géneros de plantas (tabla 1); siendo los géneros más infectados Salix, Populus y Fraxinus. Despues de las podas los géneros más parasitados siguieron siendo Salix, Populus y Fraxinus. El número de árboles infectados disminuyó de 307 árboles a 175 y 169 posteriormente (Fig 2).

Género	% abril	%julio	%agosto
Fraxinus	44.6	38.2	39.4
Populus	29.2	31.2	31.4
Salix	14.5	18.4	19.2
Grevillea	3.8	8.2	7
Ficus	3.4	0.4	0.2
Pithecellobium	2.9	2.8	2.2
Bauhinia	0.4	0	0
Prunus	0.3	0.6	0.6
Citrus	0.3	0.2	0
Eriobotrya	0.3	0	0
Eucaliptus	0.3	0	0

Tabla 1. *Géneros de los árboles infectados antes (abril) y después (julio-agosto) de la poda con sus porcentajes.*

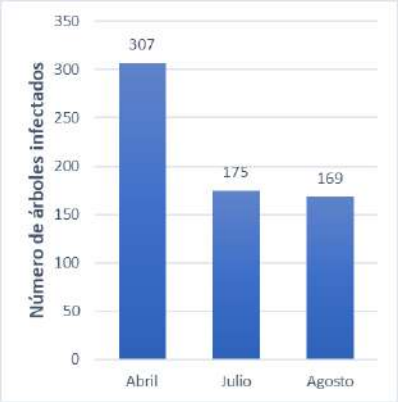


Figura 2. *Número de individuos infectados antes (abril) y después de las podas (julio-agosto).*

La efectividad de las podas se ve evidenciada por la disminución en los niveles de infección (Fig.3), así como en la disminución de la cobertura de las copas (Fig. 4) y de la infección de las partes bajas de las copas que son más sencillas de podar (Fig. 5).

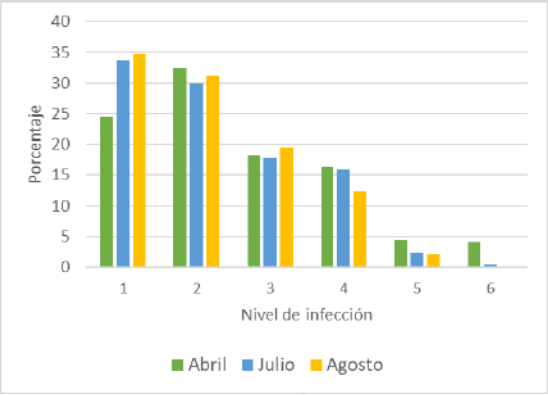


Figura 3. *Porcentajes de los niveles de infección en los distintos meses.*

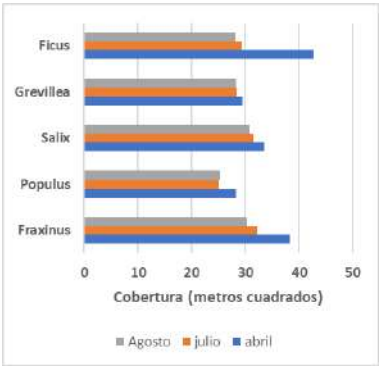


Figura 4. *Cobertura en metros cuadrados de los géneros más infectados.*

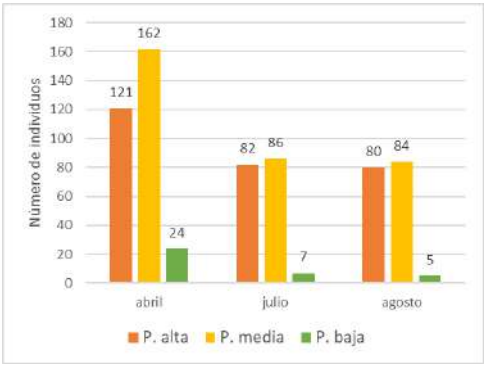


Figura 5. *Número de árboles infectados en las partes alta, media y baja de la copa en los tres meses estudiados.*

CONCLUSIONES. Los árboles infectados por P. calyculatus en un área urbana mostraron una preferencia por los géneros Fraxinus, Populus y Salix; lo cual se mantuvo después de las podas; además mostraron una disminución en el número de individuos infectados, en los grados de infección y en las coberturas de las copas congruentes con lo esperado de podas de saneamiento forestal eficientes. Hacen falta más estudios para comprobar la preferencia de forófitos después de la poda en otros sitios de la amplia distribución del muérdago y si es congruente con la preferencia de forófito en instancias no afectadas por podas de saneamiento.

REFERENCIAS.

1. Arca Acosta, I. (2013). Factores bióticos asociados a la distribución de Psittacanthus calyculatus en la zona periurbana de la ciudad de Querétaro, México. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional, Universidad Autónoma de Querétaro.
2. Arruda, R., Carvalho, L. N., Del-Claro,K.. (2006). Host specificity of a Brazilian mistletoe, Struthanthus aff. polyanthus (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna, Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, Volume 201, Issue 2, 127-134. https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.07.001.
3. Azpeitia, F., y Lara, C. (2006). Reproductive Biology and Pollination of the Parasitic Plant Psittacanthus Calyculatus (Loranthaceae) in Central México. The Journal of the Torrey Botanical Society, 133(3), 429–438. http://dx.doi.org/10.3159/1095-5674(2006)133[429:RBAPOT]2.0.CO;2
4. Díaz-Limón, M.P., Cano-Santana, Z., Queijeiro-Bolaños, M.E. (2016). Mistletoe infection in an urban forest in Mexico City, Urban Forestry & Urban Greening, Volumen 17, 126-134. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.004
5. García Regalado, G., (1998). La familia Loranthaceae (injertos) en el estado de Aguascalientes, México. Polibotánica 7: 1-14.
6. Geils, B. W. y I. Vázquez C. (2002). Loranthaceae and Viscaceae in North America. In: Geils, B. W., J. C. Tovar y B. Moody (coords.). Mistletoes of North American conifers. Chapter 1. General Technical Report. Department of Agriculture. Ogden, USA. Pp. 1-8.

7. Hawksworth, F. G. (1977). The 6-class dwarf mistletoe rating system. General Technical Report RM-48. Fort Collins: United States. Department of Agriculture/Forest Service/Rocky Mountain Forest/Range Experiment Station.
8. Sánchez, H. 2020. Apoyo al diseño de un sistema municipal de áreas verdes con valor ambiental para el municipio de Morelia. Ciudades y transporte. México. https://lc.cx/VireZ1
9. Vázquez Collazo, I. y B. W. Geils, (2002). Psittacanthus in Mexico. Cap 2 en: B. W. Geils, J. Cibrián Tovar y B. Moody (eds.), Mistletoes of North American conifers. General Technical Reports RMRS-GTR-98. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, Utah. 123 p.
10. Watson, David. (2001). Mistletoe—A Keystone Resource in Forests and Woodlands Worldwide. Annu. Rev. Ecol. Syst. 32. 219-49. 10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114024.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CC0324161

ANÁLISIS IN VIVO E IN SILICO DE LAS FITOHORMONAS DEL MAÍZ UTILIZANDO UN EXTRACTO ACUOSO DE CAFÉ

Edna Milagros Silva García[1], Jorge Manuel Ortega Martínez[2]
1 Universidad La Salle Morelia; edna_m@ulsamorelia.edu.mx
2 Instituto Tecnológico de Morelia, jorge.om@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Fitohormonas, Docking, Germinación, Cafeína, Zea mays.

RESUMEN. El presente proyecto buscó incidir en la fenología del Maíz (Zea mays), en particular en la fase de germinación. En Michoacán este producto tiene una gran importancia a que se utiliza para autoconsumo y producción agroindustrial. Se utilizó la borra del café en forma de un extracto acuoso, la cual contiene como productos mayoritarios cafeína y ácido cafeico principalmente; se propuso que dichos compuestos promueven la actividad de las fitohormonas del maíz que influyen en el crecimiento de las semillas. Para comprobarlo se realizó un análisis de reconocimiento molecular proteína-ligando (Docking) usando AutoDock 4.0 entre las fitohormonas giberelinas, auxinas, citoquininas, y el ácido abscísico con la cafeína y el ácido cafeico, observando una mayor interacción con las últimas tres, las cuales participan de forma directa en la germinación de la semilla y la activación de otras fitohormonas. Para corroborar los resultados in silico se colocaron en tres peceras con 6 semillas de maíz cada una, en la primera se utilizó agua en el riego, en la segunda se colocó el extracto acuoso de borra de café como líquido de riego; finalmente, con el objetivo de explorar el efecto de la temperatura sobre las fitohormonas y el extracto acuoso de la borra de café, en la tercera pecera se colocó extracto acuoso de borra de café y un control de temperatura. El control se hizo programando un controlador industrial PID Honeywell DC-1040 a 24° C. Las semillas se observaron durante 14 días, entre las peceras #1 y #2 se tuvo una mejor germinación y crecimiento con el extracto acuoso como líquido de riego. En la pecera #3 se implementó el control de temperatura lo que mantuvo la actividad de las fitohormonas en presencia del extracto acuoso de forma constante reduciendo el tiempo de germinación y crecimiento de la plántula entre 36 y 72 horas. Los resultados observados en este proyecto abren la posibilidad de implementar estrategias para mejorar la germinación del maíz sin usar estimulantes de crecimiento de origen sintético que resultan dañinos para la salud del suelo, el ecosistema y la comunidad.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, la sociedad humana enfrenta diversos problemas que han obligado a plantear objetivos de desarrollo sostenible (ONU, 2015), los cuales se han colocado como prioritarios. De acuerdo a los datos publicados por la Secretaría de Hacienda y el Grupo Consultor de Mercados Agrícolas en 2023 México aumentó su dependencia del maíz importado, tendencia que se mantiene en el presente año1. Con base en este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo brindar una alternativa que pueda impactar en la producción del maíz, eficientizando su germinación utilizando estimulantes de origen orgánico derivados de la borra de café y control de temperatura; lo que permitió obtener plántulas en una menor cantidad de tiempo en comparación con técnicas agrícolas convencionales.

La cámara térmica fue controlada mediante el uso de un controlador PID. Para ello primero debe obtenerse la respuesta al escalón del sistema2 y posteriormente aplicar el primer método de Ziegler-Nichols3 para determinar las ganancias. Con estas herramientas, se plantea como hipótesis que el uso de extracto acuoso de la borra de café junto con la implementación de un control PID para regular la temperatura a 24°C promueven una mejor germinación de la semilla del maíz, medible en el tamaño del tallo y la raíz de la plántula obtenida y reduce tiempo en el proceso, en comparación a una germinación sin estas condiciones.

ANTECEDENTES. El maíz es un alimento que es parte fundamental de nuestros platillos que servimos en nuestras mesas o que consumimos en su mayor parte, ya que se utiliza para la producción de tortillas principalmente y estos se pueden presentar en más de 600 platillos diferentes dentro de nuestra gastronomía, en el cual se estima que el consumo per cápita del maíz es de 350 gr aproximadamente4. Además, el maíz tiene un papel importante en la producción agroindustrial de almidón, como alimento para el sector pecuario. Considerando lo anterior México consume 46 millones de toneladas aproximadamente y produce 26.7 millones, por lo que es necesario importar 19 millones de toneladas para cubrir al 100% las necesidades de consumo alimenticio, pecuario y agroindustrial, por lo que resulta imperioso proponer y desarrollar alternativas para caminar hacia la autosuficiencia5. En Michoacán, se cuentan con 26 de las 64 razas de maíz que existen en México. De acuerdo al registro anual nuestro estado ocupa el tercer lugar nacional en la producción de maíz grano superando los 2 millones de toneladas. La borra de café a través de un extracto acuoso del mismo y generar como resultado un “agua de riego” que va a otorgar a la planta sustancias orgánicas ayudarán a la planta promoviendo a que genere un mayor estímulo en las fitohormonas necesarias para su desarrollo óptimo y como resultado generar que haya mayor producción de este cereal durante la fase más delicada de la producción y desarrollo fenológico de la planta, la germinación; ya que en esta es sensible a cambios en la humedad del suelo por factores climáticos, frecuencia de riego y profundidad de siembra, lo que genera cultivos con poca uniformidad de siembra y desarrollo lo que impacta directamente en el rendimiento en la producción por hectárea.6 De acuerdo a la ficha de aptitud agroclimática del maíz en México7 la temperatura en la cual se tiene un mejor desarrollo del maíz es a 24°C, razón por la cual se estableció este parámetro como punto principal para implementar un control de temperatura que mantuviera este estímulo constante las 24 horas del día y permitiera mejorar la germinación de la semilla de maíz con mejores resultados. Con lo anterior se generó una estrategia para apoyar en la producción del maíz, que impacta de forma positiva su germinación y crecimiento con bajos costos.

OBJETIVO. Desarrollar una alternativa que permita eficientizar la germinación del maíz utilizando estimulantes de origen orgánico derivados de la borra de café y aplicando control de temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología empleada en este proyecto se divide en los siguientes pasos principales:

1. Obtención del extracto acuoso de la borra de café.
2. La pecera que desempeñó la función de cámara térmica se preparó colocando tierra en su interior y posteriormente obteniendo la respuesta al escalón a 5V durante una hora, censando la temperatura interna de la cámara con el sensor LM35 que tiene una tasa media de 10mV por grado centígrado de temperatura. La adquisición de datos se realizó mediante una tarjeta DAQ USB 6009 y el programa LabVIEW de National Instruments. Se aplica el primer método de Ziegler-Nichols.

3. Introducción de las ganancias al controlador Industrial PID Honeywell DC1040, el cual admite la banda proporcional, tiempo de integración y tiempo de derivación.
4. Se sembraron las semillas de maíz en las peceras de la siguiente manera: se colocó tierra hasta una altura aproximada a 10 cm, medida desde la base. Se hicieron pequeños surcos de 3 a 5 cm, separados aproximadamente 5 cm entre ellos.
5. Se clasificó a las peceras de la siguiente manera: Pecera #1, sin extracto acuoso de borra de café ni control de temperatura, únicamente riego con agua. Pecera #2, riego con extracto acuoso de borrar de café, sin control de temperatura. Pecera #3, riego con extracto acuoso de borra de café y aplicando control de temperatura.
6. Riego diario en todas las peceras una vez al día. 2 ml de agua o extracto de borra de café por semilla.
7. Observación de tiempo de emergencia y desarrollo vegetativo hasta el día 14.

RESULTADOS. Los resultados del desarrollo experimental para cada una de las peceras fueron los siguientes:
PECERA #1. Control, se sembraron 6 semillas de maíz entre 2 y 3 cm de profundidad, sin extracto acuoso de borra de café y sin control de temperatura. Las semillas germinadas emergieron entre 5 y 7 días, no tuvieron uniformidad de crecimiento vegetativo, ni desarrollo longitudinal del tallo y raíz principal. Ya que algunas semillas desarrollaron hojas mientras otras seguían en germinación del epicótilo que dará lugar al tallo y del hipocótilo del que surgirá la raíz principal.
PECERA #2. Se sembraron 6 semillas de maíz entre 2 y 3 cm de profundidad, sin control de temperatura, riego con extracto acuoso de borra de café. Las semillas sembradas en estas condiciones mostraron uniformidad en la germinación y crecimiento, alcanzaron desarrollos vegetativos fase 2 y 3 en 14 días. El brote de las semillas se observó entre los días 5 y 7, ligeramente por debajo de los parámetros temporales esperados. Los tallos jóvenes se mostraron más largos y con mayor dureza en aquellas regadas con agua.
PECERA #3. Se sembraron 6 semillas de maíz entre 2 y 3 cm de profundidad, con control de temperatura a 24°C las 24 horas, riego con extracto acuoso de borra de café. Con control de temperatura a 24°C las 24 horas. Las semillas sembradas emergieron todas entre 36 y 72 horas, mucho más rápido en comparación con las condiciones de las peceras #1 y #2. Se observó un desarrollo vegetativo 3 en todas las plántulas en la mitad del tiempo que tomó a aquellas semillas sembradas bajo otras condiciones experimentales. Además, los tallos jóvenes fueron mucho más altos y con mayor dureza; mientras que las raíces primarias fueron más largas y con mayor presencia de raíces secundaria
En las pruebas de reconocimiento proteína ligando (Docking) se realizó una primera exploración a ciegas en búsqueda de las interacciones entre la cafeína, el ácido cafeico y las fitohormonas que participan de forma activa durante las etapas vegetativas iniciales de acuerdo a la bibliografía:

- Auxinas, se utilizó el archivo recuperado del Protein Data Bank con la clave 7q3s. Se observó que la cafeína interactúa con los residuos de aminoácidos ubicados en las ∝-hélice 1, 21, 22 y 25. Esta fitohormona actúa como una enzima glucosiltransferasa la cual cataliza la biosíntesis de enlaces glucosídicos, principalmente almidón por lo tanto podemos proponer que la cafeína al interactuar en este sitio de la macromolécula promueve la elongación de los tallos durante la fase de crecimiento VE, apoyando que los tallos y las raíces crezcan. (Fig. 1 (a))

- Citoquininas, se utilizó la fitohormona depositada en el Protein Data Bank con la clave 1w1r. Esta molécula actúa como una oxidoreductasa participando en la formación de trifosfato de adenosina (ATP), molécula que actúa en las células como moneda energética. De acuerdo a

los resultados del docking, la cafeína muestra interacción con el sitio de unión de la coenzima FADH en la citoquinina en la ∝-hélice 16. Al compararlo con los resultados experimentales nos permite proponer que la cafeína podría promover la formación más rápida de FADH en rutas de síntesis de ATP, lo cual permitiría a las células en desarrollo vegetativo tener más energía para llevar a cabo procesos bioquímicos importantes como la ruta del ácido mevalónico por medio de la cual se obtienen nutrientes. (Fig. 1 (b))

- Ácido abscísico, esta fitohormona al ser una molécula pequeña se encarga de activar proteínas oxidoreductasas que poseen heteroátomos como el hierro (Fe) que promueven la germinación de la semilla de maíz. El archivo analizado en el docking fue recuperado del Protein Data Bank con la clave 3npe. Como resultado del docking ciego se observó que la cafeína interactúa con las láminas β-plegada 4, 11, 15, 25 y 29 de la proteína, las cuales forman un bolsillo en el que se aloja un átomo de Fe. Al cruzar resultados experimentales con los teóricos podemos suponer que la germinación de las semillas de maíz se incrementó probablemente a un aumento en la reacción enzimática de esta macromolécula en la ruta del ácido abscísico. (Fig. 1 (c))

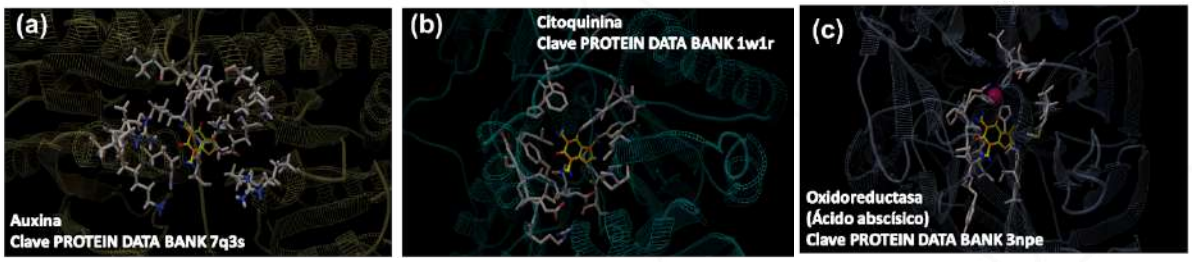


Figura 1. *Resultados de docking molecular entre la cafeína y las fitohormonas del maíz. Los cálculos teóricos se realizaron en el programa Autodock 4.2.*

CONCLUSIONES. La cafeína propia del extracto acuoso de la borra de café estimuló las fitohormonas del maíz provocando un aumento en el tamaño de su tallo y raíz primaria, este crecimiento se hace aún más evidente cuando, además del extracto, las fitohormonas se mantienen activas durante todo el proceso de crecimiento utilizando un control de temperatura a 24°C.

REFERENCIAS.

1. Carbajal, B. (2024, enero 12). México impuso marca histórica en importación de maíz, según USDA. Recuperado el 14 de abril de 2024, de https://gcma.com.mx/la-jornada-mexico-impuso-marca-historica-en-importacion-de-maiz-segun-el-usda/
2. Ogata, K. (2003). Ingeniería de control moderna. Pearson Educación.
3. CONABIO. (s/f). Qué nos aportan los maíces. Biodiversidad Mexicana. Recuperado el 14 de abril de 2024, de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/que-nos-aportan/N_maices
4. Hang, C. C., Åström, K. J., & Ho, W. K. (1991, March). Refinements of the Ziegler–Nichols tuning formula. In IEE Proceedings D (Control Theory and Applications) (Vol. 138, No. 2, pp. 111-118). IET Digital Library.
5. Haro, L. F. (2024, abril 15). Lejos de la autosuficiencia de maíz. El Sol de México | Noticias, Deportes, Gossip, Columnas. Recuperado 15 de abril de 2024, de https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/lejos-de-la-autosuficiencia-de-maiz-11759525.html
6. SADER. (s/f). Michoacán, tercer lugar nacional en producción de maíz: Sader. Recuperado 16 de agosto de 2024, de https://sader.michoacan.gob.mx/michoacan-tercer-lugar-nacional-en-produccion-de-maiz-sader/
7. INIFAP CIRNE. (s/f). Maíz, Zea mays, L. Ciclo: Primavera-Verano 2012. Recuperado 15 de abril de 2024, de http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/146.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CC0424101

ALFABETIZACIÓN ECONÓMICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ELABORACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Rocio Zariñana Herrejón[1], Karina Cortés Melchor[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rocio.zarinana@umich.mx2
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; karina.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Alfabetización económica, Inteligencia Artificial, Instrumento de medición.

RESUMEN. La alfabetización económica es un factor crítico en la vida, pues afecta al bienestar individual y social. Se define como el conocimiento, habilidades, actitudes y comprensión necesaria para gestionar recursos financieros de manera eficaz (Lusardi & Mitchell, 2014; Lusardi & Messy, 2023). Este estudio tiene como objetivo elaborar un instrumento de medición de alfabetización económica confiable y válido con apoyo de la inteligencia artificial (IA). La hipótesis de investigación plantea que la IA facilita la creación de instrumentos de medición de alta calidad. Se empleó un método cuantitativo de tipo exploratorio utilizando ChatGPT para desarrollar una escala Likert de "alfabetización económica". Los resultados mostraron una alta consistencia interna con un Alfa de Cronbach de 0.89 y un adecuado ajuste factorial. Estos hallazgos confirman la utilidad de la IA en la investigación aplicada, destacando la necesidad de un uso ético y fundamentado de esta tecnología en estudios futuros.

INTRODUCCIÓN. La alfabetización económica es un componente esencial del bienestar financiero individual y social, ya que permite a las personas tomar decisiones financieras informadas que afectan directamente su calidad de vida (Lusardi & Mitchell, 2011). Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2016), la alfabetización económica implica un conjunto de conocimientos y habilidades que permiten a los individuos comprender y utilizar conceptos financieros básicos, tales como el ahorro, la inversión, el crédito y la gestión del riesgo. Este conocimiento se ha vuelto cada vez más crítico en un mundo donde las decisiones financieras son más complejas debido a factores como la globalización, la digitalización de los servicios financieros y la creciente oferta de productos financieros sofisticados (Remund, 2010). El déficit de alfabetización económica no solo afecta a los individuos, sino que también tiene repercusiones a nivel macroeconómico. Investigaciones han mostrado que las poblaciones con baja alfabetización económica tienden a experimentar mayores tasas de endeudamiento y menores niveles de ahorro, lo cual puede contribuir a la inestabilidad económica de un país (Lusardi & Tufano, 2015; Klapper, Lusardi, & van Oudheusden, 2015). Además, la falta de comprensión de los conceptos financieros básicos está asociada con una planificación financiera inadecuada para la jubilación y una propensión a caer en decisiones financieras desventajosas (Kaiser & Menkhoff, 2017). En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta poderosa que puede optimizar el desarrollo y validación de instrumentos de medición en diversas disciplinas, incluida la educación financiera (Baker & Smith, 2019). La IA, mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático, puede analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones subyacentes y mejorar la precisión de los modelos predictivos, lo que resulta particularmente útil en la creación de escalas de medición

(Jordan & Mitchell, 2015). En este contexto, la elaboración de instrumentos de medición confiables y válidos es crucial para evaluar la alfabetización económica en diferentes poblaciones. Tradicionalmente, estos instrumentos se han desarrollado a través de métodos estadísticos convencionales que requieren un profundo conocimiento metodológico y teórico. Sin embargo, con el avance de la inteligencia artificial (IA), surge la oportunidad de explorar nuevas metodologías que puedan optimizar y facilitar este proceso. Este estudio se centra en la elaboración de un instrumento de medición de alfabetización económica utilizando IA, específicamente ChatGPT, para explorar su potencial en la creación de herramientas de investigación válidas y confiables.

ANTECEDENTES. El concepto de alfabetización económica ha evolucionado significativamente en la literatura académica. En los años 90, se consideraba principalmente como el conocimiento de los conceptos básicos de las finanzas personales, pero se ha expandido para incluir una comprensión más profunda de los productos financieros, la habilidad para tomar decisiones financieras racionales y la capacidad de gestionar el riesgo de manera efectiva (Huston, 2010). Esta evolución refleja un reconocimiento creciente de la complejidad de las decisiones financieras y la necesidad de equipar a los individuos con las herramientas cognitivas y actitudinales necesarias para navegar el entorno financiero moderno. La alfabetización económica ha sido ampliamente estudiada en el contexto de la educación financiera, especialmente en poblaciones jóvenes y adultos. Investigadores como Lusardi y Mitchell (2014) han destacado la importancia de medir este constructo para diseñar políticas educativas y financieras más efectivas. Además, la medición precisa de la alfabetización económica es fundamental para comprender las disparidades en el conocimiento financiero y sus efectos en diferentes grupos demográficos (Huston, 2010). Los primeros estudios que intentaron medir la alfabetización económica utilizaron cuestionarios simples que evaluaban el conocimiento financiero básico. Sin embargo, estudios posteriores, como el de Lusardi y Mitchell (2011), demostraron que la alfabetización económica también incluye habilidades prácticas y comportamientos, como la planificación y el control del gasto. Por lo tanto, los instrumentos de medición más recientes han incorporado dimensiones que van más allá del conocimiento, abarcando actitudes y comportamientos financieros (Atkinson & Messy, 2012). La validez y fiabilidad de los instrumentos de medición son fundamentales para garantizar que los resultados obtenidos reflejen con precisión el nivel de alfabetización económica de los encuestados. La validez de un instrumento se refiere a su capacidad para medir lo que se propone medir, mientras que la fiabilidad se refiere a la consistencia de las mediciones obtenidas en diferentes momentos o en diferentes muestras (DeVellis, 2017). En este contexto, el uso de herramientas avanzadas como la inteligencia artificial puede ofrecer ventajas significativas. La IA no solo permite una generación de ítems más rápida y eficaz, sino que también facilita el análisis de datos a gran escala para asegurar que los instrumentos de medición tengan propiedades psicométricas adecuadas (Baker & Inventado, 2014). Los estudios que aplican inteligencia artificial (IA) en el desarrollo de instrumentos de medición han demostrado resultados prometedores. Baker y Smith (2019) encontraron que los modelos de IA pueden generar ítems de cuestionarios que son tanto válidos como confiables, resultados comparables a los obtenidos por expertos humanos. Además, estos modelos de IA tienen la capacidad de ser ajustados y optimizados continuamente a través del aprendizaje automático, lo que incrementa su precisión y aplicabilidad en diferentes contextos de investigación (Jordan & Mitchell, 2015). En los últimos años, el uso de la inteligencia artificial en la investigación ha mostrado un gran potencial para la creación de instrumentos de medición más precisos y eficientes. La IA proporciona herramientas avanzadas que permiten analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y

generar modelos predictivos. Estas capacidades pueden mejorar significativamente la validez y fiabilidad de las escalas de medición, optimizando así los procesos de desarrollo de instrumentos en diversas disciplinas (Baker & Inventado, 2014). En el presente estudio, se utilizó ChatGPT, un modelo de lenguaje de inteligencia artificial desarrollado por OpenAI, para crear una escala tipo Likert de 33 ítems destinada a medir la alfabetización económica. El modelo fue entrenado para generar ítems basados en un amplio corpus de literatura sobre finanzas personales y educación económica, con la finalidad de que se capture de manera efectiva las dimensiones de conocimiento, habilidades y actitudes financieras. Los ítems generados se sometieron a un riguroso proceso de validación psicométrica, que incluyó análisis factoriales exploratorios (AFE) y confirmatorios (AFC), con resultados que demostraron un alto nivel de consistencia interna y validez de constructo utilizando ChatGPT.

OBJETIVO. El objetivo principal de este estudio fue desarrollar un instrumento de medición de alfabetización económica confiable y válido con apoyo de la inteligencia artificial (IA).

OBJETIVOS PARTICULARES. Evaluar la eficacia de la inteligencia artificial en la creación de escalas de medición. Validar el instrumento desarrollado a través de análisis estadísticos de consistencia interna y ajuste factorial.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó un enfoque cuantitativo de tipo exploratorio para desarrollar el instrumento de medición. La inteligencia artificial empleada fue ChatGPT, un modelo de lenguaje avanzado capaz de procesar información textual y generar contenido basado en grandes corpus de datos. Se solicito a la inteligencia artificial generar una escala destinada a medir la alfabetización económica. El proceso consistió en proporcionar al modelo directrices específicas basadas en criterios psicométricos establecidos para la construcción de ítems (DeVellis, 2017). Estos criterios incluyeron: Uso de lenguaje sencillo y comprensible, frases cortas y estructuración gramatical simple, evitar ambigüedades y términos vagos, formular ítems que reflejen creencias u opiniones, evaluación de los Ítems generados. Posteriormente, los ítems generados por la IA fueron sometidos a una revisión exhaustiva para verificar el cumplimiento de los 14 criterios previamente establecidos. Además, se consultó a un panel de expertos en psicometría y educación financiera para evaluar la relevancia y claridad de los ítems y se aplico AFE, AFC y Alfa de Cronbach con datos proporcionados por la IA.

RESULTADOS. Se creó un cuestionario tipo Likert de 33 ítems con 5 opciones de respuesta cada uno. Los ítems se agruparon en cuatro dimensiones: conocimientos financieros (9 items), habilidades financieras 11 items), actitudes financieras (8 items) y comportamientos financieros (4 items). Los resultados del AFE revelaron una estructura factorial consistente con los cuatro factores principales que explican un 65% de la varianza total. Se observó una alta consistencia interna dentro de cada dimensión, con cargas significativas superiores a 0.50 en los factores correspondientes. El análisis factorial confirmatorio (AFC) confirmó la estructura de cuatro factores, y los estadísticos de ajuste (χ^2, CFI, IFI, RMSEA) indicaron un buen ajuste del modelo teórico a los datos observados. La evaluación mostró que todos los ítems cumplían con los criterios, lo que indica que la IA fue efectiva en la creación de ítems psicométricamente sólidos. Los expertos coincidieron en que los ítems eran apropiados y representativos de las dimensiones teóricas de la alfabetización económica.

CONCLUSIONES. Se cumplio con el objetivo planteado, obteniendo el desarrollo de un instrumento de medición de alfabetización económica confiable y válido con el apoyo de la IA. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio respaldan la hipótesis de que la inteligencia artificial puede ser una herramienta eficaz para desarrollar instrumentos de medición confiables y válidos en el ámbito de la alfabetización económica. El uso de ChatGPT permitió la creación de una escala que cumple con los criterios adecuados en la revisión de expertos y estándares de validez y fiabilidad requeridos en la investigación científica. Sin embargo, se destaca la importancia de un uso ético y responsable de la IA, acompañado de un conocimiento teórico, metodológico y empírico adecuado. Este enfoque no solo optimiza los procesos de investigación, sino que también abre nuevas oportunidades para estudios futuros en el campo de la educación financiera y de otros instrumentos de medición en diferentes áreas.

REFERENCIAS.

1. Atkinson, A., & Messy, F.-A. (2012). Measuring financial literacy: Results of the OECD/International Network on Financial Education (INFE) pilot study. OECD Publishing. https://www.oecd.org/finance/financial-education/measuringfinancialliteracy.htm
2. Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. En J. A. Larusson & B. White (Eds.), Learning Analytics: From Research to Practice (pp. 61-75). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_3
3. Baker, T., & Smith, L. (2019). Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the Future of Artificial Intelligence in Schools and Colleges. Nesta. https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf
4. DeVellis, R. F. (2017). Scale Development: Theory and Applications (4.ª ed.). Sage. https://us.sagepub.com/en-us/nam/scale-development/book243743
5. Huston, S. J. (2010). Measuring financial literacy. Journal of Consumer Affairs, 44(2), 296-316. https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2010.01170.x
6. Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science, 349(6245), 255-260. https://doi.org/10.1126/science.aaa8415
7. Kaiser, T., & Menkhoff, L. (2017). Does financial education impact financial literacy and financial behavior, and if so, when? *The World Bank Economic Review, 31*(3), 611-630. https://doi.org/10.1093/wber/lhx018
8. Klapper, L., Lusardi, A., & van Oudheusden, P. (2015). *Financial Literacy Around the World: Insights from the Standard & Poor's Ratings Services Global Financial Literacy Survey.* The World Bank. https://responsiblefinanceforum.org/publications/financial-literacy-around-world-insights-standard-poors-ratings-services-global-financial-literacy-survey/
9. Lusardi, A., & Mitchell, O. S. (2011). Financial literacy around the world: An overview. *Journal of Pension Economics & Finance, 10*(4), 497-508. https://doi.org/10.1017/S1474747211000448
10. Lusardi, A., & Mitchell, O. S. (2014). The economic importance of financial literacy: Theory and evidence. *Journal of Economic Literature, 52*(1), 5-44. https://doi.org/10.1257/jel.52.1.5
11. Lusardi, A., & Tufano, P. (2015). Debt literacy, financial experiences, and overindebtedness. *Journal of Pension Economics & Finance, 14*(4), 332-368. https://doi.org/10.1017/S1474747215000232
12. Lusardi, A., & Messy, F.-A. (2023). The importance of financial literacy and its impact on financial wellbeing. *Journal of Financial Literacy and Wellbeing, 1*(1), 1–11. https://doi.org/10.1017/flw.2023.8
13. OCDE. (2016). OECD/INFE *International Survey of Adult Financial Literacy Competencies*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/finance/oecd-infe-international-survey-of-adult-financial-literacy-competencies-9789264253601-en.htm
14. OpenAI. (2024). *ChatGPT* (versión del 13 de septiembre) [Modelo multimodal grande ChatGPT 4.0]. https://chat.openai.com/chat
15. Remund, D. L. (2010). Financial literacy explicated: The case for a clearer definition in an increasingly complex economy. *The Journal of Consumer Affairs, 44*(2), 276-295. https://doi.org/10.1111/j.1745-6606.2010.01169.x

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CC0424102

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA MOTIVACIÓN DE LOS ALUMNOS DEL TECNM CAMPUS PURUÁNDIRO MEDIANTE UN ANÁLISIS CORRELACIONAL

***Cristian Alexis Villegas Bedolla*[1], *Rodolfo Cisneros González*[2]**

1. *Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; cristian.villegas@puruandiro.tecnm.mx*
2. *Tecnológico Nacional de México, Campus Puruándiro; roycisglez378@gmail.com*

Palabras Clave: Regresión, correlación, alfa de cronbach, SPSS, minitab.

RESUMEN. El proyecto analizó la motivación educativa en estudiantes del TecNM Campus Puruándiro, con el objetivo de identificar variables clave que influyen en ella. Se utilizó un enfoque correlacional para evaluar la relación entre factores sociales, psicológicos y académicos y su impacto en el rendimiento y actitud hacia el aprendizaje. En la primera fase, los análisis iniciales revelaron un coeficiente de determinación poco confiable, dificultando la construcción de un modelo predictivo sólido, aunque se identificaron dos variables con impacto significativo. En la segunda fase, se empleó un instrumento estandarizado, identificándose cinco variables influyentes. A pesar de la correlación entre variables, se sugirió mejorar el instrumento de medición. Finalmente, se integraron las variables clave de ambas fases en un modelo de regresión lineal múltiple, identificando factores que impactan actualmente la motivación estudiantil y subrayando su naturaleza subjetiva y cambiante.

INTRODUCCIÓN. La motivación estudiantil es clave para el éxito académico y personal, especialmente en el TecNM Campus Puruándiro. Este proyecto investigó las variables sociales, personales y académicas correlacionadas con la motivación, destacando su naturaleza dinámica y cambiante. A diferencia de estudios previos que abordaban factores estáticos, este análisis exploró cómo las variables que influyen en la motivación evolucionan a lo largo del tiempo. Se recolectaron datos cualitativos del entorno social de los estudiantes, que fueron cuantificados y analizados estadísticamente, revelando que la motivación varía de forma significativa. Esto resalta la necesidad de adaptar las estrategias educativas a las circunstancias y motivaciones fluctuantes de los estudiantes.

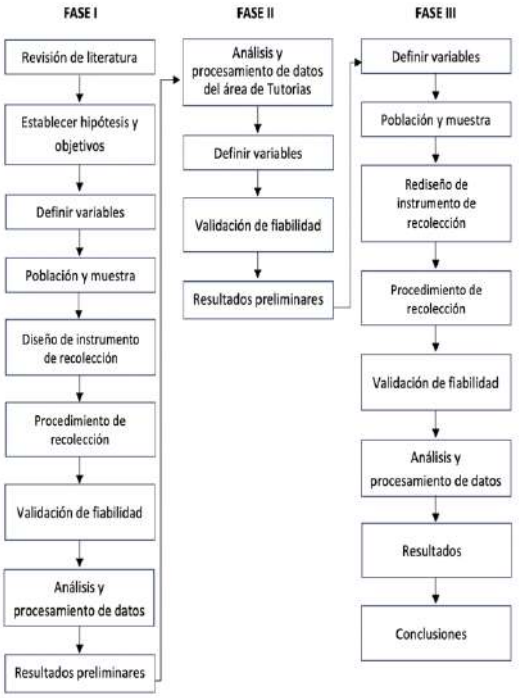
ANTECEDENTES. El TecNM Campus Puruándiro enfrenta una disminución en los niveles de motivación de sus estudiantes, lo que afecta el rendimiento académico y la permanencia estudiantil. Para enfrentar este desafío, es esencial identificar y analizar las variables que influyen negativamente en la motivación a lo largo del tiempo, utilizando instrumentos de evaluación precisos y análisis estadísticos rigurosos. Este enfoque permitirá comprender mejor los factores que impactan la motivación y desarrollar intervenciones educativas que respondan a las necesidades de los estudiantes, mejorando así su éxito académico y permanencia en la institución.

OBJETIVO. Realizar un análisis estadístico de la motivación educativa en los estudiantes del ITESP para identificar las variables clave que influyen en ella, utilizando un enfoque correlacional

que permita establecer relaciones significativas entre los aspectos sociales, psicológicos y académicos, y cómo estos afectan el rendimiento y la actitud hacia el aprendizaje de los estudiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS. Como hipótesis se plantea que existe una correlación significativa entre las variables sociales, personales y académicas con la motivación estudiantil en el TecNM Campus Puruándiro. Esto permite la creación de un modelo predictivo para estimar los niveles futuros de motivación.

El primer paso crucial en un análisis correlacional es definir con precisión las variables a estudiar (Tabla 1). En la Fase I, las variables independientes se seleccionaron mediante una lluvia de ideas. Tras el análisis estadístico, se ajustaron para la Fase II utilizando un instrumento estándar del área de tutorías académicas del campus. Finalmente, en una tercera fase, se integraron las variables de mayor impacto identificadas en las fases anteriores para un análisis más robusto.



FASE I	FASE II	FASE III
x_1 = Reconocimiento docente. x_2 = Elección de carrera. x_3 = Carga de trabajo. x_4 = Accesibilidad de transporte. x_5 = Calificaciones adecuadas. x_6 = Reconocimiento familiar. x_7 = Presión familiar. x_9 = Visión profesional. x_{10} = Metas. x_{11} = Ambiente familiar. x_{12} = Atención docente. x_{13} = Interés propio. x_{14} = Ambiente académico.	x_1 = Pérdida de persistencia de estudio. x_2 = Limitado esfuerzo de estudio. x_3 = Metas poco claras. x_4 = Cuestionamiento sobre el valor que tiene para tu vida la carrera universitaria. x_5 = Prioridades, diversión antes que el estudio. x_6 = Distracción en clase. x_7 = Dificultad de concentración emocional. x_8 = Cuestionamiento de utilidad académica. x_9 = Deseo de abandono escolar. x_{10} = Preparación insuficiente para el futuro. x_{11} = Dedicación ocasional según ánimo. x_{12} = Aversión a libros de texto. x_{13} = Procrastinación en estudios. x_{14} = Supervivencia a exámenes inevitables.	x_1 = Pérdida de persistencia de estudio. x_2 = Cuestionamiento sobre el valor que tiene para tu vida la carrera universitaria. x_3 = Cuestionamiento de utilidad académica. x_4 = Deseo de abandono escolar. x_5 = Preparación insuficiente para el futuro. x_6 = Dedicación ocasional según ánimo. x_7 = Exceso de estudio asignado. x_8 = Inseguridad académica. x_9 = Falta de conocimiento docente. x_{10} = Horas de sueño. x_{11} = Visión profesional. x_{12} = Metas. (Estudias para tener un mejor futuro). x_{13} = Actitud docente. x_{14} = Apoyo familiar. x_{15} = Áreas recreativas.

x_{15} = Dedicación docente.	x_{15} = Falta de comprensión docente. x_{16} = Exceso de estudio asignado. x_{17} = Inseguridad académica. x_{18} = Falta de conocimiento docente. x_{19} = Falta de disposición para hablar. x_{20} = Críticas sobre docentes.	

Tabla 1. *Identificación de variables independientes.*

La población objetivo del estudio incluyó a 369 alumnos, y mediante un cálculo estadístico se obtuvo una muestra representativa de 58 estudiantes, utilizando un muestreo aleatorio simple en la Fase I. En la Fase II, se analizaron y procesaron los datos históricos de 99 alumnos de nuevo ingreso de un instrumento de evaluación de motivación proporcionado por el área de tutorías. Para la Fase III, debido a sesgos en los resultados, se implementó un muestreo estratificado. En lo que respecta al instrumento de recolección de datos, en la Fase I, se desarrolló un instrumento con escala de Likert de cinco niveles para cuantificar las variables que influyen en la desmotivación estudiantil (Donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo). En las Fases II y III, se empleó una escala dicotómica de respuestas "Sí" o "No".

Análisis de correlaciones individuales

Variables	Correlación de Pearson	Interpretación	N
1	.262	Débil positiva	58
2	.255	Débil positiva	58
3	.203	Débil positiva	58
4	.021	Nula	58
5	.256	Débil positiva	58
6	.299	Débil positiva	58
7	-.094	Nula	58
8	-.221	Débil Negativa	58
9	.265	Débil positiva	58
10	.156	Débil positiva	58
11	.156	Débil positiva	58
12	.252	Débil positiva	58
13	.305	Débil positiva	58
14	.192	Débil positiva	58

ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	15	14.9726	0.99817	1.33	0.226
X1	1	0.2398	0.23976	0.32	0.575
X2	1	0.3212	0.32123	0.43	0.516
X3	1	0.3359	0.33589	0.45	0.507
X4	1	0.3575	0.35750	0.48	0.493
X5	1	0.1670	0.16705	0.22	0.639
X6	1	0.4064	0.40641	0.54	0.465
X7	1	0.1036	0.10360	0.14	0.712
X8	1	5.0507	5.05072	6.74	0.013
X9	1	3.3402	3.34022	4.46	0.041
X10	1	0.6586	0.65862	0.88	0.354
X11	1	0.2661	0.26610	0.36	0.554
X12	1	0.1253	0.12534	0.17	0.685
X13	1	0.0102	0.01022	0.01	0.908

15	.267	Débil positiva	58	X14	1	0.3646	0.36462	0.49	0.489
				X15	1	0.0360	0.03601	0.05	0.828
Análisis de Fiabilidad				Error	42	31.4584	0.74901		
Alfa de Cronbach	**N de elementos**			Total	57	46.4310			
.822	16								
Coeficiente de determiación									
32.25%									

Tabla 2. *Análisis estadístico: Fase I de investigación.*

La Tabla 2 muestra el análisis de los datos de la primera fase, donde se obtuvo un coeficiente de determinación del 32.25%, lo que limitó la creación de un modelo predictivo sólido para la motivación estudiantil. Sin embargo, en el ANOVA se identificaron dos variables con impacto significativo: horas de descanso y visión profesional. Aunque solo estas fueron estadísticamente significativas, 13 de las 15 variables presentaron correlaciones individuales con la motivación, sugiriendo un patrón consistente. El alfa de Cronbach de 0.822 confirmó la fiabilidad aceptable del instrumento.

Análisis de correlaciones individuales

Variables	Correlación de Pearson	Interpretación	N	Variables	Correlación de Pearson	Interpretación	N
1	.262	Débil positiva	58	11	.409	Moderada positiva	99
2	.255	Débil positiva	58	12	.319	Débil positiva	99
3	.203	Débil positiva	58	13	.363	Débil positiva	99
4	.021	Nula	58	14	.552	Moderada positiva	99
5	.256	Débil positiva	58	15	.388	Débil positiva	99
6	.299	Débil positiva	58	16	.393	Débil positiva	99
7	-.094	Nula	58	17	.293	Débil positiva	99
8	-.221	Débil Negativa	58	18	.452	Moderada positiva	99
9	.265	Débil positiva	58	19	.459	Moderada positiva	99
10	.156	Débil positiva	58	20	.456	Moderada positiva	99

Análisis de Fiabilidad		*Coeficiente de determiación*
Alfa de Cronbach	N de elementos	75.63%
0.796	20	

Tabla 3. *Análisis estadístico: Fase II de investigación.*

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos del análisis estadístico en la segunda fase, donde se evaluó un instrumento del Departamento de Tutorías con 20 variables en una escala dicotómica. El análisis en SPSS identificó cinco variables con impacto significativo en la motivación estudiantil: prioridades (diversión antes que estudio), distracción en clase, deseo de abandono escolar, dedicación según el ánimo y falta de conocimiento docente. Aunque se confirmó la correlación, el coeficiente de fiabilidad de 0.796 sugirió mejorar el instrumento, recomendando una escala Likert para mayor precisión.

Análisis de correlaciones individuales

Variables	Correlación de Pearson	Interpretación	N
1	-.456	Correlación moderada	58
2	-.481	Correlación moderada	58
3	-.166	Débil Negativa	58
4	-.287	Débil Negativa	58
5	-.330	Correlación moderada	58
6	.160	Débil positiva	58
7	.103	Débil positiva	58
8	.083	Débil Negativa	58
9	-.011	Nula	58
10	-.350	Correlación moderada	58
11	.094	Nula	58
12	.188	Débil positiva	58
13	.005	Nula	58
14	.299	Correlación moderada	58
15	.122	Débil positiva	58
16	.079	Nula	58

Análisis de Fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.251	17

Coeficiente de determiación
51.21%

ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
X_1	1	2.7021	2.70213	5.83	0.020
X_2	1	4.4420	4.44196	9.58	0.004
X_3	1	0.0185	0.01848	0.04	0.843
X_4	1	0.0004	0.000044	0.00	0.076
X_5	1	2.6679	2.66790	5.75	0.021
X_6	1	0.0024	0.00239	0.01	0.943
X_7	1	0.0029	0.00293	0.01	0.937
X_8	1	0.0909	0.09092	0.20	0.660
X_9	1	0.1460	0.14605	0.31	0.578
X_{10}	1	0.0035	0.00350	0.01	0.931
X_{11}	1	0.2832	0.28322	0.61	0.439
X_{12}	1	1.8500	1.84998	3.99	0.052
X_{13}	1	0.0306	0.03065	0.07	0.798
X_{14}	1	0.0064	0.00643	0.01	0.907
X_{15}	1	0.1102	0.11021	0.24	0.628
X_{16}	1	0.2134	0.21344	0.46	0.501
Error	42	19.4813	0.46384		
Total	58	39.9322			

***Tabla 4**. Análisis estadístico: Fase III de investigación.*

En la Tabla 4, se identificó nuevas variables clave que impactan la motivación estudiantil: pérdida de persistencia en el estudio, cuestionamiento del valor de la carrera y preparación insuficiente para el futuro. Estas variables difieren de las encontradas en fases anteriores, sugiriendo un cambio en los factores influyentes. El coeficiente de determinación fue del 51.21%, indicando que el modelo aún requiere mejoras para predecir la motivación. La fiabilidad del instrumento descendió a 0.251, significativamente menor que en fases previas.

CONCLUSIONES. La investigación logró el objetivo propuesto de llevar a cabo un análisis estadístico de la motivación educativa en los estudiantes del TecNM Campus Puruándiro, identificando múltiples variables clave que la influyen a través de un enfoque correlacional. La hipótesis se confirmó al evidenciar que existen correlaciones significativas entre las variables durante el periodo de investigación. Sin embargo, los resultados también indicaron que estas correlaciones no son constantes a lo largo del tiempo. Concluyendo que la motivación estudiantil presenta una naturaleza subjetiva. Las variables que motivan a los estudiantes actualmente pueden no ser las mismas que influyeron en el pasado o que influirán en el futuro, lo que dificulta la creación de un modelo predictivo fiable para evaluar continuamente los niveles de motivación estudiantil. Con base en estos resultados, se sugiere una evaluación periódica para tener una intervención temprana y oportuna para identificar y abordar los problemas de desmotivación.

REFERENCIAS.

1. Junco, P., Orozco, F., Moreno, M., Gómez, B.& Mantilla, E. (2021). Diseño de un Modelo de Regresión Lineal Múltiple Para Predecir el Rendimiento de Estudiantes de Institutos Superiores Tecnológicos Públicos Frente a la Nueva Normalidad. European Scientific Journal, ESJ, 17(2), 30. https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n2p30
2. Pegalajar, M. (2020). Relación entre la motivación académico-personal del estudiante novel en educación y las estrategias de trabajo autónomo. Formación Universitaria, 13(5), 257–268. https://doi.org/10.4067/s0718-50062020000500257
3. Warrens, M. (2015). Some Relationships Between Cronbach's Alpha and the Spearman-Brown Formula. Journal of Classification, 32, 127–137. https://doi.org/https://doi.org/10.1010/s00357-015-9168-0

COMPARACIÓN EN EL NIVEL DE ESTIGMA EN ESTUDIANTES Y PROFESIONALES DE MEDICINA Y PSICOLOGÍA HACIA PERSONAS CON ENFERMEDADES MENTALES

Alondra Yunuen Rodríguez Horta[1], Roberto Oropeza Tena[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2019187a@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; roberto.oropeza@umich.mx

Palabras Clave: Estigma, enfermedad mental, profesionales sanitarios.

RESUMEN. Para Link y Phelan (2001), el estigma es un poderoso proceso social caracterizado por el etiquetado, los estereotipos y la separación social, lo que lleva de forma progresiva a una pérdida del estatus y a la discriminación. El estigma en salud mental se refiere a la percepción negativa, prejuicios o discriminación hacia personas que sufren de enfermedades mentales. Este puede manifestarse de varias maneras y tiene múltiples efectos tanto en los individuos como en la sociedad en general. Puede originarse en la falta de comprensión sobre las condiciones de salud mental, miedos infundados, mitos, o creencias erróneas. El estigma implica a los profesionales sanitarios y, de manera más significativa, a aquellos que desarrollan su actividad profesional en el entorno de la salud mental, motivo por el cual esta investigación toma como objetivo la identificación y comparación de posibles diferencias en los niveles de estigma en estudiantes y profesionales de las áreas de medicina y psicología hacia personas que padecen enfermedades mentales. Fresan et al. (2012) menciona que aún cuando podría esperarse que las personas que carecen de información objetiva acerca de las enfermedades mentales sean las que estigmatizan y discriminan a quienes padecen un trastorno mental. Diversos estudios como el realizado por Gil et al. (2016) en el artículo “El estigma hacia personas con enfermedad mental en profesionales sanitarios del hospital general”, han mostrado que los profesionales de la salud no son la excepción.

ANTECEDENTES. El estigma también ha sido definido como un atributo profundamente devaluador, que degrada y rebaja a quien lo porte (Goffman, 1963, como se citó en OPS, 2024). La palabra estigma deriva del latín “stigma”, que, a su vez, deriva del griego “στίγμα”. En sus orígenes, durante la época clásica se usaba para referirse a una marca que se hacía a esclavos, criminales o traidores para “mancharlos”, con el fin de poder identificarlos fácilmente, ya que éstos debían ser rechazados o evitados (Organización Panamericana de la Salud, 2024). Actualmente, el estigma ha sido definido como una marca (hablando de las enfermedades mentales se hace referencia al diagnóstico de las mismas) que relaciona a la persona con atributos o características indeseables, lo que provoca comportamientos, sentimientos y acciones negativas en quienes llegan a tener cierta interacción con los individuos que padecen alguna enfermedad mental, siendo los mismos enfermos el grupo más afectado. Es importante resaltar que el estigma también genera una barrera que evita o dificulta la búsqueda de ayuda, lo que a su vez complica tanto los tratamientos como la recuperación de una enfermedad mental y una sana interacción social.
Por otro lado, el estigma puede apreciarse desde el momento y la forma en la que se habla de las enfermedades.

OBJETIVO. La presente investigación tiene como objetivo identificar si existen diferencias significativas en los niveles de estigma hacia personas con enfermedades mentales entre los estudiantes/profesionales de las áreas de psicología y medicina.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se empleó la escala Community Attitudes towards Mental Illnes en su forma española (CAMI-S) (Martín, 2020), la cual consta de 40 ítems. Dicha escala se compone de 4 subescalas, las cuales evalúan los factores: autoritarismo (evalúa las opiniones acerca de las personas con enfermedad mental como una clase inferior a los individuos sanos), benevolencia (valora actitudes de acogida a los pacientes, pero que pueden llegar a representar una actitud paternalista), restricción social (evalúa el peligro para la sociedad y sugiere que las personas con enfermedad mental se deben limitar, tanto antes como después de la hospitalización) e ideología de salud mental en la comunidad (evalúa las actitudes y creencias relacionadas con la inserción de las personas con enfermedad mental en la comunidad y en la sociedad en general). Cada una de las subescalas está compuesta por 10 ítems, siendo 5 redactados de forma positiva y 5 de forma negativa, estos se valoran con una escala Likert de 5 puntos, siendo 10 la puntuación mínima (máximo acuerdo) y 50 la puntuación máxima (máximo desacuerdo) por cada subescala.
Participantes**.** Se contó con una muestra de 88 estudiantes y profesionales de las áreas de psicología y medicina (psicología=40, medicina=48) de ambos sexos, cuyo rango de edad osciló entre los 18 y 65 años, siendo 28.44 años el promedio de edad de los participantes. Se hizo uso de un muestreo no probabilístico de sujetos voluntarios. El instrumento empleado para la investigación fue aplicado a los participantes tanto en formato físico (lápiz y papel), como en formato digital mediante el uso de formularios de google. Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se hizo uso de la prueba T de Student para grupos independientes mediante el programa SPSS.

RESULTADOS. Posterior al análisis de la información recopilada, como se puede apreciar en la tabla 1, se obtuvo como resultado una única diferencia estadísticamente significativa en el segundo factor (benevolencia) de la escala CAMI-S (psicología M=41.2, medicina M=39.54), obteniendo que T= 1.86 (gl=86, p=0.032).

Psicología	Medicina
M=41.2	M=39.54

CONCLUSIONES. Tras el análisis de los resultados, es posible concluir que, de forma general tanto estudiantes como profesionales de las áreas de psicología y medicina presentan niveles similares de estigma hacia las personas que padecen enfermedades mentales. Sin embargo, los psicólogos presentan por poco un nivel mayor de benevolencia hacia las personas con enfermedades mentales. Es posible hallar un contraste con la investigación realizada por Polanco et al. (2013) en la cual las puntuaciones de los profesionales de la salud en formación de medicina fueron significativamente mayores con un tamaño de efecto grande en comparación con los de psicología clínica, esto puede atribuirse al tamaño de las muestras empleadas en los respectivos trabajos. La presente investigación contó con una muestra limitada de participantes, por lo que se sugiere para sus posibles replicas ampliar la cantidad de sujetos con el fin de obtener resultados que puedan ser generalizados a la población estudiada.

REFERENCIAS.

1. Fresán, A., Robles, R., Cota, M., Berlanga, C., Lozano, D., & Tena, A. (2012). Actitudes de mujeres estudiantes de psicología hacia las personas con esquizofrenia: Relación con la percepción de agresividad y peligrosidad. Salud

mental, 35(3), 215-223. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252012000300005&lng=es&tlng=es.

2. Gil et al. (2016). Influencia del burnout sobre la salud mental de trabajadores de servicios: Un estudio longitudinal. Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones, 33(1), 11-17. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5836868.pdf
3. Link B. & Phelan J. (2001). On stigma and its public health implications. An Internacional Conference. Stigma and Global Health: Developing a Research Agenda. http://www. stigmaconference.nih.gov
4. Martín, J. (2020). Caracterización de patrones diferenciales de la etnia gitana: Un estudio de psiquiatría transcultural sobre el estigma en usuarios de salud mental [Tesis de fin de grado]. Universidad de Valladolid. https://uvadoc.uva.es/handle/10324/41713
5. Ochoa S, Martínez-Zambrano F, Vila-Badia R, Arenas O, Casas-Anguera E, García-Morales E, et al. (2016). Validación al castellano de la escala de estigma social: Community Attitudes towards Mental Illness en población adolescente. Revista de Psiquiatría y Salud Mental. 9(3):150-157. https://www.elsevier.es/es-revista-revista-psiquiatria-salud-mental-286-pdf-S1888989115000476
6. Organización Panamericana de la Salud. (2024). Entendiendo y actuando contra el estigma en salud mental en contextos de salud. https://campus.paho.org/mooc/course/view.php?id=355
7. Polanco, N., Cajigas, I., Rivera, E., Varas, N., Santos, A., & Rosario, E. (2013). Estigma hacia problemas de salud mental entre profesionales de la salud en adiestramiento en Puerto Rico. Salud & Sociedad. 4(3), 250-263. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=439742473003

LA INTERVENCIÓN ORNAMENTAL DE JOAQUÍN ORTA, 1898-1915. UNA LECTURA ICONOGRÁFICA DE TRES ESPACIOS RELIGIOSOS EN TLALPUJAHUA Y MORELIA, MICHOACÁN

Nadia Andrea Medrano Pantoja[1], Ma. Del Carmen López Núñez[2]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; nadiamedrano1218@gmail.com

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; carmen.lopez@umich.mx

Palabras Clave: Arquitectura religiosa, Iconografía, Ornamento, Eclecticismo

RESUMEN. Los trabajos ornamentales de Joaquín Orta Menchaca son muestra de una expresión singular dentro de las primeras dos décadas del siglo XX en la arquitectura religiosa de Michoacán. Estas fueron reflejo de las ideas románticas desde el periodo decimonónico y de su inspiración en la naturaleza que nos ofrecen un lenguaje visual de motivos fitomorfos que integran los inmuebles de advocación mariana. Este trabajo busca por objeto de estudio, el analizar la intervención ornamental de Joaquín Orta Menchaca, desde una lectura iconográfica. Buscando que el resultado de este, pueda funcionar metodológicamente para el análisis de otros casos de estudio. Joaquín Orta Menchaca fue natural de Tlalpujahua, Michoacán. En este municipio desarrollaba el oficio de la herrería y forja de metales que dirigía y ejecutaba en los trabajos que se le solicitaban. El desarrollo metodológico de este trabajo se funda en dos partes, una, la cuestión histórica, apoyada por Marina Waisman y March Bloch y la segunda, el análisis iconográfico de la obra por parte de Erwin Panofsky y González de Zarate. En el primero, se realizó el diseño de fichas de instrumentos de investigación que se contemplaron para el registro de las consultas de documentación en archivos, bibliotecas, acervos, etc. En consiguiente, para el análisis iconográfico, se utilizaron las mismas fichas donde se registraron los motivos ornamentales de los decorados dentro de las unidades de estudio.

INTRODUCCIÓN. Este trabajo persigue el exponer una serie de avances de investigación que conforman la estructura de una tesis de maestría en la cual como objetivo principal se busca estudiar iconográficamente la plástica y el detalle ornamental en yeserías que estuvieron a cargo de Joaquín Orta Menchaca en: El Santuario de la Virgen del Carmen, el Templo de la Virgen de Guadalupe, (capilla adjunta del Convento Franciscano de Tlalpujahua), y el Santuario de Nuestra Señora de Guadalupe en Morelia, Michoacán, así como el identificar los procesos socioculturales y económicos de la región, que fueron clave en la disposición de las manifestaciones artísticas de los interiores decorados por este personaje. Los interiores arquitectónicos intervenidos por Joaquín Orta Menchaca son expresiones únicas en las representaciones ornamentales del siglo XX dentro de la arquitectura religiosa de Michoacán. Sus trabajos decorativos reflejan las ideas románticas que circulaban hasta finales del siglo XIX con relación a los motivos vinculados a la naturaleza. La primera intervención que realizó fue en 1901, en la Parroquia de San Pedro y San Pablo, en Tlalpujahua, Michoacán, posteriormente en el año de 1908 decoró el Templo de la Virgen de Guadalupe, capilla adjunta al convento franciscano en el mismo municipio, y finalmente su última ejecución fue realizada en 1910, en el Templo de Nuestra Señora de Guadalupe, en la ciudad de Morelia (Ramírez, 1985).

ANTECEDENTES. Joaquín Orta Menchaca nació en Tlalpujahua, Michoacán, México el 29 de junio de 1845, se casó con Soledad Navarrete de 26 años de edad, fruto de su matrimonio,

nacieron María Magdalena, José Leoncio, María del Carmen y un varón que falleció poco después de haber nacido. Menciona José Luis Muñoz, que María Magdalena, se casó con Raúl Muñoz en 1918. Fruto de su matrimonio nacieron Raúl, María Antonieta, Joaquín, Guillermo, Rosa María, Federico, Beatrice y María del Carmen. (Medrano, 2024). A principios del siglo XX dio apertura a la intervención decorativa del templo de San Pedro y San Pablo, hoy el Santuario de la Virgen del Carmen, bajo las bonanzas de la Compañía Minera Dos Estrellas, proyecto gestionado por el Sr. Cura Don José María Galván, quien convoco al pueblo el 1 de julio de 1901. Posteriormente, en el año de 1908 decoró el Templo de la Virgen de Guadalupe, capilla adjunta del Convento Franciscano de Tlalpujahua. Durante el periodo de la Revolución Mexicana, Joaquín Orta trabajó el decorando el Templo de San Diego, posteriormente regreso a Tlalpujahua. En las cartas que intercambia con los sacerdotes responsables del templo se interpreta lo complejo que fue el decorar el Templo de San Diego, y se menciona que, tras la revolución, la economía que presentaba el país proponía en varios momentos la cancelación de las obras. Joaquín Orta Menchaca falleció a la edad de 77 años el 1 de enero de 1920 (Ramírez, 1985). Las ideas románticas que aun prevalecían desde finales del siglo XIX desde Europa, se vieron impregnadas en la arquitectura religiosa de Tlalpujahua y Morelia bajo la conceptualización del proceso creativo del Joaquín Orta. De este modo, las actividades que Joaquín logró desempeñar en la industria minera. Sin duda fomentaron la destreza y dominio compositivo, geométrico y de proporción que posteriormente lo vincularían a las labores de la construcción.

Para el año de 1901, bajo la gestión del párroco José María Galván, cura importante en Tlalpujahua, se le solicitó a Joaquín Orta Menchaca la propuesta para el “nuevo decorado” que se planeaba realizar en la parroquia y que posteriormente se intervendría también la capilla del convento franciscano de Tlalpujahua en el año de 1908, este segundo trabajo se puede leer uniformemente, bajo la presencia plástica y firma visual de Orta, pero con una ligereza colorimétrica y ornamental que dejan ver los muros laterales del inmueble con cierta sobriedad en comparación a la primer intervención, posteriormente, a partir del año de 1912 y hasta 1915 trabajó las intervenciones en el templo de San Diego en la ciudad de Morelia (Ramírez, 1985).

Joaquín Orta Menchaca creó una serie de espacios bajo un orden visual a través de la repetición ornamental. En la decoración del interior de la parroquia, se puede encontrar una ostentación ornamental de flores abiertas o en capullo, enredaderas vegetales, pentagramas, querubines, redes y tramas reticulares con una evidente noción de ritmo visual que se desarrolla en todos los elementos que conforman su arquitectura interior, muros, pilastras, bóvedas, entablamentos y marcos que se cubren por una paleta de color sobresaliente. Los canceles de la entrada principal y lateral que muestran el mismo carácter decorativo, se integran al conjunto creando unidad en el inmueble.



OBJETIVO. Como objeto de estudio, este análisis busca estudiar y explicar la obra de Orta Menchaca desde sus cualidades compositivas, espaciales, formales y estéticas, así como los aspectos que antecedieron a la conceptualización decorativa de la obra per se. Identificar a partir de los procesos económico, social, político y cultural, las causas para que se ejecutara su obra en relación a las manifestaciones decorativas y estilísticas del periodo porfirista. Así como identificar las principales influencias en el lenguaje fitomorfo de la época, sus significantes y la relación con las manifestaciones artísticas que imperaron en Tlalpujahua.

MATERIALES Y MÉTODOS. La propuesta metodológica que se utilizó para el desarrollo de este trabajo consta de dos partes, uno por Erwin Panofsky y el segundo por González de Zarate. En el primero, se realizó el diseño de fichas de instrumentos de investigación que se contemplaron como respuesta a los objetivos planteados en esta investigación, así mismo, estas se utilizaron para el registro en consultas de documentación en archivo, en bibliotecas, acervos gubernamentales y eclesiásticos, hemerotecas y recaudación de fuentes orales. Así mismo, se utilizaron estas fichas para el registro tanto de fotografía histórica, como fotografía de las unidades de análisis y levantamientos de los inmuebles arquitectónicos, para obtener la información que posteriormente sería estudiada y analizada en el primer y segundo capítulo considerando los aspectos historicistas, los juicios de valor y la interpretación de los datos históricos.

RESULTADOS. Los inmuebles intervenidos por Joaquín Orta, presentan un acercamiento al pasado, siendo inmuebles del siglo XVII y XVIII, y al presente que se enfrentan, llevando en su interior, una manufactura de las primeras dos décadas del siglo XX en una originalidad local diferente al resto de los recintos sacros de la región. No solamente los procesos de industrialización de la economía en la ciudad de Morelia, y el municipio de Tlalpujahua ocasionaron un cambio en la manera de construir, las formas de entender la arquitectura local también comenzaron su proceso de transformación de los espacios religiosos, la fascinación por las tendencias extranjeras que trajo la minería en dicho municipio, y en la ciudad, todo aquello que representó a la modernidad con los materiales y las técnicas de construcción surgidas o mejoradas a inicios de siglos. (Herrejón, 1985). Como primer acercamiento a la metodología que comprende las lecturas de los aspectos iconográficos, en el Santuario de la virgen del Carmen, en Tlalpujahua, se identificaron una serie de patrones compositivos que articular verticalmente los muros laterales de la nave central, las molduras en yesería que reticulan a modo de listones linealmente proporcionados en patrones de flor de Liz botón, flor de Liz botón y que uniformemente conectan el claro a modo de lienzo en azul cielo pastel. En las crucerías se logran identificar florones que rematan la unión de los nervios en las bóvedas centrales. En las molduras que rematan los perfiles poli lobulados de las pechinas, se logra ver lo que aparentemente son piñas a modo de puntillas. En las cornisas, se logra apreciar el contorno de elemento florales que siguen el ritmo azul, blanco y azul. Posteriormente, en un remate de esta, se logra apreciar una secuencia de palmetas con detalles de hoja de oro en el centro. En la manifestación de apropiación, se relaciona la flor de primavera y la flor lila de campo, como elementos que están plasmados en la decoración ornamental de ambos inmuebles y en el caso de Tlalpujahua, su cotidianidad con la naturaleza. Así mismo, la presencia de las piñas de pino se vio identificadas como objetos decorativos artesanales de la región, y retomados en la intervención del Santuario de la virgen de Guadalupe, en Morelia.



Figura 1. *Ornamentos de sección muro lateral izquierdo, Santuario Guadalupano, dibujo de autor.*



La saturación en las yeserías comprende una serie de retículas que tapizan en su totalidad las bóvedas de la nave central, así como las marquerias que contornean los murales laterales. Los detalles que presentan verticalmente las columnas del crucero, fueron intervenidos con una serie de frondas acometidas, y los moldes en flores de lis presentan una policromía en rojizo ladrillo y dorado. Se puede identificar que han sido intervenidos algunos elementos con pintura esmaltada. El nivel evolutivo y la presencia de nuevos elementos y formas decorativas es evidente, sin embargo, la paleta cromática que en los tres inmuebles fue considerada, deja apreciar a un mayor detalle la representación decorativa y ornamental.

CONCLUSIONES. En el caso de los decorados en el templo de San Pedro y San Pablo, estos nos hicieron entender un aspecto importante. Si bien no tenemos un justificante sobre si la obra ornamental fue conceptualizada intencionalmente con los elementos vegetales de la región, si existe un vínculo en la actualidad de este hacia con los habitantes. Si bien la convivencia de elementos figurativos como la flor de lis están presentes, los elementos fitomorfos que decoran el inmueble han generado un vínculo de apropiación por parte de los habitantes en relación al valor biocultural de la región. Por otra parte, en la identificación de las vanguardias y tendencias que se han identificado en el inmueble, hablar de un eclecticismo podría llegar a ser una carencia básica de definir un decorado. Si bien se habla de un periodo clave en los eclecticismos, se considera en este resumido trabajo, que la intervención de Joaquín Orta, merece un análisis profundo en las tendencias neoárabes, neogóticas, neobarrocas y las influencias románticas que aun prevalecían desde finales del siglo XIX en el país.

REFERENCIAS.

1. Carlo, Giulio, Argán, et al., El revival en las Artes Plásticas, la Arquitectura, el Cine y el Teatro, Barcelona, Gustavo Gili, 1977.
2. González de Zárate, Jesús María, “Análisis del método iconográfico”, Cuadernos de Arte e Iconografía. Revista virtual de la Fundación Universitaria Española, [en línea] 01 de enero 1991, tomo IV, núm. 7. [Consultado el 07 de mayo de 2024] http://www.fuesp.com/revistas/pag/cai07_conferencia.html.
3. Guzmán Pérez, Moisés, “El Santuario de Guadalupe, la Calzada y el Exconvento de San Diego”, en Silvia Figueroa Zamudio, (coord.) Morelia Patrimonio Cultural de la Humanidad, Morelia, UMSNH/Gobierno del Estado, 1995.
4. Herrejón, Carlos, Tlalpujahua, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán, 1980.
5. Islas Jiménez, Celia, El Real de Tlalpujahua, Ciudad de México, INAH, 2008.
6. Katzman, Israel, Arquitectura del siglo XIX en México, México, Trillas, 2002.
7. Litvak, Lily, El modernismo, Alicante, Miguel de Cervantes, 2012.
8. Landeros, Rodolfo, El eclecticismo en la arquitectura mexicana. Ciudad de México, Trillas, 1990.
9. López, Rafael, Aurora Yaratzeth, “Presencia Mexicana En Las Exposiciones Internacionales. El Pabellón «Morisco» De Nueva Orleans (1884)”, en Revista AWRAQ, núm. 11, [en línea], noviembre 2015, [Consultado el 30 de abril de 2024] http://www.awraq.es/blob.aspx?idx=5&nId=126&hash=0886740a7f294cc748daa83684b8f497
10. Ramírez, Esperanza, Catálogo de monumentos y sitios de Tlalpujahua, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán, 1985.

Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades **ID: CC0424108**

FANTASÍAS SEXUALES EN JÓVENES UNIVERSITARIOS DE MICHOACÁN

Yuritzi Arteaga Murillo[1], Diana Garcidueñas Gallegos[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1826946k@umich.mx2
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: fantasías sexuales, situaciones sexuales, jóvenes universitarios.

RESUMEN. Las fantasías sexuales son una de las formas de manifestación de la sexualidad, se trata de representaciones mentales con un contenido erótico y sexual, las cuales resultan excitantes y provocan deseo sexual en el individuo, la presencia de éstas se considera un indicador de salud sexual. A pesar de seguir siendo un tema "tabú", es necesario conocer y visibilizarlas para aproximarse a un estudio más amplio y diverso de la sexualidad. El propósito de este estudio fue describir y comparar la frecuencia con que se presentan las fantasías sexuales en cuanto al sexo de jóvenes universitarios de Michoacán. Se aplicó el Cuestionario de fantasías y situaciones sexuales (Moral, 2015), compuesto por dos escalas con una escala Likert de nunca a con mucha frecuencia: fantasías sexuales (18 reactivos) y situaciones donde se fantasea (10 reactivos), a una muestra no probabilística por conveniencia de 153 jóvenes universitarios voluntarios, 51.6% hombres y 48.4% mujeres, de 18 a 28 años. Se analizó la normalidad de los datos y se utilizó la prueba U de Mann Whitney. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas donde los hombres presentan más fantasías sexuales (rango promedio 88.61) en comparación con las mujeres (66.74); también se encontró que las personas que tienen pareja fantasean con mayor frecuencia (85.60) que los jóvenes sin pareja (71.48) y las personas sexualmente activas fantasean más (90.01) que las que no lo son (62.54). Se torna necesario hablar y normalizar aspectos sobre la sexualidad en los jóvenes, así como estudiar más respecto a las fantasías sexuales, ya que también forman parte de una buena salud y disfrute sexual.

INTRODUCCIÓN. La sexualidad es diversa y tiene sus propias características dependiendo de la cultura y el contexto socio-histórico en el cual es desarrollado. En las civilizaciones antiguas con la llegada del judaísmo y el antiguo testamento se señalan las normas que regulan la conducta sexual de la época, en la edad media el instinto sexual se consideraba demoníaco, coincidiendo con la santa inquisición. En la época victoriana la masturbación se consideraba inapropiada y se le culpaba de desórdenes como la epilepsia. Podría decirse que S. Freud fue quien dio origen al modernismo sexual con la introducción del término de "libido", el cual escandalizó a la sociedad burguesa, ya que Freud afirmó que las fobias y miedos tenían relación con las frustraciones sexuales (Gamboa, 1998). Los primeros estudios de sexualidad fueron realizados por Alfred Kinsey quien junto a otros colaboradores crearon un cuestionario para investigar las experiencias sexuales de las personas, los hallazgos de Kinsey fueron de gran impacto para la sociedad en esa época. La sexualidad se vive y se expresa en todo lo que somos, sentimos, pensamos y hacemos, por ende, está ligada a nuestra identidad. Su pleno desarrollo depende de la satisfacción de necesidades fundamentales del ser humano, tales como el deseo de contacto, de intimidad, de expresión emocional, de placer, ternura y amor (Luisi Frinco, 2018).

Salud sexual. Según la OMS la salud sexual "es la integración de los elementos físicos del cuerpo, emocionales, intelectuales y sociales", depende de la satisfacción de ciertos derechos humanos, es importante durante toda la vida de un individuo, no solo para aquellos en edad reproductiva, sino también para los jóvenes y las personas mayores. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2002) las fantasías sexuales son una de las diferentes formas en que la sexualidad humana puede manifestarse, por tanto, se pueden considerar como un indicador de salud sexual. Dicho lo anterior, es importante retomar algunos conceptos que se han creado sobre ellas: Leitenberg y Henning (1995) definen las fantasías sexuales como aquellos pensamientos que tienen algún significado erótico o sexual para la persona; por otro lado, Crepault y Couture (1980) las definen como las ideas representativas de los deseos eróticos. Otra definición es la propuesta por Plaud y Bigwood en 1997, donde se plantea que las fantasías sexuales son experiencias privadas de la imaginación en las que el contenido consiste en actividades sexuales con una pareja, las cuales resultan deseables y excitantes para el individuo (Leitenberg y Henning, 1995; Crepault y Couture, 1980; Plaud y Bigwood, 1997, como se cita en Mayo y Sierra, 2014).

Importancia de las fantasías sexuales. Las fantasías sexuales tienen importancia en la sexualidad debido a que su presencia potencia la salud sexual. Algunos estudios realizados han demostrado que hombres y mujeres que experimentan un mayor número de fantasías eróticas durante la masturbación, alcanzan más orgasmos durante sus relaciones sexuales. Las fantasías sexuales se relacionan con el deseo sexual, es decir, si las fantasías no se presentan es menos probable que la persona tenga el deseo de interactuar con otra persona sexualmente. Otros estudios realizados han demostrado que las fantasías desempeñan una función estimuladora de comportamientos sexuales, actuando como un elemento inductor y potenciador de la excitación sexual (Mayo y Sierra, 2014).

Fantasías sexuales en adultos jóvenes. Frecuentemente las fantasías sexuales comienzan a manifestarse en la adolescencia, pero los contenidos son diferentes en cuanto a lo que fantasean los adultos jóvenes. En una investigación realizada por Joselyn Castaño Ricchiuit (2020) se encontró que los adultos jóvenes presentan una mayor variedad de fantasías sexuales íntimas y pensamientos sadomasoquistas. Las mujeres jóvenes tendieron a reportar mayor frecuencia de fantasías íntimas y exploratorias y pensamientos sexuales en todas sus dimensiones con respecto a mujeres de mayor edad. Mientras que los hombres jóvenes experimentaron mayor frecuencia de fantasías íntimas y sadomasoquistas.

OBJETIVO. Describir y comparar la frecuencia con que se presentan las fantasías sexuales en una población de jóvenes adultos de entre 18 y 28 años de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diseño. Se llevó a cabo un estudio de tipo no experimental, transversal, con un alcance descriptivo comparativo.

Participantes. Se trata de una muestra no probabilística, conformada por 153 estudiantes universitarios de Ciudad Universitaria en Morelia, n= 74 mujeres y n= 79 hombres, con un rango de edad de 18 a 28 años. De los cuales n= 54 reportaron tener una relación de pareja actual y n= 98 reportaron no tenerla; n= 74 mencionaron ser activos sexualmente y n= 77 dijeron que no. Los criterios de inclusión fueron: ser estudiantes universitarios de 18 a 30 años y presentar la aprobación, junto con su consentimiento para poder llevar a cabo su participación. Los criterios de exclusión fueron: cuestionarios incompletos o al valorar que el participante contestó sin la suficiente atención o interés el instrumento.

Instrumentos. Cuestionario de fantasías y situaciones sexuales (CFSS), este fue desarrollado por Moral (2015), el cual se inspiró en un estudio cualitativo que el autor realizó previamente (Moral, 2010). Dicho cuestionario se compone de dos escalas, el primero se centra en el contenido de las fantasías sexuales, a partir de la aplicación llevada a cabo para esta investigación obtuvo un alfa de Cronbach de 0.811; la otra escala se centró en las situaciones donde se fantasea, donde a partir de la aplicación llevada a cabo para esta investigación obtuvo un alfa de Cronbach de 0.869. El formato de respuesta de los reactivos de ambas escalas es de 5 categorías ordinales: 1= “nunca”, 2= “muy rara vez”, 3= “a veces”, 4= “con frecuencia” y 5= “con mucha frecuencia”. También se les preguntaron datos sociodemográficos a los participantes como sexo, edad, y que puntuaran del 0 al 10, siendo 0 nada y 10 mucha, su experiencia sexual.
Procedimiento. Tras explicar el propósito de la investigación y el consentimiento informado, se preguntaba si deseaban participar contestando los instrumentos, se les explicaba el uso de los datos y el estricto anonimato y confidencialidad de las respuestas.
Análisis estadístico. Se utilizó la prueba de normalidad para identificar si los datos obtenidos la cumplían para proceder con el análisis de pruebas paramétricas o no paramétricas. Se utilizó la prueba U de Mann Whitney para la comparación entre grupos. Finalmente, se realizó una correlación de Spearman entre las variables de la escala de fantasías sexuales, de situaciones en las que se fantasea y la puntuación que se asignaron los participantes sobre su experiencia sexual.

RESULTADOS. En cuanto a la comparación de fantasías sexuales por sexo, los hombres obtuvieron un rango promedio mayor (86.61) en comparación con las mujeres (66.74), p= .006. Respecto a las situaciones específicas en que se fantasea, los hombres reportaron un rango promedio mayor (90.34) en comparación con las mujeres (62.76), p= .001. Al considerar la variable de si son activos o no actualmente, hubo diferencias estadísticamente significativas p= .001, siendo las personas sexualmente activas quienes reportaron un rango promedio mayor (90.01) en comparación con los que no son sexualmente activos (62.54). Así mismo sucedió considerando las situaciones específicas en que se fantasea (p=.001), mostrando un rango promedio mayor las personas sexualmente activas (93.61) en comparación con las que no lo son (59.08). Considerando la variable si los participantes tienen o no pareja actual, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto a las fantasías sexuales (p= .954; tienen pareja: rango 76.22, no tienen pareja: rango 76.65), ni tampoco en las situaciones específicas en que se fantasea (p= .058; tienen pareja: rango 85.60, no tienen pareja: rango 71.48).
Los resultados obtenidos en la correlación de Spearman se muestran en la Tabla 1.

	Fantasías sexuales	Situaciones en las que se fantasea	Experiencia sexual auto percibida
Fantasías sexuales	1.000		
Situaciones en las que se fantasea	.678**	1.000	
Experiencia sexual auto percibida	.371**	.465**	1.000

Tabla 1. *Resultados de la correlación de Spearman. p<.001*

CONCLUSIONES. El objetivo principal de este estudio fue comparar las fantasías sexuales y situaciones en las que fantasean hombres y mujeres universitarios. Uno de los motivos importantes para investigar sobre fantasías sexuales es que hay escasos estudios, es un tema tabú que necesita ser más visible. Dentro de este estudio hubo diversas situaciones al momento

de aplicar las escalas con comentarios como: “que tema tan raro”, “me da pena”, evidenciando lo poco normalizado que está el tema y de ahí la importancia de investigarlo. En consonancia con otros estudios se encontró que, independientemente del país y la cultura, los hombres presentan mayor frecuencia de pensamientos y fantasías sexuales en comparación con las mujeres (Mayo y Sierra, 2014). Las fantasías sexuales y situaciones en las que se fantasea resultaron mayores en los participantes que son activos sexualmente en comparación con los que no lo son, esto podría explicarse porque al estar en constante exploración y satisfacción sexual, van aumentando e imaginando más posibilidades para poder llevarlas a cabo, lo cual tendrá que seguirse estudiando. Aunque en la investigación no haya resultado significativa la diferencia de fantasías y situaciones en personas con y sin pareja, queda pendiente seguir estudiando está variable, al tener las personas con pareja un rango promedio mayor, se considera que podrían estar explorando más su sexualidad, descubriendo más situaciones, posibilidades y tipos de fantasías que les gustaría realizar, pero esto será una hipótesis que habrá que seguir estudiando. Finalmente, en la correlación de las variables, se observa que aquellos jóvenes con una experiencia sexual mayor auto percibida, quizá ya han vivido y/o experimentado una variedad de actos y formas para explorar su sexualidad, dan paso al surgimiento de nuevas ideas y fantasías que les gustaría explorar para llevar a cabo posteriormente, por lo que se correlaciona positivamente con estas variables. Se recomienda que, para futuras investigaciones sobre el tema, se cuide mucho más el aspecto de la aplicación. Ya que algunos de los aspectos limitantes que se observaron fue la honestidad y sinceridad con la que se contestaron las escalas; los participantes respondieron en un lugar abierto, al lado de su compañeros, abriendo la posibilidad de dialogar las respuestas, esto ocasionó que algunos se sintieran avergonzados por las preguntas y no fueran honestos con las respuestas para evitar ser juzgados, por consecuente, puede ser que prefirieron responder algo que a lo mejor no estaba muy de acuerdo con su verdadero sentir o pensar.

REFERENCIAS.

1. Castaño Ricchiuti, J. (2020). Relación entre deseos y pensamientos sexuales en una muestra de adultos. Universidad Camilo José Cela. https://iunives.com/iunives/promociones/2020-septima-promocion-master-oficial/relacion-entre-deseos-y-pensamientos-sexuales-en-una-muestra-de-adultos/
2. Leitenberg, H., & Henning, K. (1995). Sexual fantasy. Psychological Bulletin, 117, 469-496.
3. Luisi Frinco, V. (2018) Sexualidad, género y salud sexual. ExtraMuros. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7862367.pdf
4. Mayo, N. y Sierra, J. (2014) Fantasías y pensamientos sexuales: Revisión conceptual y relación con la salud sexual. Revista Puertorriqueña de Psicología, 25 (2), 376-393. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233245622014
5. Moral de la Rubia, J. (2010) Fantasías sexuales en estudiantes universitarios mexicanos. Interamerican Journal of Psychology, 44 (2), 246-255. https://www.redalyc.org/pdf/284/28420641005.pdf
6. Moral de la Rubia, J. (2015) Estructura factorial y consistencia interna del cuestionario de fantasías y situaciones sexuales en estudiantes universitarios de psicología de Monterrey, Nuevo León, México. Humanidades y ciencias de la conducta. https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:va6c2:aac87995-92a6-4e80-9631-3e140d22e7c4
7. Organización Mundial de la Salud. (2002). Salud Sexual. https://www.who.int/es/health-topics/sexual-health#tab=tab_1
8. Vera Gamboa, L. (1998) Historia de la sexualidad. Rev Blomed, 9, 116-121. https://search.app/r2X7BNJuEMxa8ttc9

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CC0424109

LA IAG COMO ASISTENTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE ARGUMENTOS EN GÉNEROS DE INVESTIGACIÓN

Elsa Xanat Contreras López[1], Olga López Pérez[2], Ana María Méndez Puga[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1514442b@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; olga.lopez@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ana.puga@umich.mx

Palabras Clave: Argumentación, Géneros de investigación, Inteligencia Artificial Generativa, Ética.

RESUMEN. Al ingresar a la universidad, los estudiantes deben aprender los modos de razonamiento y participación de la disciplina (Bazerman, 2014; Camps & Castelló, 2013), por ello, las universidades han implementado iniciativas de Alfabetización Académica (Carlino, 2003, 2013; Molina-Natera & López-Gil, 2020) mediante las cuales enfatizan los géneros académicos y de investigación, los cuales implican el posicionamiento argumentado (Cordero et al., 2015; Corcelles et al., 2013;). Así, la educación universitaria se enfoca a la formación del estudiante, tanto para la práctica profesional como para la investigación. Ahora bien, el surgimiento de las Inteligencias Artificiales Generativas (IAG) convocan a repensar la ética a partir del uso responsable en la producción de conocimiento, por lo que, con el objetivo de conocer las posibilidades del uso responsable y estratégico de la IAG para la elaboración de argumentos en géneros de investigación, se realizó un diseño de investigación cualitativo de alcance exploratorio, esto para la revisión sistemática y de campo sobre el uso de la IAG en prácticas de escritura. Dentro de los hallazgos se encuentra la diversificación de prácticas educativas que se centran en el uso de la IAG como asistente del quehacer docente, mientras que, en cuanto al uso de la IAG en el rol del estudiante, se localizan manuales que orientan su uso operativo sin integrar o explicitar el uso responsable como asistente que requiere de la inteligencia humana para adecuar el resultado al rol del escritor como aprendiz, profesionista y/o investigador. Así, se presenta un recurso educativo digital y una estrategia de formación dirigida a los estudiantes, ésta se orienta a la elaboración de argumentos en la escritura de géneros investigación; además del uso estratégico y responsable de la IAG, especialmente en la revisión de fuentes de información confiables y el uso de la citación; y la cohesión de la estructura textual argumentativa.

INTRODUCCIÓN. La Inteligencia Artificial Generativa (IAG) está transformando la educación superior al ofrecer nuevas oportunidades para la personalización y la eficiencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje. La Asociación Nacional de Universidad e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2018) señala que es fundamental que los estudiantes desarrollen habilidades en nuevas tecnologías para integrarse con éxito en un mercado laboral cada vez más competitivo. La implementación de la IA no solo prepara a los estudiantes para los retos del siglo XXI, sino que también facilita el acceso a la educación, en especial, al ofrecer experiencias de aprendizaje adaptativas y al aligerar la carga administrativa, lo cual favorece que los docentes se concentren en la enseñanza y el acompañamiento pedagógico (Vera-Rubio et al., 2023; Romero et al., 2023). Es entonces que, con el emerger de la IAG, la escritura académica, en particular la elaboración

de textos argumentativos, ha experimentado un cambio significativo, al respecto, Donlon y Tiernan (2024) afirman que la IAG facilita la planificación y desarrollo de ideas, promoviendo la creación de argumentos coherentes y estructurados. También, Aljuaid (2024) y Maphoto et al. (2024) destacan la utilidad de la IAG en la revisión y edición de textos, lo que fomenta un aprendizaje profundo y permite a los estudiantes autoevaluarse de manera efectiva y , bajo la misma lógica, Haleem et al. (2022) subrayan que la IA ofrece retroalimentación inmediata y personalizada, aspecto clave en el desarrollo de habilidades de escritura. Ahora bien, al ingresar a la universidad, los estudiantes deben adaptarse a las convenciones discursivas de su disciplina, lo que incluye aprender a manejar géneros textuales específicos y desarrollar competencias para analizar y comprender información compleja. Estos aspectos son esenciales para la construcción del conocimiento y el éxito académico y profesional. Carlino (2003, 2013) señala que los estudiantes enfrentan dificultades al integrarse a la cultura académica debido a la necesidad de adoptar nuevos modos de razonamiento y de participación en la disciplina. Así, durante su formación, los estudiantes deben escribir diversos géneros discursivos, esenciales para su desarrollo académico y profesional. Swales (2005) clasifica estos géneros según sus propósitos comunicativos y estructuras retóricas, destacando su importancia en la transmisión de ideas dentro de la disciplina. Por su parte, Nesi y Gardner (2012) enfatizan la relevancia de desarrollar competencias en la escritura de tesis y artículos de investigación, tales como la habilidad para argumentar de manera coherente y persuasiva, y la capacidad de evaluar críticamente y sintetizar información. Es así que, la relevancia del dominio de estos géneros recae en que reflejan el conocimiento del estudiante sobre un tema, su postura y formación durante su trayectoria universitaria. En cuanto a la argumentación, ésta es un componente esencial en los géneros académicos porque permite la estructuración y comunicación efectiva de ideas y hallazgos de investigación. Nesi y Gardner (2012) subrayan que textos como el ensayo, los artículos de investigación y la tesis, requieren una estructura lógica y el uso de evidencia empírica. Bañales et al. (2014), en conjunto con Castro y Sánchez (2013) destacan que la argumentación fomenta el pensamiento crítico y reflexivo, permitiendo al estudiante defender y corroborar su postura frente a un tema. Además, resaltan la importancia de la intertextualidad, como reflejo de la capacidad del estudiante para reconocer e integrar ideas de autores relevantes en su disciplina, lo cual fortalece sus propios planteamientos (Romero, 2020). Con base en lo anterior, este trabajo presenta una iniciativa de alfabetización académica que incluye el desarrollo de una herramienta pedagógica digital basada en el modelo de Design Thinking (Aguirre-Villalobos et al., 2023). Esta herramienta está dirigida a estudiantes universitarios y tiene como objetivo promover el uso responsable y estratégico de la IAG en la elaboración de argumentos en géneros de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de alcance descriptivo porque busca comprender e intervenir en contextos específicos al analizar las características y propiedades de los fenómenos de interés. De acuerdo con Maxwell (2019) y Hernández et al. (2014), los diseños cualitativos son adecuados para identificar patrones en grupos, procesos o situaciones complejas, posibilitando la transformación educativa a través de la investigación. Bajo este marco, se desarrolló una iniciativa de alfabetización académica enfocada en la construcción de conocimiento mediante la escritura argumentativa, tomando como base el Modelo de Toulmin en la elaboración de la tesis como género de investigación principal. Para emprender este proceso, se diseñó una herramienta pedagógica digital empleando el método Design Thinking (Aguirre-Villalobos et al., 2023), centrado en la digitalidad. Este método permitió estructurar experiencias de aprendizaje y servicio, respondiendo a las necesidades específicas de los participantes mediante un enfoque colaborativo y creativo, orientado a resolver

problemas educativos y sociales complejos (Masferrer, 2019). Los Recursos Educativos Multimedia (REM) planeados para la iniciativa son *video, infografía y una guía complementaria.*

Diseño de la Iniciativa. El desarrollo de la iniciativa de alfabetización *¡Investigación en progreso! 10 paso para construir la tesis se realizó* en la plataforma de Moodle con el apoyo de Dirección de *Transformación digital* de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para la argumentación de acuerdo con una secuencia y contenido orientados a cumplir el objetivo (Figura 1).



Fig. 1 *Fases del diseño de la iniciativa*
Nota. Elaboración propia

El diseño gráfico y de contenido, se realizó como resultado de una revisión exhaustiva de la literatura para analizar los géneros de investigación, la argumentación, la intertextualidad y el método *Design Thinking*, además de explorar el uso de las IAG como herramientas de apoyo en la escritura. Posteriormente, se aplicó una encuesta a los estudiantes con el objetivo de identificar sus necesidades y experiencias en torno a la argumentación y el uso de la IAG en la elaboración de textos argumentativos, así como su percepción sobre el uso ético de las IAG en la escritura académica. Con base en los resultados del diagnóstico, se diseñaron recursos educativos multimedia (REM) como videos, guías y juegos interactivos, que facilitaron la creación de justificaciones y planteamientos de problemas en textos académicos, integrando el modelo de Toulmin y las IAG para la inserción de otras voces. Finalmente, los estudiantes proporcionaron retroalimentación sobre los recursos y la organización del curso, utilizando las IAG para analizar su experiencia y proponer mejoras en el curso digital.

RESULTADOS. La iniciativa se estructuró en tres apartados orientados a la construcción de argumentos, la herramienta se encuentra disponible en el Campus Virtual Nicolaita de Moodle gestionado por la Coordinación de Transformación Digital de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Cada apartado integra actividades y recursos que responden al proceso de escritura y de investigación, por lo que contiene una presentación, un video, una infografía y una guía complementaria. En el primero, se aborda la escritura y publicación científica, con énfasis en la conexión entre el proceso de escritura y el de investigación, los tipos de textos, la curación de información y las prácticas éticas en el uso de las IAG. El segundo apartado, se centra en la estructura discursiva de la investigación, con énfasis en citación, argumentación (modelo Toulmin) y los modelos CARS, IMRyD y CAS, que son la base para la organización de los textos académicos. Finalmente, en el tercero, se enfatiza la edición y revisión de textos, incluyendo la selección de revistas, la corrección de errores mediante IAG, y la adaptación de los textos para su publicación, utilizando los recursos multimedia para reforzar cada paso (Figura 2).



Fig. 2 *Mapa de sitio del curso*
Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES. Este tipo de cursos apoya significativamente a los estudiantes en la elaboración de argumentos en géneros de investigación, integrando la IAG como asistente estratégico en su proceso de escritura. Al fomentar un enfoque en la argumentación y revisión del texto con el apoyo de la IAG como revisor, los estudiantes logran mejorar tanto la calidad de sus escritos como su capacidad para estructurar investigaciones coherentes y éticamente fundamentadas. Además, la IAG se convierte en un recurso complementario a la inteligencia humana, facilitando la corrección y refinamiento de los textos académicos en las etapas clave de su desarrollo y publicación.

Juntos construimos el conocimiento que transforma a Michoacán

REFERENCIAS.

1. Aguirre-Villalobos, E. R., Guzmán, C., & González, L. (2023). Metodología Design Thinking en la enseñanza universitaria para el desarrollo y logro de aprendizaje en arquitectura. Revista de Ciencias Sociales (RCS), 29(2), 509-525. https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/index.
2. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). (2018). Visión y acción 2030. Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México. ANUIES.
3. Bañales, G., Vega, N. A., Reyna, A., Pérez, E. G., & Rodríguez, B. S. (2014). La argumentación escrita en las disciplinas: retos de alfabetización de los estudiantes universitarios. Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM, 24(2), 29-52.
4. Bazerman, C. (2014). El descubrimiento de la escritura académica. En F. Navarro (Ed.), Manual de escritura para carreras de humanidades (pp. 11-16). Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras Universidad de Buenos Aires.
5. Carlino, P. (2003). Alfabetización Académica: Un cambio necesario, algunas alternativas posibles. Educere, 6(20), 409-420. https://www.aacademica.org/paula.carlino/23.
6. Carlino, P. (2013). Alfabetización Académica Diez Años Después. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 18(57), 355-381.
7. Castro, M. C., & Sánchez, M. (2013). La expresión de opinión en textos académicos escritos por estudiantes universitarios. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 18(57), 483-506.
8. Corcelles, M., Cano, M., Bañales Faz, G., & Alicia Vega, N. (2013). Enseñar a escribir textos científico-académico mediante la revisión colaborativa: El trabajo final de grado en Psicología. Revista de docencia Universitaria, 11(1), 79-104.
9. Cordero, G., Riera, G., & Villavivencio, M. (2015). Los géneros académicos en la universidad: la tesis como la escritura de la investigación. Pucara, 26, 193-220.
10. Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. Sustainable Operations And Computers, 3, 275-285. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004.
11. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.
12. Maphoto, K. B., Sevnarayan, K., Mohale, N. E., Suliman, Z., Ntsopi, T. J., & Mokoena, D. (2024). Advancing Students' Academic Excellence in Distance Education: Exploring the Potential of Generative AI Integration to Improve Academic Writing Skills. Open Praxis, 16(2), 142-159. https://doi.org/10.55982/openpraxis.16.2.649.
13. Masferrer, A. (2019). Diseño de procesos creativos. Metodologías para idear y co-crear en equipo. Editorial GG.
14. Maxwell, J. A. (2019). Diseño de investigación cualitativa. Gedisa
15. Molina, V., & López, K. (2020). Estado de la cuestión de los centros y programas de escritura en Latinoamérica. Revista Colombiana de Educación, 78, 97-119. http://doi.org/10.17227/rce.num78-8066.
16. Nesi, H., & Gardner, S. (2012). Genres across the disciplines. Cambridge University Press.
17. Romero, M., Romeu, T., Guitert, M., & Baztán, P. (2023). La transformación digital en la educación superior: el caso de la UOC. RIED, Revista Iberoamericana de Educación Superior a Distancia, 26(1). https://doi.org/10.5944/ried.26.1.33998.
18. Swales, J. (2005). Research genres: explorations and applications. Cambridge University Press.
19. Vera-Rubio, P. E., Bonilla-González, G. P., Quishpe-Salcán, A. C., & Campos-Yedra, H. M. (2023). La inteligencia artificial en la educación superior: un enfoque transformador. Polo del conocimiento, 8(11), 67-80. https://dx.doi.org/10.23857/pc.v8i11.6193.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CC0424110

PROPIEDADES PSICOMÉTRICAS DEL NIVEL DE HÁBITOS DE SUEÑO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Diego Alberto Aviña Rodríguez[1], Zlatan Dietmar Torres Calvillo[1], Jose Martin Lara Ramirez[1]
1 Facultad de Psicología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco Villa 450, Dr. Miguel Silva, Morelia, Mich. 2209866e@umich.mx, 2209646b@umich.mx, 2209616e@umich.mx, 2209656g@umich.mx, 2125425a@umich.mx, 2209876a@umich.mx.

Palabras Clave: Hábitos del sueño, Horario de sueño, Test, Confiabilidad, Validez.

RESUMEN. La presente investigación tuvo como objetivo el desarrollar un test que permitiera evaluar el nivel de hábitos de sueño en estudiantes universitarios, asegurando que el instrumento posea características psicométricas adecuadas en términos de confiabilidad y validez. El instrumento fue aplicado a una muestra de 299 participantes (mujeres = 175, hombres = 122), todos estudiantes de licenciatura, se realizaron análisis de fiabilidad mediante diversos métodos; se realizó un análisis de consistencia interna por mitades, obteniéndose una fiabilidad moderada (rxx=0.631) en la primera mitad, y (rxx=0.589) en la segunda mitad. El alfa de Cronbach mostró una fiabilidad suficiente de (α=0.757). Para estudiar la estabilidad temporal, se les aplicó a 10 personas el instrumento en dos ocasiones, la fiabilidad resultó ser de (rxx=.868). Se encontraron también, a través de un análisis factorial exploratorio, 3 dimensiones con sus respectivos autovalores: Uso de dispositivos e interrupciones nocturnas (λ1= 3-755), Horario y regularidad de sueño (λ2 = 1.479) y Obligaciones externas y (λ = 1.304). Los resultados obtenidos indican que las propiedades psicométricas del test cumplen con suficiencia de validez.

INTRODUCCIÓN. El estudio de los hábitos de sueño en estudiantes es esencial para comprender su bienestar físico, mental y académico. El sueño desempeña un papel fundamental en el rendimiento cognitivo, la concentración, el estado de ánimo y la salud en general. En un entorno educativo donde las demandas académicas y sociales pueden ser intensas, es crucial examinar cómo los estudiantes manejan sus rutinas de sueño y cómo estas pueden afectar su calidad de vida. Dormir no es simplemente una actividad de descanso; involucra múltiples procesos y tiene importantes repercusiones en el funcionamiento y la salud humana. Carrillo-Mora y Ramírez-Peris (2021) destacan que las características conductuales asociadas al sueño incluyen una disminución de la conciencia y de la reactividad a estímulos externos, fácil reversibilidad, inmovilidad, relajación muscular, periodicidad circadiana (diaria) y la adopción de una postura estereotipada. Además, el sueño desempeña un papel fundamental en el apoyo a procesos cognitivos clave, como la memoria, el aprendizaje y la creatividad (Lugo-Machado & Gutiérrez-Pérez, 2021). Hábitos del sueño. En este contexto, es posible enumerar una serie de acciones y factores que pueden mejorar o deteriorar la calidad percibida del sueño. Oropeza-Bahena et al. (2018) destaca que los hábitos de sueño saludables no sólo facilitan un descanso adecuado, sino que también son esenciales para garantizar un sueño reparador. Estos hábitos incluyen una variedad de ajustes en la rutina diaria, que van desde la modificación del entorno de descanso hasta las actividades realizadas antes de dormir, prácticas comúnmente conocidas como medidas de higiene del sueño. Álvarez-Ruiz y Madrid Pérez (2016) enfatizan que la habitación y el entorno que nos rodea juegan un papel crucial en la mejora de la calidad del sueño, ya que influyen

directamente en la duración y estructura del mismo. Entre las recomendaciones que proponen para mejorar la calidad del sueño se incluyen: evitar el uso de dispositivos electrónicos con luz al menos dos horas antes de dormir, utilizar programas que filtren la luz azul y verde de los dispositivos hacia tonos amarillos antes de acostarse, dormir en completa oscuridad utilizando antifaz si es necesario, asegurar un ambiente silencioso eligiendo la habitación más aislada, mantener la temperatura entre 18 y 21°C, elegir un colchón de firmeza media tras probarlo, evitar almohadas demasiado altas o de plumas, mantener la habitación limpia y ordenada, pintar el dormitorio en tonos pastel o neutros evitando colores intensos, no colocar dispositivos no relacionados con el sueño en la habitación, utilizar la habitación exclusivamente para dormir y para relaciones sexuales, y apagar o dejar el móvil fuera de la habitación durante la noche.

Implementar buenos hábitos de sueño y descanso conlleva numerosos beneficios, como el aumento de la autoestima, la disminución del estrés y la ansiedad, la mejora en la productividad, la eficiencia, la concentración y la memoria, así como un impacto positivo en la salud y la autoconfianza, entre otros (Montes-Acevedo, 2022). En nuestro estudio, se consideraron tres dimensiones principales para evaluar estos hábitos: Horario y regularidad del sueño, Uso de dispositivos electrónicos y Factores externos y obligaciones. Horario y Regularidad del Sueño

Está demostrado que cuanto más regulado y constante sea el horario de sueño, mejor será la calidad del mismo. Según Madrid Pérez (2016), el sueño de calidad comienza aproximadamente dos horas después de que se inicia la producción de melatonina, lo cual coincide con la fase descendente de la temperatura corporal central. El final del sueño ocurre naturalmente unas dos horas después del inicio de la fase ascendente de la temperatura central, acompañado de una disminución en la temperatura de la piel distal y el cese de la secreción de melatonina. Cuanto más se aleje el horario de sueño de esta ventana temporal, peor será su calidad. El concepto del cronotipo y el ciclo circadiano destaca la importancia de mantener horarios regulares de sueño. Marquez-Tovar (2023) define el cronotipo como la preferencia innata del cuerpo por ser más activo en ciertos momentos del día, ya sea en la mañana o en la tarde, lo que afecta la hora preferida para dormir. Los cronotipos, que se dividen en matutino, vespertino e intermedio, controlan los patrones de sueño y determinan cuándo las personas están más alertas y productivas. El estudio también reveló una relación significativa entre el cronotipo y la calidad del sueño: las personas con cronotipos vespertino e intermedio suelen tener una peor calidad de sueño en comparación con las de cronotipo matutino. Además, los cronotipos vespertino e intermedio están asociados con un mayor riesgo de padecer afecciones como peor calidad de sueño, estrés percibido, bajo rendimiento académico y trastornos psicológicos. Esto sugiere que aquellos con una predisposición a dormir tarde y sin un horario fijo pueden ver comprometida la calidad de su sueño y sufrir las consecuencias de la privación del mismo. Por lo que, dentro de los aspectos a evaluar en los hábitos del sueño, el horario y la regularidad del sueño se puede definir como la consistencia en los horarios en los que una persona se acuesta y se levanta, alineándose con su cronotipo natural. Esta regularidad implica acostarse y despertarse a la misma hora todos los días y ajustar estos horarios según la preferencia innata del cuerpo para estar activo en ciertos momentos del día. Factores externos y obligaciones extracurriculares. Los universitarios están expuestos a diversas conductas y situaciones que pueden aumentar la probabilidad de desarrollar malos hábitos de sueño y alterar sus horarios de descanso. Específicamente, la población universitaria no solo enfrenta exigencias académicas, sino que también, en muchos casos, debe lidiar con actividades extraacadémicas, como trabajar para mantenerse, lo que implica un esfuerzo adicional y mayor dedicación en sus rutinas diarias (Suardíaz-Muro, 2020). La combinación de trabajo y estudio, junto con los cambios abruptos en las rutinas, inevitablemente modifica los horarios de sueño, afectando tanto la hora de acostarse como la de levantarse.

La falta de buenos hábitos de sueño, sumada a una carga de trabajo excesiva, puede llevar al cansancio y agotamiento en el contexto académico. Un estudio realizado por la Universidad Pública de Madre de Dios (Perú) mostró que, en un grupo de universitarios (N = 202), el 48% (n = 97) de los estudiantes que trabajaban presentaron niveles de burnout académico ligeramente superiores a los de los demás grupos (Estrada-Araoz, 2021). Esto se debe a la alta demanda de recursos físicos y mentales que requieren tanto las exigencias académicas como laborales, lo que, a su vez, contribuye a la desregulación del horario de sueño.

Asimismo, dentro de los aspectos a evaluar en los hábitos del sueño, la influencia de obligaciones externas se puede definir como las demandas adicionales, como el trabajo y las actividades extracurriculares, que los universitarios enfrentan y que pueden desajustar sus horarios de sueño. Estas responsabilidades alteran los horarios de acostarse y levantarse, ya que los estudiantes deben equilibrar estudios y trabajo, lo que puede llevar a una falta de consistencia en sus rutinas de sueño.

Uso de dispositivos electrónicos e Interrupciones nocturnas.

Otro gran factor en el desarrollo de hábitos de sueño deficientes es el uso excesivo de la tecnología y dispositivos electrónicos. Según Lira (2016, citado en Sota et.al 2021), en países donde se ha medido la relación entre el uso de dispositivos y la falta de sueño se ha determinado que a mayor uso antes de dormir, mayor dificultad para conciliar el sueño. Esto debido a que los jóvenes que duermen con un dispositivo cerca experimentan ansiedad lo que causa un sueño fragmentado; debido a su constante conexión, no logran alcanzar un sueño profundo y permanecen en estado de alerta durante la noche, esperando respuestas a los mensajes y reaccionando a cualquier sonido. Su sueño es superficial.

En la actualidad, el 84 % de los adolescentes duerme con su celular en la cama y se ha visto repercusiones en su calidad de sueño (Gaglianone, 2015 citado en Sota et.al 2021).

En un estudio realizado por Vázquez-Chacón (2016), en Perú se encontró que la adicción a internet y la mala calidad de sueño son problemas de salud mental frecuentes en los estudiantes de Medicina y están relacionadas entre sí y además que esta dependencia psicológica producto del uso patológico del internet termina generando problemas en la salud física y mental de la persona como lo es el insomnio.

Tomando en cuenta los aspectos a evaluar en los hábitos del sueño, el uso de dispositivos electrónicos y las interrupciones nocturnas se pueden definir como la tendencia de dormir en ambientes que propicien la interrupción del sueño ya sea por las malas condiciones del dormitorio o por la cercanía de celulares o computadoras y su constante uso antes de dormir así como la posibilidad que el ruido de estos o su fácil acceso puedan despertar al estudiante durante la noche y empobrecer su calidad de sueño.

Es importante atender esta problemática debido a que, debido a sus condiciones de vida, el estudiante universitario puede llegar a desarrollar trastornos del sueño e insomnio con mayor facilidad que otros sectores poblacionales. Según Almeida et.al (2021), aproximadamente el 60% de los universitarios presentan una mala calidad de sueño y el 7.7% cumplen con los criterios para el trastorno de insomnio. Schlarb, Friedrich & Claßen (2017, citado en Almeida et.al, 2021) exponen que todos los estudiantes universitarios están en riesgo de al menos un trastorno del sueño, 7.7% de los estudiantes sufre de insomnio y el 24.3% de pesadillas. También exponen que los trastornos del sueño tienen un fuerte impacto en el rendimiento académico ya que se asocian con una disminución en el aprendizaje, la retención de información y en el rendimiento cognitivo.

Es esencial evaluar el impacto que ciertas rutinas y conductas tienen en los patrones de sueño de la población universitaria, ya que este grupo se encuentra particularmente vulnerable a desarrollar una baja calidad de sueño. A partir de esta preocupación, surgió la pregunta de

investigación: ¿Es posible desarrollar un test que mida el nivel de hábitos de sueño en estudiantes universitarios con propiedades psicométricas adecuadas de confiabilidad y validez?

Se han realizado esfuerzos previos para validar instrumentos relacionados con los hábitos de sueño. Por ejemplo, Alfonso-Alfonso et al. (2019) desarrollaron y validaron al español un cuestionario para medir los hábitos de sueño en niños dentro del contexto sociocultural cubano. Utilizaron el Children's Sleep Habits Questionnaire (NICHD SECCYD—Wisconsin), que fue traducido y adaptado según estándares internacionales. Este cuestionario, aplicado a 330 padres de niños cubanos de 2 a 10 años, demostró una consistencia interna adecuada (alfa de Cronbach de 0.67 para la escala completa, con variaciones de 0.42 a 0.61 en las subescalas) y cumplió con las propiedades psicométricas necesarias para evaluar problemas de sueño en esta población.

De manera similar, Favela-Ramírez et al. (2022) evaluaron las propiedades psicométricas del Índice de Calidad de Sueño de Pittsburgh en deportistas universitarios de Sonora. En su estudio transversal con 98 deportistas (38.2% mujeres, edades entre 17 y 25 años), identificaron una confiabilidad aceptable con un alfa de Cronbach de 0.79, luego de eliminar ciertos componentes. El análisis factorial exploratorio (AFE) y confirmatorio (AFC) sugirió que la calidad del sueño en esta muestra se explicaba mejor mediante un modelo unidimensional de cinco componentes.

Otro estudio relevante fue realizado por Álvarez-García, Lugo-González y González-Betanzos (2023), quienes analizaron las propiedades psicométricas del Índice de Severidad del Insomnio (ISI) en adultos mexicanos. Con una muestra de 310 adultos (71.9% mujeres), compararon varios modelos de medición del ISI, concluyendo que el instrumento puede conceptualizarse como una escala unifactorial que mide la gravedad global de los síntomas de insomnio. Este modelo demostró ser adecuado para la medición del insomnio y, al ser una herramienta breve, es útil en diferentes niveles de atención en salud.

A pesar de estos avances, muchos de los instrumentos existentes se han desarrollado para poblaciones específicas o para muestras generales, y no abordan de manera directa a la población universitaria. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es desarrollar un test que permita evaluar el nivel de hábitos de sueño en estudiantes universitarios con características psicométricas adecuadas de confiabilidad y validez. Para ello, se llevó a cabo una investigación no experimental, de tipo correlacional y transversal, con un enfoque cuantitativo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Participantes. La muestra fue de tipo no probabilística y seleccionada por conveniencia. Estuvo compuesta por 299 participantes voluntarios, todos ellos estudiantes universitarios con edades comprendidas entre los 18 y 30 años, con una media de edad de 21 años. De estos, 122 (40.80%) fueron hombres y 175 (58.52%) fueron mujeres, con una desviación estándar de 0.50.

Instrumento. Se desarrolló un instrumento denominado Escala de Hábitos del Sueño con el objetivo de evaluar la presencia de conductas y hábitos relacionados con la higiene del sueño en estudiantes universitarios. El instrumento consta de 11 ítems que corresponden a las dimensiones de uso de dispositivos electrónicos e interrupciones nocturnas, horario y regularidad del sueño, y obligaciones externas. Los ítems se estructuraron en un formato de escala Likert, con opciones de respuesta que van desde "nunca", "algunas veces", "casi siempre" y "siempre".

Además, se aplicó un test paralelo adaptado (Apéndice 1) con 19 ítems, llamado Escala de Correlación Entre Trastornos del Sueño y el Desempeño Académico en Universitarios (ECTSDAU), que originalmente contaba con 21 ítems. Este test evalúa las dimensiones de factores psicológicos y emocionales, así como la calidad del sueño y el impacto diurno, utilizando también una escala Likert con las mismas opciones de respuesta.

Procedimiento. La muestra se obtuvo mediante un diseño no probabilístico por conveniencia, debido a que este tipo de muestreo es útil para estudios que no requieren una representación estricta de la población, sino una selección cuidadosa de casos con características específicas previamente definidas en el planteamiento del problema.
El instrumento se administró a través de Google Forms y fue aplicado a 299 estudiantes que cumplían con los criterios de inclusión: ser estudiantes de licenciatura y tener entre 18 y 30 años. Los resultados fueron registrados y analizados utilizando el software JASP vs. 0.18.3.0. Se evaluó la consistencia interna y la precisión del test mediante el coeficiente de Alpha de Cronbach, el método de dos mitades, el análisis de estabilidad temporal, y un análisis factorial exploratorio. Estos procedimientos permitieron confirmar la validez y confiabilidad del instrumento.
Análisis de Datos. Para evaluar las propiedades psicométricas de la Escala de Hábitos del Sueño, se realizaron análisis estadísticos utilizando JASP vs. 0.18.3.0, enfocándose en la confiabilidad y validez del instrumento. Se calculó el coeficiente de Alfa de Cronbach para determinar la consistencia interna, y se realizó un análisis de confiabilidad por mitades para examinar la correlación entre ambas partes del test. La estabilidad temporal se evaluó mediante la aplicación del test en dos ocasiones diferentes, comparando las puntuaciones obtenidas. Además, se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio (AFE) para identificar las dimensiones subyacentes, utilizando los autovalores para determinar el número de factores relevantes. Los resultados de estos análisis se sintetizaron para interpretar las dimensiones relacionadas con la calidad del sueño, el impacto diurno y los factores psicológicos y emocionales, evaluando así la validez y confiabilidad del instrumento en la medición de los hábitos de sueño en estudiantes universitarios.

RESULTADOS. La muestra estuvo compuesta por 299 estudiantes, de los cuales el 40.80% fueron hombres y el 58.52% mujeres, con la excepción de 2 participantes que se identificaron con una expresión de género no binaria. La edad promedio de los participantes fue de 21 años, con una desviación estándar de 2.1 años, lo que indica una muestra relativamente homogénea en términos de edad, aunque con un rango que varía desde los 18 hasta los 31 años. (Ver Tabla 1.)

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Genero	Hombres	122	40.80%
	Mujeres	175	58.52%
	No Binario	2	0.67%
Edad	Promedio (Media)	21 años	----
	Desviación Estándar	2.1 años	----
	Rango	18 a 31 años	----

Tabla 1. *Datos Demográficos de los Participantes.*
Fuente: Elaboración propia.

La participación de estudiantes de diferentes carreras y grados de estudio fue muy variada debido a que se obtuvo respuesta de estudiantes desde primer semestre hasta décimo siendo el 4to semestre el que mayor número de estudiantes fueron partícipes, así como los semestres de número par debido a la época del año en que se dio la recolección de datos. En total participaron 35 licenciaturas y maestrías distintas de 24 diferentes universidades e instituciones. Sin embargo,

el 75% de la muestra pertenece a estudiantes de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de los cuales el 54% pertenecen a la carrera de Psicología por lo que, el sujeto de la muestra en promedio es una estudiante mujer de 4to semestre de la carrera de psicología de la UMSNH con un promedio de 8.0 (Ver Figura 1.)

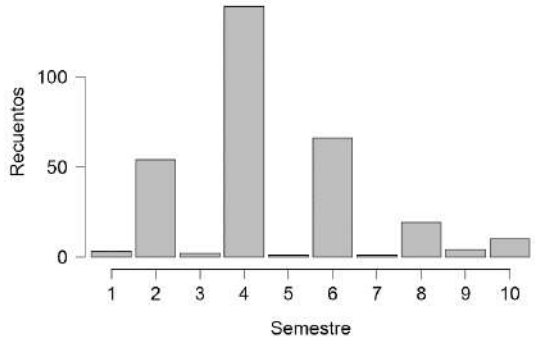


Figura 1. *Gráfico de Barras de Semestres.*
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los datos socioeconómicos, se consideró pertinente el incluir las categorías de presencia de internet en el hogar, paternidad en estudiantes y presencia de trabajo fuera de horario de clases como posibles variables que pudieran ser indicadores de mayor o menor incidencia en la escala utilizada. Del total de la muestra recolectada el 42% (n= 126) si trabaja, el 0.6% (n=2) tiene hijos y el 98% (n=294) si cuenta con internet en su hogar. (La columna 1 representa la respuesta *Si* y la columna 2 la respuesta *No*) (Ver Figura 2.)

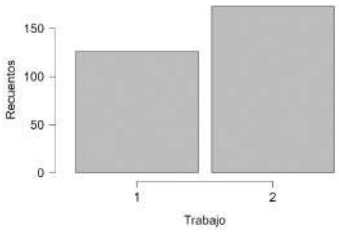


Figura 2. *Gráfico de Barras de presencia de trabajo en los participantes.*
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de Confiabilidad general

Análisis de la consistencia interna. Como primer análisis de confiabilidad se optó por realizar el análisis de consistencia interna por Alfa de Cronbach, el cual señala el porcentaje de varianza verdadera y varianza de error en un test, así como también se calculó el índice de homogeneidad para todo el test el cual expresa que tan relacionado está cada ítem con la totalidad del test. En una primera instancia, se obtuvieron resultados bajos en cuanto a consistencia interna tomando los 19 ítems originales del test completo.

Alfa de Cronbach. Los primeros resultados arrojaron una Alfa de Cronbach (α = 0.690) lo cual indica que para una buena consistencia interna la escala podría no ser suficientemente confiable en su forma original de 19 ítems. (Ver Tabla 2.)

Estadísticas de confiabilidad de la escala frecuente

Estimar	Cronbach's α
Estimación por punto	0.690
IC del 95% límite inferior	0.636
IC del 95% límite superior	0.737

Tabla 2. *Análisis de la consistencia interna por Alfa de Cronbach en su versión original.*
Fuente: Elaboracion propia.

Específicamente los ítems 3,5,11,12,13,14,15 y 19 al no contar con un índice de homogeneidad mayor a 0.3 en la tabla de confiabilidad individual fueron descartados del test. (Ver Tabla 3.)

Estadísticas de confiabilidad de ítems individuales frecuentes

Ítem	si se elimina el ítem Cronbach's α	Correlación del elemento con el resto
1	0.666	0.395
2	0.680	0.247
3	0.702	0.018
4	0.673	0.308
5	0.679	0.256
6	0.675	0.308
7	0.657	0.466
8	0.660	0.462
9	0.659	0.449
10	0.667	0.366
11	0.715	−0.118
12	0.680	0.247
13	0.686	0.192
14	0.716	−0.052
15	0.680	0.251
16	0.666	0.371
17	0.654	0.527
18	0.683	0.216
19	0.668	0.377

Tabla 3. *Tabla de Confiabilidad Individual por ítem en su versión original*
Fuente: Elaboracion propia.

Una vez descartados dichos ítems del instrumento el valor (α) del Alfa de Cronbach aumentó significativamente al igual que el índice de homogeneidad de cada ítem en relación al resto en la tabla de confiabilidad individual. (Ver Tabla 4.)

Estimar	Cronbach's α
Estimación por punto	0.757
IC del 95% límite inferior	0.713
IC del 95% límite superior	0.796

Tabla 4. *Tabla de Confiabilidad Individual por ítem en su versión corregida.*

Ítem	si se elimina el ítem Cronbach's α	Correlación del elemento con el resto
1	0.743	0.373
2	0.740	0.398
4	0.738	0.416
6	0.747	0.338
8	0.736	0.437
9	0.730	0.477
10	0.747	0.346
7	0.727	0.502
16	0.751	0.330
17	0.726	0.525
18	0.747	0.346

Fuente: Elaboración propia.

Contemplando al instrumento únicamente con 11 ítems, dado que el valor de Alfa aumentó a (α = 0.757) se puede indicar que el nivel de consistencia interna del instrumento es adecuado. (Ver Tabla 5.)

Confiabilidad por mitades. El segundo análisis de confiabilidad realizado fue por mitades. Se dividió el test en dos mitades y se calculó la correlación entre las puntuaciones de las dos mitades para evaluar su consistencia. Al contrario, a como sucedió con el análisis de Cronbach, en el análisis por mitades se obtuvo un resultado menor una vez hecha la mejoría de ítems descartados con anterioridad. Tomando en cuenta la versión original del test el análisis por mitades arrojó un resultado moderado de (r=0.545) (Ver Tabla 6.)

De Pearson Correlaciones

Variable		1ra Mitad	2da Mitad
1. 1ra Mitad	R de Pearson	—	
	Valor p	—	
2. 2da Mitad	R de Pearson	0.545	—
	Valor p	< .001	—

Tabla 6. *Correlación de Pearson por mitades del test en su versión original.*
Fuente: Elaboracion propia.

Mientras que en la segunda versión con 11 ítems únicamente se obtuvo un resultado más bajo (r=0.482). (Ver Tabla 7.)

De Pearson Correlaciones

Variable		Mitad_1	Mitad_2
1. Mitad_1	R de Pearson	—	
	Valor p	—	
2. Mitad_2	R de Pearson	0.482	—
	Valor p	< .001	—

Tabla 7. *Correlación de Pearson por mitades del test en su versión corregida.*

Fuente: Elaboración propia.

Una vez aplicada la corrección de Spearman - Brown se obtuvo que (rxx= 0.705) y (rxx=0.651) respectivamente. Esto indica que el test completo tiene una consistencia interna aceptable, pero ligeramente menor en comparación con el caso anterior.

Análisis de la estabilidad temporal. Así mismo, se realizó un análisis a 10 participantes de fiabilidad para estudiar la estabilidad temporal, (también llamado análisis *Test – Retest*) tomando en cuenta la versión corregida del test (11 ítems) y se encontró que el nivel de confiabilidad entre la primera aplicación y la aplicación una semana después de la primera parte del test es de .868, se puede interpretar que el 86 % es varianza verdadera y 14 % es varianza de error lo que indica que la estabilidad temporal del instrumento es alta. (Ver Tabla 8.)

Variable		Test Total	RETEST total
1. Test Total	R de Pearson	—	
	Valor p	—	
2. RETEST total	R de Pearson	0.868	—
	Valor p	0.001	—

Tabla 8. *Correlación de Pearson de la estabilidad temporal*
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de confiabilidad y validez

Análisis factorial exploratorio. Al realizar el análisis factorial exploratorio se encontró que el test de KMO fue de .755 y la prueba de Bartlett .001 es decir, estadísticamente significativo. Por lo tanto, se considera que la matriz de datos sí se considera factorizable. (Ver Tabla 10. y 11.)

Contraste de Kaiser-Meyer-Olkin

	MSA
MSA General	0.755
1	0.762
2	0.785
4	0.787
6	0.702
7	0.743
8	0.731
9	0.769
10	0.715
16	0.748
17	0.850
18	0.685

Tabla 10. *Contraste de Keiser-Meyer-Olkin*
Fuente: Elaboracion propia.

Contraste de Bartlett ▼

X^2	gl	p
943.052	55.000	< .001

Tabla 11. *Contraste de Bartlett.*
Fuente: Elaboracion propia.

Asimismo al aplicar la prueba del contraste de Mardia, la cual mide la normalidad en los datos, se obtuvo un valor de 144.773 en la curtosis y de 12.417 en la asimetria. Los datos no cumplen con los supuestos de normalidad multivariante en términos de asimetría, pero no presentan problemas significativos en términos de curtosis. (Ver Tabla 12.)

Contraste de Mardia de Normalidad Multivariante

	Valor	Estadístico	gl	p
Skewness	12.417	618.799	286	< .001
Small Sample Skewness	12.417	626.051	286	< .001
Kurtosis	144.773	0.907		0.365

Tabla 12. *Contraste de Mardia de Normalidad Multivariante.*
Fuente: Elaboracion propia.

Dimensiones con autovalores. Se aplicó el método de mínimos cuadrados generalizados con rotación promax, la solución arrojó 3 dimensiones. En la primera dimensión se organizaron los ítems 7,9,10,17 y 1. En la segunda dimensión fueron los ítems 18, 2 y 4 y en la tercera los ítems 6,8 y 16. (Ver Tabla 13,)

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Unicidad
Item_7 (Tengo dificultades para dormir porque uso dispositivos electrónicos por la noche)	0.847			0.330
Item_9 *(Me quedo viendo videos en linea hasta tarde en la noche)*	0.638			0.537
Item_10 (El ambiente de mi dormitorio no es adecuado para dormir)	0.619			0.649
Item_17 *(Las actividades nocturnas intervienen con mi capacidad para dormir lo suficiente)*	0.457			0.552
Item_1 (Me despierto durante la noche para revisar el teléfono)	0.456			0.715
Item_18 *(Me acuesto a diferente hora cada noche)*		0.859		0.314
Item_2 (Mi horario de sueño varía mucho entre los … y los fines de semana)		0.640		0.544
Item_4 *(Me cuesta levantarme a la misma hora todos los dias)*		0.457		0.640
Item_6 (Mis responsabilidades académicas me obligan a desvelarme)			0.724	0.519
Item_8 *(Estudio hasta tarde y esto interfiere con mi horario de sueño)*			0.629	0.465
Item_16 (Trabajo por las tardes o noche y eso afecta mi sueño)			0.481	0.717

Tabla 13. *Carga de los Factores*
Fuente: Elaboracion propia.

La primera con un autovalor de 3.755 que explica un 29.40% de la varianza explicada. La segunda con un autovalor de 1.479 que explica un 9.10% de la varianza explicada. La tercera con un autovalor de 1.304 que explica un 7.00% de la varianza explicada. (Ver Tabla 14.)

		Solución no rotada		
	Autovalores	Sumas de cargas al cuadrado	Proporción var.	Acumulativo
Factor 1	3.755	3.229	0.294	0.294
Factor 2	1.479	1.001	0.091	0.385
Factor 3	1.304	0.774	0.070	0.455

Tabla 14. *Caracteristicas de los factores en solucion no rotada.*
Fuente: Elaboracion propia

En la solución rotada, la primera dimensión tiene un autovalor de 2.139 que explica un 19.40% de la varianza, la segunda dimensión tiene un autovalor de 1.530 que explica un 13.90% de la varianza, y la tercera dimensión tiene un autovalor de 1.348 que explica un 12.30% de la varianza. La proporción acumulativa de la varianza explicada en la solución rotada es de 19.40% para la primera dimensión, 33.40% para la segunda dimensión, y 45.60% para la tercera dimensión (Ver Tabla 15.)

Solución rotada		
Sumas de cargas al cuadrado	Proporción var.	Acumulativo
2.139	0.194	0.194
1.530	0.139	0.334
1.348	0.123	0.456

Tabla 15. *Caracteristicas de los factores en solucion rotada.*
Fuente: Elaboracion propia.

Interpretación de las dimensiones:
Dimensión 1. Uso de dispositivos electrónicos y distracciones nocturnas. Se obtuvo la confiabilidad por el método alfa de Cronbach de cada dimensión. Se encontró que el nivel de confiabilidad de la primera dimensión es de .707, por tanto es moderada. Por lo que se afirma que un 70% de la varianza es verdadera y un 30% es varianza de error. (Ver Tabla 16.)

Estimar	Cronbach's α
Estimación por punto	0.707
IC del 95% límite inferior	0.650
IC del 95% límite superior	0.756

Tabla 16. *Analisis de Confiabilidad para Dimension 1.*
Fuente: Elaboracion propia.

Dimensión 2. Horario y Regularidad del Sueño. Se encontró que el nivel de confiabilidad de la segunda dimensión es de .645, por tanto es baja. Por lo que se afirma que un 64% de la varianza es verdadera y un 36% es varianza de error. (Ver Tabla 17.)

Estimar	Cronbach's α
Estimación por punto	0.645
IC del 95% límite inferior	0.568
IC del 95% límite superior	0.710

Tabla 17. *Analisis de Confiabilidad para Dimension 2.*
Fuente: Elaboracion propia.

Dimensión 3. Obligaciones externas. Por último se encontró que el nivel de confiabilidad de la tercera dimensión es de .567, por tanto es baja. Por lo que se afirma que un 56% de la varianza es verdadera y un 44% es varianza de error. (Ver Tabla 18.)

Estimar	Cronbach's α
Estimación por punto	0.567
IC del 95% límite inferior	0.474
IC del 95% límite superior	0.646

Tabla 18. *Analisis de Confiabilidad para Dimension 3.*
Fuente: Elaboracion propia.

CONCLUSIONES. En conclusión, la Escala de Hábitos del Sueño demuestra ser una herramienta útil para evaluar los hábitos de sueño en estudiantes universitarios, con una buena consistencia interna y alta estabilidad temporal. Sin embargo, las dimensiones específicas del test presentan

variaciones en términos de confiabilidad, lo que sugiere que algunas áreas del test podrían beneficiarse de ajustes adicionales para mejorar su precisión. La validez factorial del instrumento es adecuada para identificar las dimensiones clave relacionadas con los hábitos de sueño, pero la explicación de la varianza en cada dimensión podría ser mejorada. En general, el instrumento cumple con los requisitos psicométricos básicos, pero se recomienda realizar estudios adicionales para refinamientos futuros y para evaluar su aplicabilidad en diferentes contextos y poblaciones.

REFERENCIAS.

1. Alfonso Alfonso, M., Báez Martínez, M. M., Morales Chacón, L. M., & González Naranjo, J. E. (2019). Validación al Español de un cuestionario de hábitos de sueño en los niños [Validation to Spanish version of the Children's Sleep Habits
2. Almeida, B., Albuquerque, C., Cunha, M., & Antunes, A. (2021). Sleep quality and sleep habits in students. Education and New Developments. https://doi.org/10.36315/2021end102 https://end-educationconference.org/wp-content/uploads/2021/07/2021end102.pdf
3. Álvarez García, H., Lugo-González, I., y González Betanzos, F. (2023). Psychometric properties of the Insomnia Severity Index (ISI) in Mexican adults. Interacciones, 9, e311. http://dx.doi.org/10.24016/2023.v9.311
4. Carrillo-Mora, P., Ramírez-Peris, J., & Magaña-Vázquez, K. (2013) Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 56 (4).
5. Estrada Araoz, E. G., Gallegos Ramos, N. A., & Mamani Uchasara, H. J. (2021). Burnout académico en estudiantes universitarios peruanos. Apuntes Universitarios, 11(2), abril-junio. https://doi.org/10.17162/au.v11i2.631
6. Lugo-Machado, J. A., Gutiérrez-Pérez, M. L., Yocupicio-Hernández, D. I., & Huepo-Pérez, M. P. (2021). Neurociencia del Sueño: Revisión Narrativa [Neuroscience of Sleep: Narrative Review]. Revista de Medicina Clínica, 05(02), e11052105016. https://doi.org/10.5281/zenodo.4750003.
7. Merino-Andreu M, Álvarez-Ruiz de Larrinaga A, Madrid-Pérez JA, Martínez-Martínez MA, PuertasCuesta FJ, Asencio-Guerra AJ, et al. Sueño saludable: evidencias y guías de actuación. Documento oficial de la Sociedad Española de Sueño. Rev Neurol 2016; 63 (Supl 2): S1-27 https://ses.org.es/wp-content/uploads/2016/12/rev-neurologia2016.pdf
8. Montes Acevedo, L. L. (2022). Hábitos de sueño en la profesión contable: Aprender a descansar: mejorando los hábitos de sueño como estrategia de productividad en los contadores públicos en Colombia (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, Programa Contaduría Pública). Bucaramanga, Colombia https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/18450/2022_Tesis_Laura_Lili_Montes_A.pdf?sequence=1&isAllowed=yv
9. Navarro Oliva, E. I. P., Gherardi-Donato, E. C. da S., Álvarez Bermúdez, J., & Guzmán Facundo, F. R. (2018). Uso de Facebook, estrés percibido y consumo de alcohol en jóvenes universitarios. Ciência & Saúde Coletiva, 23(11). https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.27132016
10. Oropeza-Bahena, G., López-Sánchez, J. D., & Granados-Ramos, D. E. (2019). Hábitos de sueño, memoria y atención en niños escolares. Revista Mexicana de Neurociencia, 20(1), 42-49. https://doi.org/10.24875/RMN.M19000021
11. Questionnaire]. Revista Cubana de Pediatría, 91(2), e518. https://doi.org/10.15649/cubpediatria.v91i2.518
12. Sota Velásquez, A., Maldonado López, M., Ytuza Cusirramos, M., Cornejo Torres, M. d. C., & Cusirramos Carpio, Y. (2021). Uso excesivo del celular, calidad de sueño y soledad en jóvenes de la ciudad de Arequipa. Revista de Psicología (Arequipa. Universidad Católica San Pablo), 11(1), 207-223.
13. Suardíaz-Muro, M., Morante- Ruiz, M., Ortega-Moreno, M., Ruiz MA., Martín-Plasencia, P., Vela-Bueno, A. (2020) Sueño y rendimiento académico en estudiantes universitarios: una revisión sistemática. Rev. Neurol 2020; 71:43-53. https://doi.org/10.33588/rn.7102.2020015
14. Tovar Márquez, J. E., Tumeka, J., Matthew, J., Rasheed, S. M., Siewnarinesingh, M., & Tovar Márquez, J. S. (2023). Curso Electivo Ritmo Circadiano y Salud . Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Facultad Salvador Allende, Vol. 6, N.o 1. https://revcienciaconciencia.sld.cu/index.php/ciencia-conciencia/article/view/67
15. Vázquez-Chacón, M., Cabrejos-Llontop, S., Yrigoin-Pérez, Y., Robles-Alfaro, R., & Toro-Huamanchumo, C. J. (2019). Adicción a internet y calidad de sueño en estudiantes de medicina de una Universidad peruana, 2016 [Internet addiction and sleep quality in medical students from a Peruvian university, 2016]. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 18(5). Epub 06-Oct-2019.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524102

FACTORES ASOCIADOS A DEPRESIÓN POSPARTO EN MUJERES EN PUERPERIO QUE ACUDEN A UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR

Tzitziqui Ahuanda Morales-Chavez[1], Gabriela Morales Patiño[2], Berenice Argüello Florian[3]
1 Universidad Nacional Autónoma de México, moralchav@hotmail.com
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gamopa_8@yahoo.com.mxM
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; berenice021422@gmail.com

Palabras Clave: depresión posparto; puerperio; violencia.

RESUMEN. Introducción: La depresión posparto es ocasionada por factores hormonales debido al proceso de gestación, en la cual inciden factores psicosociales que pueden condicionar la presentación de síntomas. Objetivo: Analizar los factores asociados a depresión posparto en mujeres que acuden a una unidad de medicina familiar. Metodología: Estudio observacional, transversal, descriptivo, analítico, en 219 puérperas de la Unidad de Medicina Familiar No. 80 del Instituto Mexicano del Seguro Social, de enero a agosto del 2023. La selección de participantes se realizó por muestreo no probabilístico por conveniencia. Se utilizó el cuestionario de Depresión Posnatal de Edimburgo y la versión corta de Woman Abuse Screening Tool. La información se analizó mediante Chi cuadrada para asociación de variables, en el SPSS 18. Resultados: De 219 mujeres, 28% presentaron depresión posparto con una edad media de 26 años, de las cuales 37.09% concluyeron la secundaria (escolaridad p 0.001), 43.54% presentaron violencia de pareja (p 0.001), 16.12% presentaron antecedente de depresión (p 0.024) y unión libre fue el estado civil predominante (p 0.239). Conclusiones: Existe relación entre la depresión posparto con violencia de pareja, depresión previa y escolaridad, y no tiene relación estadísticamente significativa con el estado civil. Así mismo mujeres con antecedente de violencia de pareja tienen dos veces más riesgo de presentar depresión posparto y 1.4 veces más si presentan antecedente de algún tipo de depresión.

INTRODUCCIÓN. El período postnatal tiene alto riesgo de enfermedades mentales1. La depresión posparto (DPP) es un episodio de depresión mayor que no se autolimita y que cumple con criterios establecidos: estado de tristeza, pérdida del interés de las actividades cotidianas la mayor parte del día, sentimientos de culpa, alteración del sueño, dificultad para concentrarse, agitación o retraso psicomotor, falta de energía e ideas de muerte, los cuales deben presentarse todo el día, casi todos los días, por lo menos por dos semanas2,3.
Se estima que una de cada cinco mujeres puede presentar depresión mayor4. En México se ha reportado una prevalencia de 9% inicial y de 13.8% a las seis semanas del embarazo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado que se preste mayor atención a las habilidades, actitudes y capacidad de los profesionales de la salud para mejorar el reconocimiento y la asistencia en dicha patología5. Los factores asociados a depresión postparto no están muy claros y cambian a lo largo del tiempo y en cada comunidad6. La falta de redes de apoyo, embarazos no deseados, bajo nivel socioeconómico, antecedentes heredofamiliares y personales de depresión, edades extremas y abortos previos, son factores a considerar7,8. La disfuncionalidad familiar es uno de los predictores más potentes de la depresión posparto9. Las

consecuencias de la violencia de pareja se reflejan en el estado de ánimo, lo cual puede llevar a desarrollar depresión10. Las madres deprimidas tienen mayor dificultad para la crianza de sus hijos y la calidad del cuidado es deficiente influyendo en el desarrollo neurocognitivo del niño11.
La mayoría de mujeres no comunican sentirse deprimidas por lo que estos problemas con frecuencia pasan inadvertidos al personal de salud generando así un problema importante en la atención de primer y segundo nivel pues la falta de información conlleva a un subdiagnóstico y con ello a afectaciones importantes en el binomio madre-hijo, alteraciones en las relaciones sociales y en el desarrollo del niño12,13. Realizar el tamizaje durante las primeras semanas posparto puede contribuir a un mejor pronóstico, para ello la prueba más utilizada, recomendada y validada en atención primaria es la Escala de Depresión Posnatal de Edimburgo14,15.

ANTECEDENTES. Internacionales: En Cuba, en el 2018 se aplicó la Escala de Edimburgo a 139 puérperas resultando positivas 13.66%. Los factores de riesgo en el primer posparto fueron la depresión y violencia previas, tener menos de 20 años de edad y no tener pareja4.
Así mismo, en 2019, Vallecampo A. en El Salvador, analizó a 180 puérperas, en el que el 44.4 % presentó riesgo de depresión postparto, con una edad de entre 15 y 46 años, con una mediana fue de 22 años. El 42.8% con estado civil de unión libre, el 57.2% de región urbana, el 58.9% dedicadas al hogar y el 38.9 % había con bachillerato terminado. Identificando un riesgo mayor de presentar depresión posparto en mujeres solteras (63.7%) y en víctimas de violencia intrafamiliar en alguna etapa de su vida (65%)16.
En Bangladesh en 2017, se demostró que más del 50% de puérperas con antecedente de violencia durante la gestación presentaron depresión posparto17. Semejante al estudio anterior, la violencia de pareja fue reportada en 23.8% de un estudio en 378 puérperas en Etiopía en 2019 en el que el 27% presentaron depresión posparto, así mismo se determinó que la soltería es la primera variable sociodemográfica que tiene una asociación significativa con la depresión posparto18.
En Perú, en el año 2019 se realizó un estudio en 288 pacientes con la escala de Edimburgo y el Index of Spouse Abuse, determinando que un 27,8 % con depresión postparto. Llegando a la conclusión de que las mujeres con violencia de pareja durante el embarazo tienen 6% más riesgo de desarrollar depresión posparto, comparadas con las mujeres que no han presentado violencia19.
De igual forma, en el año 2020 en Brasil, encontrando que las mujeres con antecedente de violencia de pareja tienen 6.74 veces mayor riesgo de desarrollar DPP, encontrando así una asociación significativa (p=0.001)9.
Nacionales: En el 2012 en el Estado de México, se evaluaron 604 participantes con edad de 14 a 49 años. Mediante la Escala de DPP de Edimburgo, Index of Spouse Abuse y Severity of Violence Against Women Scale, más del 10% con DPP y 9.3% con violencia de pareja (11). Así mismo, Romero R, et al. en 2017 estudiaron a 154 pacientes mexicanas obteniendo un 16% de con sintomatología depresiva, de las cuales el 54.5% fueron mujeres casadas, 36.4% estudió hasta la secundaria, 5% tuvo antecedente de evento vital estresante en el embarazo y el 16.9% refirió ser soltera20.
En 2020, en México se evaluaron a 441 encontrando un 17.9 % con DPP con una edad promedio de 26 ± 7 años, la mayoría casadas (44.8 %) y con escolaridad básica (60.8 %)15.

OBJETIVO. Analizar los factores asociados a depresión posparto en mujeres en puerperio que acuden a una unidad de medicina familiar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar a las pacientes con depresión posparto. Identificar las características sociodemográficas de las mujeres con depresión posparto. Determinar la violencia de pareja y el antecedente de depresión como factores asociados a depresión posparto.

MATERIALES Y MÉTODOS. Estudio observacional, transversal y descriptivo, realizado de enero a agosto de 2023 en derechohabientes de la UMF No. 80, IMSS, Morelia, Michoacán. Se tomó una muestra de 219 pacientes, calculada con la fórmula para población infinita. Se incluyeron mujeres en puerperio de 14 a 40 años de edad. No se incluyeron mujeres en tratamiento enfermedad psiquiátrica o las que culminaron el embarazo con producto no viable. Se utilizó la Escala de Depresión Posnatal de Edimburgo que tiene una sensibilidad que varía de 90% y una especificidad de 82%, se estableció como punto de corte 10 puntos como indicativa de depresión posparto. La fiabilidad se realizó mediante Alpha de Cronbach con resultado de 0.801, lo cual lo hace válido y confiable digno de ser reproducible. Así mismo se utilizó la versión corta, en español, del Woman Abuse Screeening Tool (WAST) validado en pacientes hispanohablantes, para ser utilizado en atención primaria y detectar violencia de pareja. Tiene una sensibilidad del 93% y una especificidad del 68%, con un punto de corte mayor o igual a 2 puntos para violencia de pareja. Para valorar las características sociodemográficas se realizó una recolección de datos personales de cada mujer que incluyó la edad materna; el estado civil y la escolaridad, así como el antecedente de depresión diagnosticada por personal de la salud. Las variables cualitativas se presentaron en frecuencias (porcentaje) y las variables cuantitativas en medias con desviación estándar (distribución normal). Para la estadística inferencial de utilizó la prueba no paramétrica Chi2 (Chi cuadrada) para determinar la asociación entre las variables categóricas. Se consideró que había significación estadística con un valor de $p < 0.05$. Todos los cálculos se hicieron con el paquete estadístico SPSS, versión 23.0. Este proyecto de investigación fue evaluado y aprobado por el Comité Local de Ética e Investigación en Salud del IMSS (R-2022-1602-037). Todos los participantes tuvieron conocimiento del objetivo de la investigación y colaboraron con libertad.

RESULTADOS. La muestra estuvo constituida por 219 mujeres entre 16 a 40 años, que cumplieron los criterios de selección, alrededor de una tercera parte de las mujeres participantes obtuvieron un resultado positivo para depresión posparto, lo correspondiente a un 28.3% con una media de edad de 26 ± 6 años de edad. La mayor parte de estas mujeres con depresión posparto cuentan con educación básica, y sólo un mínimo porcentaje de mujeres con dicha patología tienen posgrado. El estado civil predominante en las mujeres con depresión posparto fue la unión libre. Menos de la mitad de mujeres que han sufrido violencia de pareja, presentaron tamizaje positivo para depresión posparto y la mayor parte de las mujeres con depresión posparto no tiene antecedente de algún tipo de depresión diagnosticada a lo largo de su vida. El análisis ajustado por RR se encontró que las mujeres con antecedente de depresión (PR = 1.483; IC [1.015 2.352]) y violencia de pareja (PR = 2.147; IC [1.516 3.040]) tienen más riesgo de desarrollar DPP que las mujeres sin estos antecedentes (Tabla 1).

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MUJERES QUE ACUDEN A LA UMF NO. 80 (N = 219)

	Media ± DE (RIC)				
Edad (años)	26.84 ± 6.047 (16-38)	28.41 ± 5.429 (18-40)			
	F (%)	**F (%)**	**P valor**	**RR**	**95% IC**
Depresión posparto	**POSITIVO** 62 (28.3)	**NEGATIVO** 157 (71.7%)		-	-

Estado civil Soltera Casada Unión libre Viuda Divorciada	 6 (6.80) 23 (37.09) 32 (51.61) 1 (1.61) 0 (0.00)	 9 (5.73) 83 (52.86) 63 (40.12) 1 (0.63) 1 (0.63)	0.239	-	-
Escolaridad Primaria Secundaria Preparatoria Licenciatura Posgrado	 3 (4.83) 23 (37.09) 20 (32.25) 14 (22.58) 2 (3.22)	 6 (3.82) 32 (20.38) 57 (36.30) 61 (38.85) 1 (0.63)	**0.001***	-	-
Violencia de pareja Sí No	 27 (43.54) 35 (56.45)	 35 (22.15) 123 (77.84)	**0.028***	 **2.147** .699	 **1.516-3.040** .558-.876
Antecedente depresión Sí No	 10(16.12) 52 (83.87)	 10 (6.36) 147 (93.63)	**0.024***	 **1.483** .998	 **1.015-2.352** .917-1.087

Cifra estadísticamente significativa ***p <0.05****.*

CONCLUSIONES. La depresión posparto es una patología de gran importancia en la población de la UMF No. 80, encontrándose en 1 de cada 4 mujeres. Es más frecuente en mujeres con escolaridad básica y que viven en unión libre, sin embargo, el estado civil no guarda estrecha relación con la presencia de esta patología. Las mujeres con antecedente de violencia de pareja tienen dos veces más riesgo de presentar depresión posparto y 1.4 veces más si presentan antecedente de algún tipo de depresión.

REFERENCIAS.

1. Howard, L. M., & Khalifeh, H. (2020). Perinatal mental health: a review of progress and challenges. World Psychiatry: Official Journal of the World Psychiatric Association (WPA), 19(3), 313–327. https://doi.org/10.1002/wps.20769.
2. Malpartida Ampudia, M. K. (2020). Depresión postparto en atención primaria. Revista Medica Sinergia, 5(2), 355.
3. Víquez Quesada, M., & Valverde Chinchilla, K. (2022). Detección temprana de la depresión posparto. Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos, 6(5), 37–44.
4. González-González, A., Casado-Méndez, P. R., Molero-Segrera, M., Santos-Fonseca, R. S., & López-Sánchez, I. (2019). Factores asociados a depresión posparto. Archivo médico Camagüey, 23(6), 770–779.
5. Cenetec-difusion.com. Recuperado el 30 de enero de 2024, de https://www.cenetec-difusion.com/CMGPC/GPC-SS-666-21/ER.pdf
6. Ceriani, JM. (2020). Postpartum depression: Risks and early detection. Archivos argentinos de pediatria, 118(3). https://doi.org/10.5546/aap.2020.eng.154
7. Villegas Loaiza, N., Paniagua Dachner, A., & Vargas Morales, J. A. (2019). Generalidades y diagnóstico de la depresión posparto. Revista Medica Sinergia, 4(7), 261. https://doi.org/10.31434/rms.v4i7.261
8. Domeyko-Prieto, M. M., Aracena, M., Vergés, Á., & Gómez-Pérez, L. (2023). Antecedente de depresión, síntomas de estrés postraumático, apoyo social percibido: prediciendo la depresión posparto. Revista chilena de obstetricia y ginecologia, 87(5), 325–332.
9. Da Silva Lima, L., Orrara Amaral do Carmo, T., De Souza Brito Neto, C., & Da Cunha Pena, J. L. (2020). Sintomas depressivos em gestantes e violência por parceiro íntimo: um estudo transversal. Enfermería global, 19(4), 1–45.

10. Medina Núñez, I., & Medina Villegas, A. (2019). Violencias contra las mujeres en las relaciones de pareja en México. Intersticios sociales, 18, 269–302.
11. Huang, Y., Liu, Y., Wang, Y., & Liu, D. (2021). Family function fully mediates the relationship between social support and perinatal depression in rural Southwest China. BMC Psychiatry, 21(1). https://doi.org/10.1186/s12888-021-03155-9
12. Falana, S. D., & Carrington, J. M. (2019). Postpartum depression. The Nursing Clinics of North America, 54(4), 561–567.
13. Pichiule Castañeda, M., Gandarillas Grande, A., Pires Alcaide, M., Lasheras Lozano, L., & Ordobás Gavín, M. (2020). Validación de la versión corta del Woman Abuse Screening Tool (WAST) en población general. Gaceta sanitaria, 34(6), 595–600. https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2019.04.006
14. Shelke, A., & Chakole, S. (2022). A review on risk factors of postpartum depression in India and its management. Cureus, 14(9). https://doi.org/10.7759/cureus.29150
15. Macías-Cortés, E. del C., Lima-Gómez, V., & Asbun-Bojalil, J. (2020). Exactitud diagnóstica de la Escala de Depresión Posnatal de Edimburgo: consecuencias del tamizaje en mujeres mexicanas. Gaceta medica de Mexico, 156(3). https://doi.org/10.24875/gmm.19005424
16. Vallecampo, A. (2022). Relación entre riesgo y factores asociados a depresión postparto del puerperio inmediato de mujeres con bajo riesgo obstétrico. Crea Ciencia Revista Científica, 14(1), 12–24.
17. Necho, M., Belete, A., & Zenebe, Y. (2020). The association of intimate partner violence with postpartum depression in women during their first month period of giving delivery in health centers at Dessie town, 2019. Annals of General Psychiatry, 19(1). https://doi.org/10.1186/s12991-020-00310-6
18. Islam, M. J., Broidy, L., Baird, K., & Mazerolle, P. (2017). Intimate partner violence around the time of pregnancy and postpartum depression: The experience of women of Bangladesh. PloS One, 12(5), 32.
19. Gonzales, E. P. Z., Arias Gallegos, W. L., del Carpio Toia, Á. M., Rivera, R., & Condori, M. L. (2020). Depresión postparto en mujeres víctimas de violencia doméstica en la ciudad de Arequipa, Perú. Revista cubana de obstetricia y ginecología, 46(1). https://revginecobstetricia.sld.cu/index.php/gin/article/view/83/0
20. Romero R, Orozco LA, Ybarra JL, Gracia BI. (2017) Sintomatología depresiva en el post parto y factores psicosociales asociados. Revista Chilena Obstetricia y Ginecología. 82 (2), 152-162.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524103

ACTIVIDAD HIPOGLUCÉMICA Y SOBRE LA FUNCIÓN MITOCONDRIAL DE LAS NANOPARTÍCULAS DE PLATA FUNCIONALIZADAS CON LOS METABOLITOS DE ERYNGIUM CARLINAE EN EL CEREBRO DE RATAS CON DIABETES TIPO 2

Jenaro Lemus de la Cruz, Claudia García Berúmen, Daniela Gómez Guillén, Cinthia Landa Moreno, Marina Murillo Villicaña, Gerardo Rosas Trejo, Alfredo Saavedra Molina

Palabras Clave: Nanopartículas, diabetes, mitocondria.

RESUMEN. La encefalopatía diabética (ED) es una de las complicaciones de la diabetes mellitus tipo 2 (DMT2). Uno de los principales mecanismos para el desarrollo de la ED es la disfunción mitocondrial inducida por la DMT2. La síntesis verde de nanopartículas es una técnica que combina el uso de nanopartículas metálicas con metabolitos secundarios de plantas. En este trabajo se realizó la administración del extracto acuoso de Eryngium carlinae, la combinación extracto-AgNPs y AgNPs comerciales en un modelo de DMT2 inducido mediante una dieta alta en grasa (DAGr) y una dosis baja de estreptozotocina (STZ). Los resultados obtenidos muestran que la combinación extracto-AgNPs mejora el metabolismo glucolítico y la función mitocondrial en el cerebro.

INTRODUCCIÓN. La diabetes mellitus (DM) es uno de los principales problemas de salud a nivel mundial, tan solo en México, se estimó que en 2021 había 14.1 millones de personas con este padecimiento, ocupando el séptimo lugar a nivel mundial entre los países con mayor número de personas con DM. La DMT2 es el tipo de DM más común, ya que representa aproximadamente el 90 % de todos los casos. Con el desarrollo por varios años, la DMT2 desencadena diversas complicaciones. Una de estas complicaciones es la ED que provoca el deterioro del sistema nervioso central. Una de las vías principales para el desarrollo de esta complicación es la disfunción mitocondrial. En tejidos no insulino dependientes, como el cerebro, la hiperglucemia crónica incrementa los niveles de sustrato en la mitocondria, lo que a su vez genera un mayor transporte de electrones en la cadena respiratoria y una mayor fuga de electrones; en última instancia el exceso de sustrato incrementa la generación de especies reactivas de oxígeno que provocan daño en los diferentes componentes mitocondriales y conducen a disfunción mitocondrial. El uso de la medicina tradicional es una alternativa de los tratamientos farmacológicos convencionales. Una de las plantas que presenta mayor potencial como un tratamiento alternativo contra la DMT2 y sus complicaciones es E. carlinae debido a que se le han atribuido diversos efectos biológicos. Sin embargo, otro punto importante a considerar al usar metabolitos de plantas es que se asegure que la mayor parte de estos compuestos lleguen a su sitio de acción y con la menor modificación posible. Una manera posible de garantizar una mayor eficacia es el uso de nanopartículas metálicas que actúen como acarreadores de estos metabolitos, debido a que pueden disminuir el tiempo de absorción y prolongar el tiempo en circulación. La técnica de síntesis verde de nanopartículas consiste en la síntesis de nanopartículas metálicas utilizando extractos biológicos, principalmente de plantas. Además, en esta técnica de síntesis los metabolitos secundarios quedan adheridos a la superficie de las

nanopartículas, lo cual hace prometedor su uso debido a que al ser administrados en un modelo biológico, las nanopartículas pueden actuar como acarreadores de todos estos metabolitos en un modelo biológico. De los diferentes metales que se utilizan para este tipo de síntesis, se encuentran las AgNPs que presentan características fisicoquímicas únicas y que además han mostrado efectos hipoglucémicos per se. Un modelo apropiado para observar los efectos de la DMT2 es el uso de DAGr y el fármaco diabetogénico STZ. La alimentación con una DAGr genera resistencia a la insulina en tejidos como el hígado, músculo, tejido adiposo y alteraciones en las células β pancreáticas, lo cual conduce a cambios metabólicos, sin embargo, la DAGr no genera un incremento aparente de los niveles de glucosa. Para completar el modelo de inducción de DMT2 se administran dosis bajas de STZ, la cual tiene efectos citotóxicos sobre las células β pancreáticas.

ANTECEDENTES. Gharaati y col. (2020) utilizando un modelo de diabetes en ratas reportaron una disminución del potencial de membrana en mitocondrias de hipocampo. Por otro lado, Zhang y col. (2021) utilizando un modelo de DMT2 en ratas observaron una disminución significativa del número de mitocondrias en el grupo diabético con respecto al grupo control, además observaron cambios morfológicos en mitocondrias del grupo diabético en nervio ciático. Zhang y col. (2021), administraron el flavonoide quercetina a las dosis de 60 mg/kg, lo cual incrementó significativamente el número de mitocondrias y previno las anormalidades morfológicas en las mitocondrias del grupo tratado con respecto al grupo diabético. En este sentido, Pérez-Ramírez y col. (2016) reportaron que uno de los principales componentes del extracto acuoso de E. carlinae es un derivado glucosilado de la quercetina, así como otros flavonoides. Además, García-Cerrillo y col. (2018) administraron el extracto hexánico de las inflorescencias a una dosis de 30 mg/kg en ratas Wistar diabéticas y reportaron efecto hipoglucémico. Peña-Montes y col. (2019) administraron el extracto hexánico de las inflorescencias a dos dosis de 3 y 30 mg/kg en ratas Wistar diabéticas y reportaron actividad antioxidante y protectora contra el daño oxidante en cerebro, hígado y riñones. Por otro lado Lemus-de la Cruz y col. (2023) administrando las AgNPs sintetizadas a partir del extracto acuoso de E. carlinae a una dosis de 30 mg/kg reportaron actividad hipoglucémica, antioxidante y restauraron la actividad de los complejos de la cadena respiratoria mitocondrial en el cerebro de ratas Wistar diabéticas.

OBJETIVO. Evaluar la actividad hipoglucémica y sobre la función mitocondrial de las AgNPs funcionalizadas con el extracto acuoso de E. carlinae.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Preparación del extracto, síntesis y caracterización de AgNPs. La planta *E. carlinae* fue recolectada en el municipio de Nahuatzen, Michoacán en la época de otoño. Posteriormente se secó durante dos semanas y se trituró; luego, se realizó la extracción con agua desionizada (55 mg de planta/mL de agua) durante 45 minutos con agitación constante a 85 ºC. Posteriormente el extracto se filtró y se guardó a una temperatura de 4 ºC hasta su uso. La reacción de síntesis se inició mezclando el extracto con una solución de AgNO3 10 mM (1:1), la reacción se mantuvo en agitación constante durante 30 min a temperatura ambiente. Posteriormente las AgNPs se caracterizaron mediante la técnica UV-Vis en un espectrofotómetro y para evaluar la morfología y el tamaño se utilizó la microscopía electrónica de barrido (MEB).

Modelo experimental. Se utilizaron 30 ratas macho de una edad de tres meses y medio, las cuales fueron divididas inicialmente en dos grupos, el primer grupo (n=5) fue alimentado con una dieta estándar para roedores (3.15 kcal/g) y el segundo grupo (n=25) fue alimentado con una

DAGr (4.9 kcal/g). Posteriormente, a las ocho semanas, 20 ratas del régimen de DAGr fueron administradas con STZ por vía intraperitoneal a una dosis de 35 mg/kg. Dos semanas después se midieron los niveles de glucosa y aquellos individuos que fueron administrados con STZ y que presentaron niveles de glucosa >200 mg/dL fueron considerados para el periodo de tratamiento que tuvo una duración de 8 semanas y se realizó como se muestra en la tabla 1.

Grupo	STZ	Dieta	Tratamiento
Control	No	Estándar	Vehículo (agua desionizada)
CDAG	No	DAGr	Vehículo (agua desionizada)
Diabético	Si	DAGr	Vehículo (agua desionizada)
DEx	Si	DAGr	Extracto (55 mg/kg de peso)
DExAg	Si	DAGr	Extracto-AgNPs (55 mg/kg de peso)
DAg	Si	DAGr	AgNPs (0.02 mg/kg de peso)

Tabla 1. *Grupos experimentales*

Prueba de tolerancia oral a la glucosa. Una semana antes de terminar el tratamiento, cada individuo de todos los grupos fue administrado con glucosa por vía oral a una dosis de 2 g/kg de peso. Posteriormente, los niveles de glucosa se midieron a los 30, 60, 90 y 120 min después de la administración con la ayuda de un glucómetro Accu-Chek Performa.

Aislamiento de mitocondrias y consumo de oxígeno. Una vez extraído el cerebro, se colocó en buffer de aislamiento. Después, el cerebro se cortó en pequeñas fracciones e inmediatamente después se homogeneizó. El homogenado se centrifugó a 2180 rpm por 10 min a 4 ºC. Después, el sobrenadante se centrifugó a 10350 rpm por 10 min a 4 ºC. Luego, el pellet fue resuspendido en 700 µL de buffer (Sims 1990). Una vez aisladas las mitocondrias, se midió el consumo de oxígeno, para lo cual se tomó 1 mg de proteína se resuspendió en buffer de respiración y los sustratos glutamato y malato (5 mM). Se midió la respiración basal durante 1 min. Luego, se agregó ADP (100 µM) para evaluar el estado 3 por 2 minutos. Después, se agregaron 0.5 µg de oligomicina para evaluar el estado 4 durante 2 min. La relación de control respiratorio (RCR) se calculó como la relación del estado 3/estado 4.

Potencial de membrana. Se resuspendió 1 mg de proteína en buffer de respiración y se agregó safranina O (30 µM) y se leyó en un espectrofluorómetro durante 1 min. Luego, se agregaron los sustratos glutamato y malato y se continuó la lectura por 3 min. Finalmente se agregó CCCP (15 µM) y se terminó de leer 1 min más.

RESULTADOS. Caracterización de las AgNPs

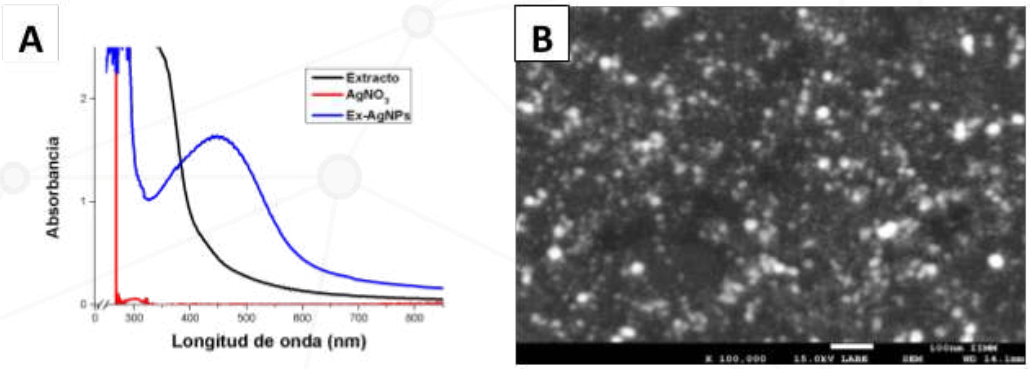


Fig. 1 *Caracterización de las AgNPs. (A) Espectro UV-Vis; (B) micrografía del MEB. Efecto hipoglucémico de la combinación extracto*

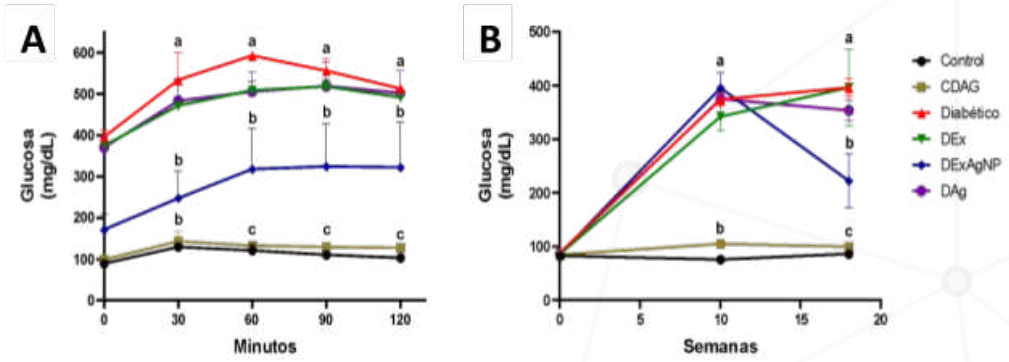


Fig. 2 *Actividad hipoglucemiante. (A) Prueba de tolerancia oral a la glucosa; (B). Niveles de glucosa durante el tratamiento. La combinación extracto-AgNPs mejora la función mitocondrial.*

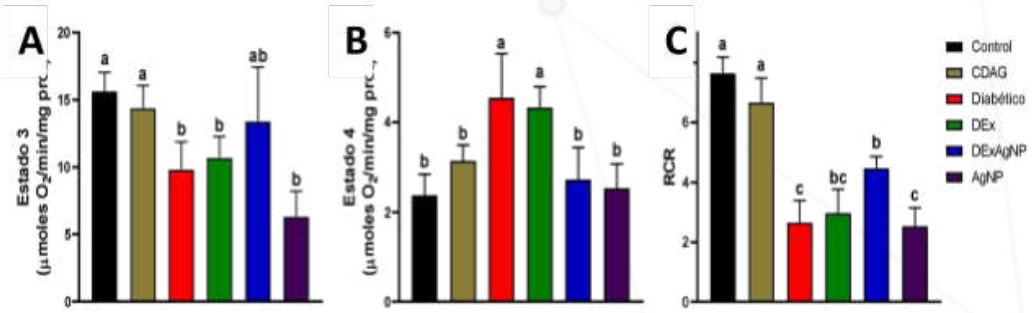


Fig. 3 *Consumo de oxígeno. (A) Estado 3; (B) Estado 4; (C) RCR.*

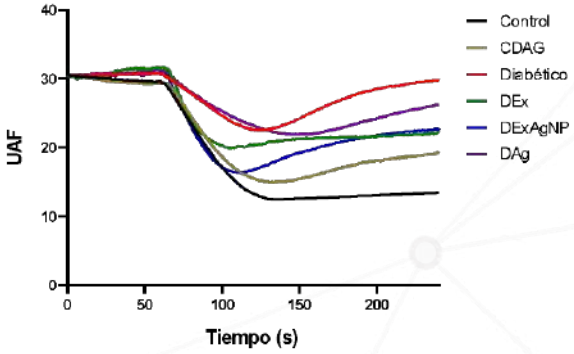


Fig. 4 *Potencial de membrana*

CONCLUSIONES. Los resultados en conjunto muestran que la combinación extracto-AgNPs presentan efecto hipoglucémico y esto correlaciona con la mejora en los parámetros de función mitocondrial observada en este grupo.

REFERENCIAS.

1. García-Cerrillo D, Noriega-Cisneros D, Peña-Montes D, Huerta-Cervantes M, Ríos-Silva M, Salgado-Garciglia R, Montoya-Pérez R, Saavedra-Molina A. Antioxidant Effects of Eryngium carlinae in Diabetic Rats. Asian J. Appl. Sci. 2018, 6, 5, 308-314.

2. Gharaati M, Nahavandi A, Baluchnejad Mojarad T, Roghani M. Diabetic Encephalopathy Affecting Mitochondria and Axonal Transport Proteins. Basic Clin Neurosci. 2020;11(6):781-793.
3. Lemus-de la Cruz J, Trejo-Hurtado M, Landa-Moreno C, Peña-Montes D, Landeros-Páramo JL, Cortés-Rojo C, Montoya-Pérez R, Rosas G, Saavedra-Molina A. Antioxidant effects of silver nanoparticles obtained by green synthesis from the aqueous extract of Eryngium carlinae on the brain mitochondria of streptozotocin-induced diabetic rats. J Bioenerg Biomembr. 2023 55(2):123-135.
4. Pérez-Ramírez I, Enciso-Moreno J, Guevara-González R, Gallegos-Corona M, Loarca-Piña G, Reynoso-Camacho R. Modulation of renal dysfunction by Smilax cordifolia and Eryngium carlinae, and their effect on kidney proteome in obese rats. J. Funct. Foods 2016 20:545-555.
5. Peña-Montes DJ, Huerta-Cervantes M, Ríos-Silva M, Trujillo X, Huerta M, Noriega-Cisneros R, Salgado-Garciglia R, Saavedra-Molina A. Protective Effect of the Hexanic Extract of Eryngium carlinae Inflorescences In Vitro, in Yeast, and in Streptozotocin-Induced Diabetic Male Rats. Antioxidants. 2019 Mar 26;8(3):73.
6. Zhang Q, Song W, Zhao B, Xie J, Sun Q, Shi X, Yan B, Tian G, Liang X. Quercetin Attenuates Diabetic Peripheral Neuropathy by Correcting Mitochondrial Abnormality via Activation of AMPK/PGC-1α Pathway in vivo and in vitro. Front Neurosci. 2021 3;15:636172.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524107

PREVALENCIA DE DEPRESIÓN Y PREECLAMPSIA EN GESTANTES QUE SUFREN VIOLENCIA INTRAFAMILIAR EN UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR

Blanca Laura Ramos Sánchez[1], Berenice Argüello[2], Gabriela Morales Patiño[3], Luz Torner[4]

1. *Instituto Mexicano del Seguro Social; ramossanchezblancalaura@gmail.comM*
2. *Instituto Mexicano del Seguro Social; gamopa_8@yahoo.com.mx*
3. *Instituto Mexicano del Seguro Social; berenice021422@gmail.com*
4. *Instituto Mexicano del Seguro Social; luz_torner@yahoo.com*

Palabras Clave: Violencia intrafamiliar, Depresión, Preeclampsia, Gestantes.

RESUMEN. Título: “Prevalencia de depresión y preeclampsia en gestantes que sufren violencia intrafamiliar en una unidad de medicina familiar” Autores: Ramos Sánchez B. Laura, Argüello F. Berenice, Morales P. Gabriela, Torner Aguilar Luz. Introducción: Los factores de riesgo asociados a preeclampsia han sido estudiados principalmente desde el punto de vista biológico, pero poco los psicosociales. En la UMF-80 no se cuenta con estadísticas ni estudios de las pacientes gestantes que acuden a su consulta médica cursando violencia con riesgo a desarrollar preeclampsia y/o estado depresivo. Objetivo: Conocer la prevalencia de violencia intrafamiliar asociada con preeclampsia y estado depresivo en gestantes en una unidad de medicina familiar. Material y Métodos: Estudio observacional, analítico, transversal, prospectivo, correlacional. N= 220 gestantes, a partir de las 28 semanas de gestación entre 16-45años, afiliadas a la UMF-80, IMSS. Periodo: marzo-agosto 2023. Instrumentos: Escala de mediciónVIF-J4, Escala de Depresión Posnatal de Edimburgo (alfa de C. 0,944). Se aplicó Chi cuadrada con un $p<0.05$. Registro: R-2022-1602-035. Resultados: El 52.3% viven algún tipo de violencia intrafamiliar, el 50.48% sufrieron violencia intrafamiliar y probable depresión, así como el 10,9% cursó con violencia intrafamiliar y preeclampsia. Conclusiones: La Violencia Intrafamiliar es un problema presente en las gestantes derechohabientes de la UMF-80 del IMSS; se identificó como un factor de riesgo ya que se asoció significativamente a ambas variables de depresión y preeclampsia. Consideramos que le debemos enfocar atención prioritaria como médicos de primera línea y proporcionar apoyo integral a la paciente gestante.

INTRODUCCIÓN. La violencia intrafamiliar es definida como el acto de poder ejercido con la intención de controlar, dominar, someter y/o agredir física, verbal, sexual, emocional y/o patrimonial a algún miembro de la familia ya sea dentro o fuera del entorno de la familia, incluso ex pareja con quien haya tenido algún tipo de relación, y que el fin sea dañar. El estrés debido al maltrato predispone a un estado depresivo y aumenta el desarrollo de Preeclampsia (1). El estrés debido al maltrato puede llevar a un estado depresivo, los niveles elevados de estrés en las gestantes incrementan de manera significativa el desarrollo de preeclampsia (2). Contar con una buena red de apoyo familiar y social ayuda a aminorar los efectos de la violencia, al detectar de manera oportuna gestantes violentadas nos ayuda a reconocer oportunamente los factores riesgos asociados y con esto a fomentar normas de prevención e intervención con el objetivo de disminuir riesgos y complicaciones en la mujer embarazada (3). El proceso biológico de la

gestación en contacto con estrés influye sobre la situación orgánica de la madre; la violencia aumenta durante la gestación por ende ocasionando complicaciones como: estrés, estado depresivo e incluso intentos de suicidio (4 y 5). Mundialmente la incidencia de preeclampsia es del 2 y hasta el 10% de las gestaciones. En nuestro país la muerte ocasionada por preeclampsia incrementó del 22 a 33%, su frecuencia se aproxima al 8%; El diagnóstico de preeclampsia en el primer trimestre de la gestación aumentan el riesgo de que las féminas presenten dicha complicación. (6). La violencia de pareja en la República Dominicana estadísticamente es del 67,5%, así mismo un 52.3% en Bolivia violencia de tipo física, mientras que en Colombia el 65,7% viven violencia de tipo psicológica. En México de cada 10 mujeres tres de ellas viven violencia de tipo emocional y 2 violencia patrimonial (7, 8, 9 y 10). Los maltratos crean una un estado vulnerable emocional en la mujer sobretodo en el primer trimestre de la gestación. La depresión gestacional afecta a un 8–11% de las mujeres en los países desarrollados, mientras que la depresión general tiene una prevalencia del 13% (11). En la UMF 80 Y el HGR No. 1 no se cuenta con estadísticas ni estudios de las pacientes gestantes que acuden a su consulta médica quienes pudieran estar siendo violentadas.

OBJETIVO. Conocer cuál es la prevalencia de violencia intrafamiliar asociada con preeclampsia y depresión en gestantes en una unidad de medicina familiar.

OBJETIVO ESPECÍFICOS: Relacionar la violencia intrafamiliar y la Preeclampsia, Relacionar la violencia intrafamiliar y la depresión, Comparar la prevalencia de gestantes que sufrieron violencia intrafamiliar y cursaron con preeclampsia y/o depresión a su vez.

MATERIALES Y MÉTODOS. DISEÑO: Estudio observacional, analítico, transversal, prospectivo, correlacional. Desarrollado en Morelia, Michoacán en la UMF 80, con pacientes gestantes que acudieron a valoración al HGR#1. Periodo: marzo 2023- agosto 2023. POBLACIÓN: 237 pacientes Gestantes con ≥ 28 semanas de gestación entre los 16 y 45 años de edad. CRITERIOS INCLUSIÓN: Gestantes ≥ 28 SDG, edad: 16-45 años, derechohabientes IMSS, que aceptaron participar en el estudio y con consentimiento informado firmado. EXCLUSIÓN: Antecedente de enfermedad mental, depresión, hipertensión, epilepsia, o en puerperio. ELIMINACIÓN: Pacientes que decidieron retirarse, cuestionarios incompletos, cuestionarios sin identificación. A las pacientes se les aplicaron los cuestionarios: Escala de Depresión de Edimburgo de la cual con un puntaje ≥13 puntos = probable depresión; también se aplicó la escala de medición de violencia e índice de severidad la cual nos puede arrojar un puntaje mínimo de 0 y máximo de 354.

RESULTADOS. El total de la muestra: 237, excluimos a 17 participantes del análisis del estudio. Universo de estudio: 220 gestantes; de las cuales el 63,9% de estas gestantes se dedicaban al hogar (n =139), el 43,6% fueron casadas (n=96), con un IMC en ese momento de 55,9% en sobrepeso (n=122), de las cuales el 68,2% eran primigestas (n=150). (Tabla 1). En la Fig.1 observamos que el 52.3% (n=117) sufrieron algún tipo de violencia. De las 220 gestantes, 24 cursaron con preeclampsia, ya que presentaron presión arterial alta. De estas, solo 2 pacientes no presentaron proteinuria. (Tabla 2).

Tabla 1. Características sociodemográficas de las gestantes de la UMF 80. N=220

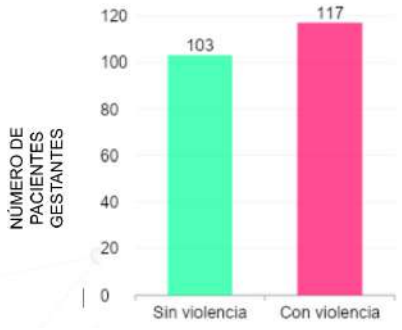
		Frecuencia	Porcentaje(%)
Ocupación	Ama de casa	139	63,9%
Estado civil	Casada	96	43,6%

Índice de Masa Corporal	Sobrepeso	123	55.9%
No. de gestación	Primigesta	150	68,2%

Tabla 2. Pacientes con preeclampsia y sin preeclampsia.

Presión arterial	<140/90 mmHg	>140/90 mmHg	Proteinuria >300 mcg
Frecuencia	196	24	22
Porcentaje	**81.1%**	**10,9%**	**10%**

Violencia intrafamiliar. El 52.3% de las gestantes incluidas en el estudio viven algún tipo de VIF, el nivel de violencia de tipo leve es el que más predominó. (Fig.1. La aplicación de la escala VIF-J4 nos reportó: violencia física leve 43,2%, moderada 9,1% y severa 0,9%, en el tipo de violencia psicológica el 21,1% leve, el 21,4% moderada y el 7,7% severa, en el tipo de violencia sexual el 36,4% violencia leve, el 15,9% moderada, y el 0,9% severa, en el tipo de violencia social el 25% leve, el 25,9% moderada y el 2,3% severa, en el tipo de violencia de género el 20% tipo leve, el 28,6% moderada y el 5% severa, en el tipo de violencia patrimonial el 19,1% leve, el 21,8% moderada y el 11,8% severa. (Tabla 3). Se investigó una asociación del nivel de violencia con los datos demográficos de las gestantes de lo cual nos arrojó que más de la mitad de las gestantes que sufren violencia de nivel leve son amas de casa, predominó la violencia de nivel leve en las solteras, así como en la violencia nivel leve fue mayor en las gestantes con sobrepeso, además las más violentadas igual en nivel leve fueron las primigestas.



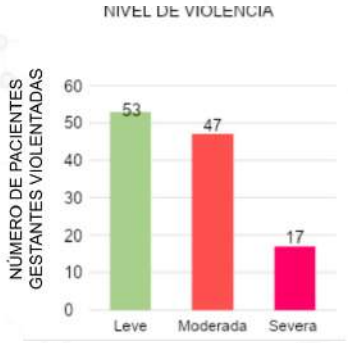


***Fig SEQ Figura_ * ARABIC 1**. De las 220 gestantes que se les aplicó la Escala de violencia intrafamiliar VIF -J4 más de la mitad de ellas viven en violencia intrafamiliar.*

***Fig. SEQ Figura_ * ARABIC 2**. De la población total que sufre Violencia Intrafamiliar, 53 mujeres gestantes sufrieron violencia de nivel leve, lo cual corresponde al 24% de la población.*

Tabla 3. Tipos de violencia intrafamiliar que padecieron las gestantes incluidas en el estudio. (p=0,001)***

	Leve	Moderada	Severa
Física	**95(43.2%)**	20(9.1%)	2(0,9%)
Psicológica	53(21.1%)	47(21,4%)	17 (7,7%)
Sexual	80(36,4%)	35(15,9%)	2(0,9%)
Social	55(25%)	57(25,9%)	5(2,3%)
Género	44(20%)	**63(28,6%)**	11(5,0%)
Patrimonial	42(19,1%)	48(21,8%)	**26(11,8%)**

La VIF en las gestantes asociada a depresión.

Tabla 4. Prevalencia de VIF asociada a depresión. (p=0,000)***				
	Sin riesgo de depresión	Límite de riesgo de depresión	Probable depresión	Total
Sin violencia	34	10	51	95
Leve	8	43	20	71
Moderada	4	17	29	50
Severa	1	0	3	4
	47	70	**103**	220

La prevalencia de gestantes que sufren violencia intrafamiliar y probable depresión es del 50.48% (p=0.000), de las cuales predomina el tipo de violencia moderada (Tabla 4).

La Violencia intrafamiliar en las gestantes asociada a preeclampsia. El 10.9% de las gestantes sufrieron violencia intrafamiliar y preeclampsia, las cuales cumplieron criterios diagnósticos con presencia de hipertensión + proteinuria, 2 de ellas no tuvieron proteinuria, pero si presión arterial mayor a 160 mmHg sistólica y mayor de 100mmHg la diastólica (Tabla 5).

Tabla 5. Asociación de Violencia intrafamiliar y Preeclampsia (p=0,000)*	
Nivel de violencia intrafamiliar (VIF J4)	Presión Arterial >140/90 mmHg
VIF Leve	21
VIF Moderada	2
VIF Severo	1
Total=	24 (10,9%)

La Violencia intrafamiliar en las gestantes asociada a depresión y/o preeclampsia. De las 117 gestantes que sufrieron violencia intrafamiliar el 5.9% (n=7) cursaron depresión y violencia de nivel leve; el 2,34% depresión y violencia nivel moderada y el 1,17% depresión y violencia severa.

CONCLUSIONES. Se identificó la Violencia Intrafamiliar como un factor de riesgo para preeclampsia y/o depresión en las gestantes derechohabientes de la UMF-80 del IMSS.

REFERENCIAS.

1.Sánchez MC, Gómez CA, (2020) Violencia intrafamiliar, una visión internacional ante la Pandemia por Covid-19,2.
2. Sarkar NN. (2008) The impact of intimate partner violence on women's reproductive health and pregnancy outcom, 28(3):266-71.
3.Pallitto C. (2004) Violencia doméstica y salud materna infantil y reproductiva: Un análisis crítico de la bibliografía. Organización Panamericana de la Salud.
4. Flórez L, Rodríguez G, (2011) Análisis experimental del impacto psicobiológico de un programa de atención psicológica a maternas con preeclampsia. 1: 259-292
5. Pinto MC,(2010) Psychological Maternal Stress as a Possible Prenatal Risk Factor for the Development of Cognitive Problems: Neuropsychological Characterization of a Colombian Sample ; 9(3):749-59.
6. Torres L, (2018) Factores de riesgo psicosociales asociados a preeclampsia en mujeres mexicanas: análisis comparado en tres Estados;15 (3): 226-243.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524108

LA EXPOSICIÓN A XILENO Y A BENCENO AUMENTA LA NOCICEPCIÓN AGUDA Y DE LARGA DURACION INDUCIDA POR FORMALINA EN RATAS

Diego Alejandro Simon Nieto[1], Luis Fernando Ortega Varela[1],[2], Luis Ángel Quiroz Garcia[1], Marcia Yvette Gauthereau Torres[1]

1 División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", UMSNH; 1234982A@umich.mx

1419278F@umich.mx, marcia.gauthereau@umich.mx

2 Facultad de Salud Pública y Enfermería, UMSNH; luis.ortega@umich.mx

Palabras Clave: Inhalables, xileno, benceno, dolor, alodinia, hiperalgesia.

RESUMEN. El xileno y el benceno son disolventes inhalables, que son sustancias volátiles a temperatura ambiente, se administran por la vía de la inhalación con el fin de alterar el estado de conciencia, se encuentran en productos comerciales como removedores de pintura, "thinner", gasolina y pegamentos, entre otros. Estudios han indicado que los disolventes de abuso comparten varias acciones con depresores del SNC, como el etanol. Se ha demostrado que los inhalables actúan sobre canales iónicos, como los receptores NMDA, GABAA, serotonérgicos, etc. La serotonina está ligada a diversas funciones, entre las que destaca su vinculación al dolor. Se ha reportado que el tolueno (un disolvente de abuso con estructura química similar al xileno y al benceno), tiene efectos pronociceptivos, actuando sobre los receptores serotonérgicos 5-HT3. Sin embargo, se desconoce la participación de otros disolventes de abuso en la nocicepción o si otros disolventes comparten los efectos del tolueno. Por lo tanto, en el presente proyecto se pretenden estudiar los efectos del xileno y del benceno sobre la nocicepción.

INTRODUCCIÓN. El xileno y el benceno son disolventes inhalables, que son sustancias volátiles a temperatura ambiente que cuando son inhaladas producen un estado alterado de la conciencia, ocasionando inicialmente excitación del sistema nervioso central (SNC), seguido de un estado depresor del mismo (NIDA, 2022). En México, en la Encuesta Nacional de Adicciones de 2011 (ENA, 2011) los inhalables mostraron una tendencia al alza en el consumo (con 0.9%), tomando el tercer lugar de preferencia entre las drogas ilegales más consumidas en el país (después de la mariguana y la cocaína) y en la última Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco (ENCODAT, 2017) los inhalables continúan en la tercera posición de preferencia (después de la mariguana y la cocaína), pero con 1.1%. Los inhalables, como el xileno y el benceno, se encuentran en productos como diluyentes para pinturas, gasolina, "thinner", líquidos correctores, marcadores "permanentes", esmaltes, removedores de esmaltes y pegamentos (ATSDR, 2016). Los resultados de investigaciones previas sugieren que el tolueno (un compuesto con estructura química similar al xileno y al benceno) aumenta la nocicepción a través de sistemas de neurotransmisores, como el serotonérgico (Cervantes-Durán et al., 2017). Sin embargo, no se sabe si otros sistemas de neurotransmisores están participando en estos efectos pronociceptivos o si otros disolventes comparten estos efectos.

ANTECEDENTES. Los inhalables son sustancias volátiles a temperatura ambiente, que se administran por la vía de la inhalación con el fin de alterar el estado de conciencia y el estado de ánimo y así alcanzar estados placenteros (Cruz et al., 2003). Uno de los sistemas de clasificación establece cuatro categorías generales de inhalables, basándose en las formas más comunes en que estos se encuentran en los productos domésticos, industriales y médicos. Estas cuatro categorías son: disolventes volátiles, aerosoles, gases y nitritos (NIDA, 2022).

Xileno: El xileno o dimetilbenceno es un disolvente aromático de uso común, con tres isómeros en los que la posición de los grupos metilos en el anillo de benceno varía: orto, meta y paraxileno (Fig. 1) (ATSDR, 2016). La mezcla de los tres isómeros se denomina xilol (Mirkin, 2007).

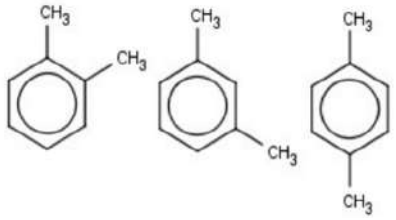


Figura 1. *Estructura química del xileno y sus isómeros, que consisten en un anillo aromático con dos grupos metilo.*

Benceno: El benceno o benzol es un hidrocarburo no sustituido, cíclico aromático y de olor característico, de aspecto líquido y volátil a temperatura ambiente (Fig. 2). El benceno proviene tanto de fuentes industriales como naturales (ATSDR, 2016).



Figura 2. *Estructura química del benceno.*

Inhalables y dolor: Lopreato et al. (2003) probaron la hipótesis de que los agentes inhalados de los que comúnmente se abusa, como el tolueno, disolvente con estructura química similar al xileno y al benceno, mejoran la función del receptor de serotonina subtipo 3. Posteriormente se comprobó que la exposición a tolueno aumenta la nocicepción a través de sistemas de neurotransmisores, como el serotonérgico (Cervantes-Durán et al., 2017).

Dolor: El dolor es un síntoma que frecuentemente se ha observado en la población mexicana, considerándose un problema de salud pública no sólo a nivel nacional sino también globalmente (Covarrubias-Gomez y Guevara-Lopez, 2006). La IASP (Asociación Internacional para el Estudio del Dolor) en 2020 propuso una nueva definición: El dolor es una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada o similar a la asociada con daño tisular real o potencial (IASP, 2020).

El dolor se puede dividir ampliamente en tres clases: dolor nociceptivo, dolor inflamatorio y dolor patológico (IASP, 2021).

Sensibilización: Es un proceso de daño en el tejido periférico que incrementa la intensidad del dolor en respuesta a un estímulo lesivo (hiperalgesia) e induce dolor después de estímulos inocuos (alodinia) (Sasaki et al., 2006).

Hiperalgesia: es el aumento de la sensación de dolor por un estímulo que normalmente es doloroso. La hiperalgesia refleja un aumento del dolor con la estimulación por encima del umbral (IASP, 2021).

Alodinia: Es el dolor debido a un estímulo que normalmente no provoca dolor. Este estímulo provoca una respuesta inesperadamente dolorosa. La alodinia se puede observar después de diferentes tipos de estímulos somatosensoriales aplicados a muchos tejidos diferentes (IASP, 2021).

OBJETIVO. Evaluar el efecto de la exposición aguda a xileno sobre la nocicepción, alodinia e hiperalgesia. Evaluar el efecto de la exposición aguda a benceno sobre la nocicepción, alodinia e hiperalgesia.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron ratas hembra y macho de la cepa Wistar, cuyos pesos oscilaron entre 180 a 230 g. Los animales se adaptaron 30 min en la cámara de exposición (1 día antes de la exposición). La exposición aguda a xileno (6,000 ppm), a benceno (8,000 ppm) o a aire fue durante 30 min. Posteriormente se les inyectó por vía subcutánea 50 µl de formalina al 1%. Se evaluó la nocicepción aguda durante 1 min c/5 min por 1 hora. La hiperalgesia y la alodinia secundarias se evaluaron los días 1,3, 6, 9 y 12 días después de la inyección con formalina en los mismos animales utilizando los filamentos de von Frey con fuerza de flexión de 10 mN (alodinia) y 250 mN (hiperalgesia) en ambas patas traseras. Todos los experimentos fueron realizados bajo la supervisión de personal calificado y con material de protección personal.

RESULTADOS. La exposición de las ratas a xileno (6,000 ppm) o a benceno (8,000 ppm) durante 30 minutos aumentó la nocicepción aguda inducida por la inyección de 50 µl de formalina al 1%. El efecto pronociceptivo se observó en la fase 1 (0-10 min.) y en la fase 2 (15-60 min.) del curso temporal (Fig. 3). La hipersensibilidad (alodinia e hiperalgesia) (Fig. 4 y 5) provocada por la inyección de formalina se evaluó los días 1, 3, 6, 9 y 12 y se observó como un aumento en la respuesta de retirada de la pata ipsilateral (pata derecha) luego de la aplicación de los filamentos de von Frey (10 mN y 250 mN). Todos los resultados están expresados como el promedio ± error estándar de 6 animales por grupo.

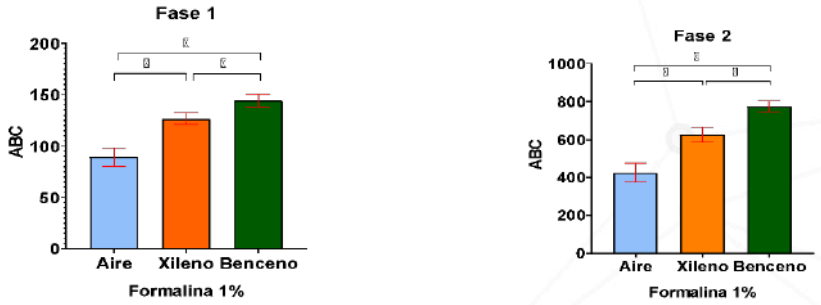


Figura 3. *Área bajo la curva (ABC) de los retiros de pata observados después de la inyección de formalina al 1% en ratas previamente expuestas a xileno (6,000 ppm) o a benceno (8,000 ppm) o a aire.*

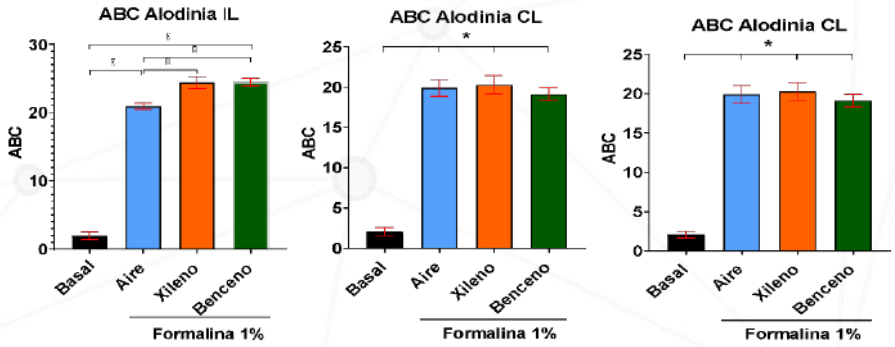


Figura 4*. Las gráficas de barras representan el área bajo la curva (ABC 0-12 días) y el número de respuestas ipsilaterales (IL) y contralaterales (CL) de retiro de pata después de 10 aplicaciones de los filamentos von Frey con fuerza de flexión de 10 mN (alodinia).*

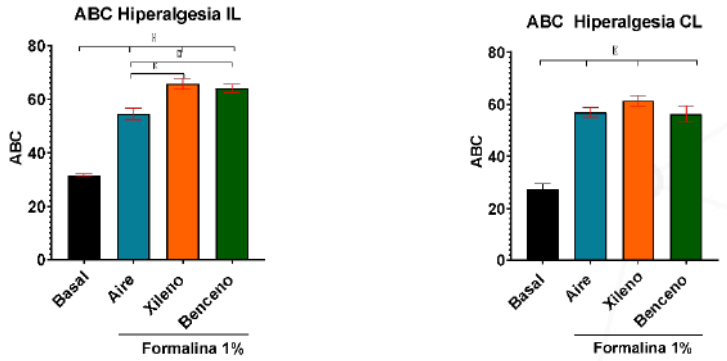


***Figura 5**. Las gráficas de barras representan el área bajo la curva (ABC 0-12 días) y el número de respuestas ipsilaterales (IL) y contralaterales (CL) de retiro de pata después de 10 aplicaciones de los filamentos von Frey con fuerza de flexión de 250 mN (hiperalgesia).*

CONCLUSIONES. Nuestros resultados mostraron que la exposición aguda a xileno y a benceno incrementa la nocicepción aguda inducida por formalina, y produce un aumento en la hiperalgesia y en la alodinia. En los experimentos realizados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ratas hembra y macho ($p > 0.05$). El área bajo la curva del número de retiros de pata contra el tiempo (ABC) después de la exposición a xileno y a benceno fue mayor comparada con el grupo aire + formalina al 1% (control) ($p < 0.05$) en la nocicepción aguda y de larga duración. Nuestros hallazgos sugieren que el xileno y el benceno tienen un efecto pronociceptivo de manera similar al tolueno. Sin embargo, nuestro estudio sigue en curso para determinar si estos inhalables comparten el mismo mecanismo de acción.

REFERENCIAS.

1. (ATSDR). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). Resumen de Salud Pública: Xileno (Xylene). Cdc.gov. https://www.atsdr.cdc.gov /es/phs/es_phs71.html
2. Cervantes-Durán, C., Ortega-Varela, L. F., Godínez-Hernández, D., Granados-Soto, V., & Gauthereau-Torres, M. Y. (2017). Toluene exposure enhances acute and chronic formalin-induced nociception in rats: Participation of 5-HT 3 receptors. NeuroToxicology, 63, 97–105. doi:10.1016/j.neuro.2017.09.010.
3. Covarrubias-Gomez A y Guevara-Lopez U. ¿Qué son las clínicas del dolor?. Revista Digital Universitaria [En línea]. 2006; 7: 2-7. [Disponible en Internet: www.revista.unam.mx]. Fecha de consulta: 05 de noviembre 2023.
4. Cruz, S. L., Gauthereau, M. Y., Camacho-Muñoz, C., López-Rubalcava, C., & Balster, R. L. (2003). Effects of inhaled toluene and 1,1,1-trichloroethane on seizures and death produced by N-methyl-d-aspartic acid in mice. Behavioural Brain Research, 140(1-2), 195–202.
5. Encuesta Nacional de Adicciones (ENA). (2011). Recuperado 12 de junio, 2023, de https://www.gob.mx/salud/conadic/documentos/encuesta- nacional-de-adicciones-2011-ena-2011.
6. Encuesta Nacional de Consumo de Drogas en Estudiantes (ENCODE). (2014). Recuperado 15 de junio, 2023 de gob.mx. https://www.gob.mx/salud%7Cconadic /documentos/encuesta-nacional-de-consumo-de-drogas-en-estudiantes-2014-encode
7. IASP (2021). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain. Pain, 00(00), 1-7.
8. Lopreato, GF, Phelan, R., Borghese, CM, Beckstead, MJ y Mihic, SJ (2003). Las drogas de abuso inhaladas mejoran la función del receptor de serotonina-3. Dependencia de drogas y alcohol, 70(1), 11–15. doi:10.1016/s0376-8716(02)00330-7
9. Mirkin D.B. (2007) Chapter 94 - Benzene and Related Aromatic Hydrocarbons, Haddad and Winchester's Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose (Fourth Edition), W.B. Saunders, pp 1363-1376. https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0693-4.50099-2.
10. Nacional Institute on Drug Abuse (NIDA). (2022). ¿Cómo se utilizan los inhalables?. Recuperado de: https://nida.nih.gov/es/publicaciones/serie-de-reportes/abuso-de-inhalantes/como-se-utilizan-los-inhalantes en 2023, August 2.
11. Suzuki, R., Rahman, W., Hunt, S.P., Dickenson, A.H., (2004). Descending facilitatory control of mechanically evoked responses is enhanced in deep dorsal horn neurones following peripheral nerve injury. Brain Res. 1019, 68–76

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524109

INCIDENCIA DE DEPRESIÓN EN EL ADULTO MAYOR CON HIPERTENSIÓN ARTERIAL SISTÉMICA EN UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR

Rivero Alvarado Claudia[1], Pérez Flores Miriam[2], Argüello Florián Berenice[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Adulto mayor, Hipertensión Arterial, Depresión, Capacidad funcional.

RESUMEN. Introducción: La población adulto mayor ha incrementado en los últimos años, lo que implica cambios en el aspecto demográfico, que se reflejan en mejorar los cuidados propios del adulto mayor y prevenir enfermedades que puedan afectar sus capacidades mentales y funcionales como los cuadros depresivos. Objetivo: Determinar la incidencia de depresión en el adulto mayor con Hipertensión arterial Sistémica en una unidad de medicina familiar. Material y métodos: Estudio Observacional, descriptivo, transversal y prospectivo en pacientes mayores de 60 años con hipertensión arterial adscritos a la Unidad de Medicina Familiar No 80 turno matutino que, aceptaron participar, en el periodo de noviembre 2022 a abril 2023 se realizó el cuestionario de Yesavage se realizó asociación entre variables con chi cuadrada nivel de significancia estadística: p .05. Resultados: De los 98 adultos mayores con HTA participantes se encontró porcentaje de depresión con 64% entre los factores sociodemográficos se destacó la asociación depresión leve con sexo femenino, con frecuencia en edades de 60 a 65 años con un 35.7%, sobresaliendo grupo de jubilados con un 24.5%, así como un 81% de los participantes no se habían sometido a pesquisas anteriormente. Conclusiones: Encontramos una alta incidencia de depresión 64%, sobresaliendo cuadros leves lo cual nos lleva a insistir en unidades primer nivel adecuado diagnóstico oportuno en este grupo vulnerable.

INTRODUCCIÓN. La transición demográfica que se vive en los últimos años junto con el desafío que se vive día a día para afrontar la salud pública del adulto mayor para mantener su funcionalidad, El adulto mayor sufre con el tiempo limitantes en su día a día, aunado a comorbilidades propios de la edad que se transforman en factores importantes relacionados a la perdida funcional, física y mental del adulto mayor que influyen directamente con su salud mental, en gran porcentaje desarrollando un trastorno mental por ser un grupo vulnerable tiene mayor complejidad de detección, por lo tanto es necesario la promoción y fomentar el envejecimiento saludable.

ANTECEDENTES. Por definición las Naciones Unidas consideran anciana a toda persona mayor de 65 años para los países desarrollados y de 60 años para los países en desarrollo, es decir que en México se considera anciana una persona a partir de los 60 años[1]. El envejecer no es sólo una condición social, sino también un proceso individual, la persona que envejece debe enfrentar condiciones cambiantes, que dependen de factores genéticos, estilos de vida y exposiciones ambientales[2].La transición demográfica que vive México ha provocado un incremento del número de adultos mayores[3] México está en un contexto de profunda desigualdad socioeconómica, de

género y urbano rural es posible a través de estilos de vida saludable y participación social sumado a un cuidado de la salud integrado y centrado en la persona exista un avance social[4]. La hipertensión arterial es un problema de salud causa de consulta en atención primaria y su prevalencia aumenta con la edad[5], con una prevalencia de 31% en los próximos años se espera un incremento, lo importante es el control adecuado[6]. Así como se ha demostrado ser es factor de riesgo para la patología cardiovascular la Hipertensión Arterial se ha estudiado en relación con otras comorbilidades[7].

OBJETIVO. Determinar la incidencia de casos de depresión en el adulto mayor hipertensión arterial sistémica en la unidad de medicina familiar.

OBJETIVOS ESPECIFICOS. Identificar factores de riesgo sociodemográficos asociados a depresión en el adulto mayor. Identificar porcentaje de pacientes Hipertensos que no han sometido a pesquisas para depresión. Identificar el grado de depresión de acuerdo con el puntaje en la escala.

MATERIALES Y MÉTODOS. Estudio Observacional, descriptivo, transversal y prospectivo realizado en pacientes adultos mayores con hipertensión arterial adscritos a la Unidad de Medicina Familiar No 80 turno matutino durante el periodo de noviembre 2022 a abril 2023.
Se hizo el cálculo del tamaño de la muestra para población finita corresponde a 12 949 mil pacientes incluidos en la base de datos y se obtuvo una muestra de 98 participantes. Se incluyeron participantes ambos sexos mayores de 60 años, con diagnostico establecido de Hipertensión arterial. No se incluyeron participantes con discapacidad física y/o mental, que les imposibilitara la realización del estudio, o con alguna enfermedad psiquiátrica ya diagnosticada, así como otra comorbilidad crónico degenerativa como Diabetes Mellitus, enfermedades reumáticas e Insuficiencia renal crónica. Los participantes acudieron a un consultorio asignado, firmaron el consentimiento informado se les explicó que la prueba que consistía de 15 ítems con respuestas dicotómicas SI/NO.Para el análisis de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para ladistribución de los datos. Las variables cualitativas se presentaron en frecuencias(porcentaje) o en medianas con rangos intercuartílicos (distribución no normal). Se usó la prueba de chi cuadrada para la asociación de variables categóricas. Se consideró que había significación estadística con un valor de p 0.05. Todos los cálculos se hicieron con el paquete estadístico SPSS, versión 23.0.

RESULTADOS.

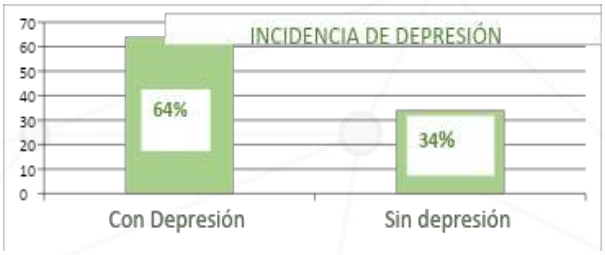


Figura 1.- *Se observa una alta incidencia de depresión.*

	DEPRESIÓN		

V A R I A B L E	NORMAL N = 34 F (%)	LEVE N = 55 F (%)	MODERADA N = 6 F (%)	SEVERA N = 3 F (%)	*Chi²*	*Sig.*
Género					**1.994**	**.574**
Masculino	22(22.4)	31(31.6)	5(5.1)	2(2.0)		
Femenino	12(12.2)	24(24.5)	1(1.0)	1(1.0)		
Edad					**4.317**	**.889**
60 a 65	15(15.3)	28(28.6)	5(5.1)	2(2.0)		
66 a 70	12(12.2)	16(16.3)	1(1.0)	1(1.0)		
71 a 75	5(5.1)	7(7.1)	-	-		
75 y más	2(2.0)	4(4.1)	-	-		
Estado Civil						
Casado (a)	25(25.5)	36(36.7)	3(3.1)	2(2.0)	**2.222**	**.898**
Viudo (a)	9(9.2)	18(18.4)	3(3.1)	1(1.0)		
Soltero (a)	-	1(1.0)	-	-		
Escolaridad					**11.250**	**.735**
Primaria	11(11.2)	12(12.2)	3(3.1)	1(1.0)		
Secundaria	10(10.2)	19(19.4)	2(2.0)	1(1.0)		
Preparatoria	9(9.2)	11(11.2)	1(1.0)	1(1.0)		
Licenciatura	-	8(8.2)	-	-		
Postgrado	4(4.1)	4(4.1)	-	-		
Maestria	-	1(1.0)	-	-		
Laboral					**7.181**	**.304**
Empleado (a)	8(8.2)	20(20.4)	1(1.0)	1(1.0)		
Desempleado (a)	7(7.1)	17(17.3)	1(1.0)	-		
Jubilado (a)	19(19.4)	18(18.4)	4(4.1)	2(2.0)		

Tabla No. I *Variables y su asociación con cuadros de depresión.*
** Cifra estadísticamente significativa (P<0.05); F (%) = Frecuencia (porcentaje)*

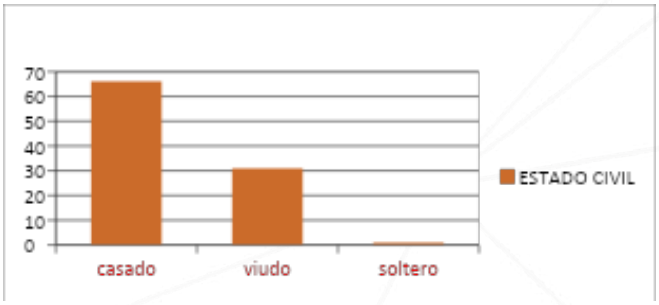


Figura 2.- *estado civil predominante al momento del estudio.*

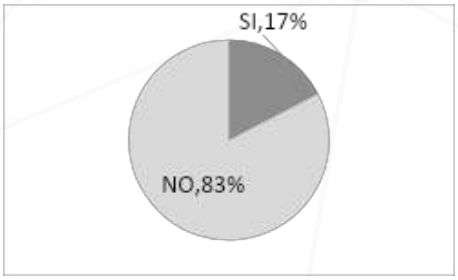


Figura 4.- *Porcentaje elevado sin detecciones para depresión.*

CONCLUSIONES. Una adecuada prevención al igual que una identificación de factores que colaboran en la presencia de la depresión cobra importancia en la atención medica de adultos mayores, con dichos resultados se genera el interés de un seguimiento y tratamientos adecuados, así como aportación a conocimientos clave en este grupo de edad, generando más alcance en la población en detecciones en cualquier institución.

REFERENCIAS.

1. 1.- Soria Romero, Zuriel, & Montoya Arce, Bernardino Jaciel. (2017). Envejecimiento y factores asociados a la calidad de vida de los adultos mayores en el Estado de México. Papeles de población, 23(93), 59-93. https://doi.org/10.22185/24487147.2017.93.022
2. 2.- Fernández-Vázquez, LA, Dávila-Mendoza, QR, del Carmen Moreno-Castillo, DY, & Pedraza-Avilés, BAG (s/f). Importancia del diagnóstico de la depresión en adultos mayores en una clínica de medicina familiar . Medigraphic.com. Recuperado el 13 de septiembre de 2024, de https://www.medigraphic.com/pdfs/revneuneupsi/nnp-2008/nnp083-4a.pdf
3. 3.- Funes Á, et al. La depresión: particularidades clínicas y consecuencias en el adulto mayor 2007; 143(2):141-142Available from: https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2007/gm072g.pdf
4. 4.-Albala C. El envejecimiento de la población chilena y los desafíos para la salud y el bienestar de las personas mayores. Rev. Médica Clín Las Condes. 2020; 31(1):7–12. Available from: https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-el-envejecimiento-de-la-poblacion S0716864019301191?referer=buscador.
5. 5.- Jonis M, Llacta D. Depresión en el adulto mayor, cual es la verdadera situación en nuestro país. RevMedHered. 2013; 24:78-79. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2013000100013&lng=es.
6. 6.- Lira C. EUMT. Impacto de la hipertensión arterial como factor de riesgo cardiovascular. Rev. Médica Clín Las Condes. 2015; 26(2):156–63. Disponible en: https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-impacto-de-la-hipertension-arterial-S071686401500036X
7. 7.- Shunchao L, Blanco A Miguel Ángel. Comorbilidad de pacientes ingresados con diagnóstico de Hipertensión arterial en salas de Medicina Interna. Rev haban cienc méd.2019;18(1):45-59.Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729519X2019000100045&lng=es.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524110

FRECUENCIA DE NEUROPATÍA PERIFÉRICA EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2

Leticia Calderon Vargas[1], Marisol Cornejo Pérez[2]
1Universidad Nacional Autónoma de México; darknnesangel16@gmail.com2
2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; cornejopmarisol@gmail.com

RESUMEN. Introducción: La diabetes tipo 2 es una enfermedad crónico-degenerativa su principal complicación microvascular es la neuropatía periférica es la principal causa de pie diabético, amputaciones y limitación funcional. Objetivo: Determinar la frecuencia de neuropatía periférica en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en la UMF N°80. Material y Métodos: Se realizó un estudio observacional, prospectivo, transversal, descriptivo en la UMF No. 80, Morelia, Michoacán, entre marzo-agosto del 2023. En pacientes con DM2. Se realizó la prueba MNSI. Utilizando SPSS versión 23.0, frecuencias, porcentajes, chi cuadrada y Spearman, con significancia p >0.005. Aprobada por el comité de ética, N° registro: R-2022-1602-026. Resultados: Se analizaron 102 pacientes obteniendo una frecuencia de NPD del 56%. Correlación positiva entre tiempo de evolución y el diagnóstico de NPD con RHO de Spearman 0.3 (p valor 0.002), relación entre neuropatía y descontrol glucémico (p valor 0.000). Los síntomas asociados a NPD fueron dolor, hipersensibilidad e hiposensibilidad. Conclusión: La NPD se confirmó en el 56%. Asociada a un descontrol glucémico y tiempo de evolución, se recomienda realizar exploración física desde la primera consulta, para disminuir las complicaciones.

INTRODUCCIÓN. La diabetes es una afección crónica de tipo endocrino metabólica que se distingue por la presencia de hiperglucemia en sangre. Que puede causar complicaciones microvasculares y macrovasculares si no se maneja adecuadamente. La complicación sintomática más común en los pacientes diabéticos es la neuropatía diabética, caracterizada por alteración distal de las fibras nerviosas de tipo sensoriales, alrededor del 50% de los diabéticos presentan NPD. El diagnostico de neuropatía es clínico. Un 50% sufren amputaciones, que podrían evitarse con un diagnóstico precoz de NPD. Una de las escalas aceptadas es el Instrumento de Detección de Neuropatía de Michigan (MNSI) fue validado por Moghtaderi en 2006, obteniendo una S y E del 79% y 94% respectivamente. Formada por dos partes: un cuestionario de 15 preguntas que permite evaluar la presencia de síntomas neuropáticos y exploración física el cual establece el diagnóstico de neuropatía si su puntuación es mayor a 2 puntos. Para prevenir el desarrollo de NPD la única intervención es el control estricto de la glucemia. Por otra parte, el tratamiento para NPD es a base de los antidepresivos tricíclicos y antiepilépticos como primera línea. Identificar a los pacientes con NPD es de vital importancia, ya que permitiría dar un tratamiento adecuado, disminuyendo el número de complicaciones y mejorando la calidad de vida, implementando programas para su prevención y fomentando el autocuidado.

ANTECEDENTES. La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad crónica, endocrino-metabólica, progresiva, con alto índice de morbilidad y mortalidad, de origen multifactorial. Causada por una hiperglucemia debido a una deficiente secreción o acción de la insulina. (1,3)

En 2017, la FID estimó, una prevalencia mundial de 8,8% en población de 20-79 años. (1,2) Los factores de riesgo más importantes son: DM2 en familiares de primer grado, HAS, sedentarismo, IMC >25, y CC >102 cm en hombres y 88 en mujeres. (4.5) La DM presenta síntomas como polidipsia, poliuria, polifagia, y pérdida de peso. (6) El diagnóstico de DM2 según los criterios (ADA):
Síntomas de diabetes más una glucemia casual igual o mayor a 200 mg/dL.(7,8)
Glucemia de ayuno igual o mayor a 126 mg/dL. (7,8)
Glucemia igual o mayor a 200 mg/dL dos horas después de una carga de 75 g de Glucosa durante una prueba de tolerancia oral a la glucosa (PTOG). (7,8,)
HbA1c mayor o igual a 6.5%. (7,8)
Las metas terapéuticas son HbA1c debe ser <7.0%, en < 60 años, reciente diagnóstico y sin comorbilidades, se recomienda <6.5%. Glucosa en ayuno 80-130mg/dL y glucosa posprandial <180 mg/dL. (8) Actualmente 1 de cada 6 adultos mexicanos, presenta complicaciones de DM2, debido al tiempo de evolución prolongado, mal apego al tratamiento (9). Estas se dividen en microvasculares cuando afectan vasos de pequeño calibre; originan retinopatía, nefropatía y neuropatía (10)(3). Las macrovasculares afectan a vasos de mayor calibre, causan enfermedad arterial coronaria, enfermedad arterial periférica y enfermedad cerebrovascular. (10) La neuropatía diabética es la complicación más frecuente. Se define como el conjunto de síntomas o signos de disfunción del sistema nervioso periférico una vez excluidas otras causas. Con afectación de las fibras nerviosas sensitivas, motoras principalmente. (11) En México la ND presenta una prevalencia mayor al 50%. Se ha asociado a el tiempo de exposición a altas concentraciones de glicemia en sangre, tabaquismo, etc. (12)(13) Para su diagnóstico se utiliza la escala MNSI. Validado por Moghtaderi en el 2006, con una S y E de 79% y 94%, instrumento de tres partes: la primera evalúa síntomas neuropáticos. El segundo examen físico. Se considera positivo más de 2 puntos. El detectar neuropatía periférica de forma temprana es importante ya que representa el principal factor de riesgo para el desarrollo de pie diabético y amputaciones. Generando altos costos para el sistema de salud; impacto negativo en su calidad de vida, depresión y ansiedad y costos extras asociados (13,14).

OBJETIVO. Establecer la frecuencia de neuropatía diabética periférica en pacientes con diabetes tipo 2 en la unidad de Medicina Familiar N°80.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Investigar la correlación entre el tiempo de evolución y la neuropatía periférica. Buscar la relación entre neuropatía diabética y descontrol glucémico. Identificar los síntomas más comunes asociados a neuropatía periférica. Establecer las características sociodemográficas en la Neuropatía Periférica

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizo un estudio observacional, prospectivo, transversal, descriptivo en la UMF No. 80, Morelia, Michoacán, entre marzo-agosto del 2023. El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula para la estimación de proporciones, ajustado a perdidas. R=0.10 con un valor total de 102 pacientes mayores de 18 años con diagnóstico de DM tipo 2, con una glucosa sérica o HbA1c en los últimos 3 meses, que aceptaron participar en el estudio, mediante la firma del consentimiento informado. Se habilito un aula dentro de la UMF N°80 donde se les aplico The Michigan Neuropathy Screening Instrument (MNSI). Este instrumento consta de dos partes. La primera parte consta de 15 preguntas con respuestas dicotómicas “Si o no” sobre la sensibilidad de los pies y la presencia de síntomas neuropáticos. La segunda parte del instrumento es un examen físico, se le solicito al paciente descubrir ambos pies primero se realizó

inspección de ambos se calificó con 1pt si presentaba alguna alteración y posteriormente valoramos la sensibilidad de ambos pies con el Monofilamento de Semme Weinstein de 10 gr en los 10 puntos de presión, solicitando al paciente cerrar los ojos y levantar la mano del lado que sintiera el estímulo, calificando con 1 pt si los 10 puntos estaban presentes, 0.5 si estaba disminuido 1 o 2 puntos de presión, 0 disminución de 3 o más puntos. Con el diapasón de 128 Hz se explicaba el procedimiento y la sensación que debía detectar en su pie, se colocó el diapasón en la base del primer metatarsiano y se calificó como 1 punto si duraba 5 segundos más, 0.5 cuando la percepción terminaba al mismo tiempo que el explorador y 0 puntos ausente y el reflejo Aquileo calificando con 1 punto presente, 0.5 pts presente con reforzamiento y 0 puntos ausente. En la segunda parte con más de 2 puntos en la escala de 10 se consideran positivos para neuropatía periférica. Los datos se capturaron y analizaron en el SPSS versión 23.0 para Windows. Se utilizaron frecuencias y porcentajes para variables cualitativas utilizamos Chi cuadrada para comparación de frecuencias y buscar relación entre neuropatía y descontrol glucémico. RHO de Spearman, para correlacionar los años de evolución y la neuropatía diabética. Se habla de significancia estadística, cuando resulte una p > 0.05. Evaluado y aprobado por el Comité Local de Ética e Investigación en Salud del IMSS (R-2022-1602-026).

RESULTADOS. El presente estudio se realizó en la Unidad de Medicina Familiar N°80 de febrero a mayo del 2023. Se analizó un total de 102 pacientes. Donde se obtuvieron los resultados expuestos a continuación. La prevalencia de neuropatía diabética en la población estudiada fue del 56%. Figura 1.

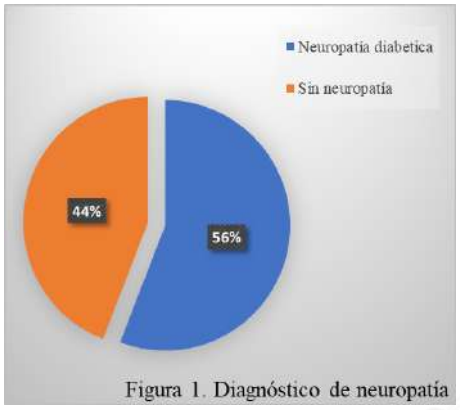


Figura 1. Diagnóstico de neuropatía

Correspondiente a 57 pacientes. No se encontró relación entre ND y sexo. (x2 = 0.711). La neuropatía se encontró mayormente entre los 56 a 65 años con 18 pacientes, seguido de 66-75 años con 16 pacientes. La ocupación más frecuente fue hogar en un 45.61%. La escolaridad más frecuente fue primaria en un 61.4%. El estado civil más prevalente es casado en un 71.17%. No se encontró relación entre estas variables y la presencia de neuropatía periférica.

La correlación en el tiempo de evolución y neuropatía diabética mediante RHO de Spearman el cual fue de 0.300, (p= 0.002). Lo cual, según Martínez et al (2009) corresponde a una correlación débil. Se observa que la neuropatía diabética puede estar presente desde los primeros 5 años del diagnóstico de DM2, aumentando con el tiempo de evolución. Figura 2 y 3.

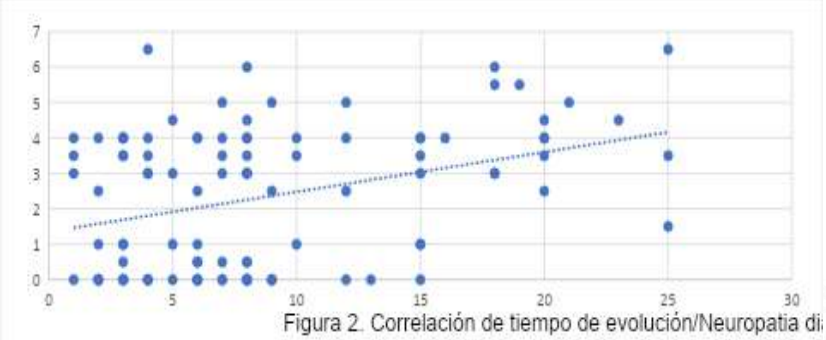


Figura 2. Correlación de tiempo de evolución/Neuropatia di

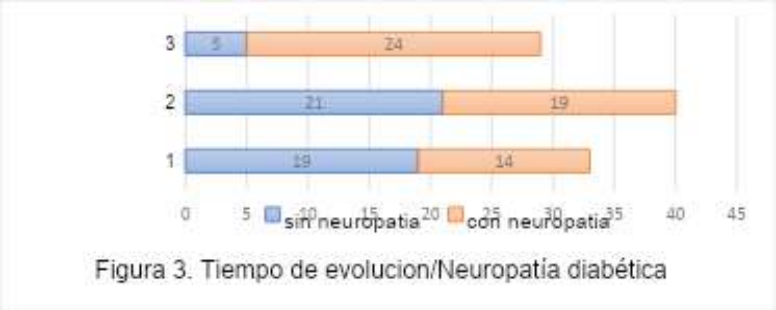


Figura 3. Tiempo de evolucion/Neuropatía diabética

Se relacionó el descontrol glucémico con la neuropatía diabética con un p valor de 0.000. Figura 4.

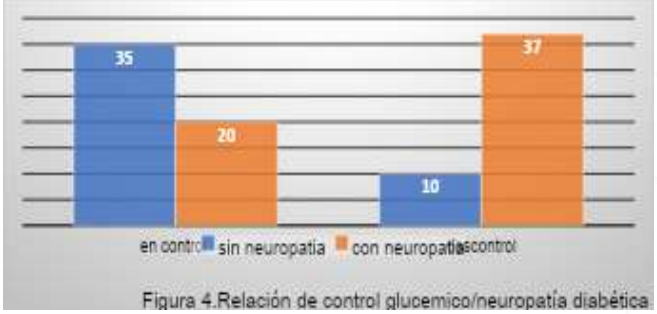


Figura 4.Relación de control glucemico/neuropatía diabética

Los síntomas neuropáticos más frecuentes fueron la hiposensibilidad y el dolor/ardor, tal como se muestra en la Tabla I

Tabla I. Síntomas de neuropatía diabética

Síntoma	Porcentaje	Frecuencia	Sig. asintótica Bilateral
Dolor y/o ardor	68%	n=39	Sig= 0.027
Hiposensibilidad	71.14%	n=40	Sig= 0.002
Hipersensibilidad	47.36%	n= 27	Sig= 0.009
Parestesias	49.12%	n=25	Sig= 0.518

Por otra parte, las anormalidades más frecuentemente encontradas en ambos pies fueron piel seca/callos y micosis. El reflejo rotuliano presente con reforzamiento fue del 14.7% en ambos pies, vibración del pie disminuida se observó en él 78.9% en pie derecho y 70.17% en el pie izquierdo, el monofilamento se encontró alterado en el 84.1% pie derecho y 91.22% en pie izquierdo.

CONCLUSIONES. Se encontró una frecuencia del 56% de neuropatía diabética. Se encontró correlación entre el tiempo de evolución y la neuropatía. Si se relacionó la presencia de neuropatía diabética con descontrol glucémico. Los síntomas más comunes de la neuropatía fueron hiposensibilidad y dolor y/o ardor. No se encontró relación entre neuropatía periférica y las variables sociodemográficas.

REFERENCIAS.

1. Rodríguez, M., & Mendoza, M. D. (2019). Factores de riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en población adulta. Barranquilla, Colombia. Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo, 6(2), 86–91. https://doi.org/10.53853/encr.6.2.482

2. Di Lorenzo R, Bruno L, Garau M, Javiel G, Ruiz ME. (2020). Prevalencia de Neuropatía Periférica en una Unidad de Diabetes. Revista Uruguaya de Medicina Interna, 05(03), 17–27. https://doi.org/10.26445/05.02.3
3. CENETEC. (2018). Diagnóstico y Tratamiento Farmacológico de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención. México, Instituto Mexicano del Seguro Social.
4. Sanchez, G. (2007). Historia de la diabetes. Gaceta Médica Boliviana, 74–78.
5. Winter, S. (2018, diciembre 3). Genética de la Diabetes Tipo 2: Factores Ambientales y Más. Healthline. https://www.healthline.com/health/es/la-diabetes-es-hereditaria
6. Vintimilla Enderica, P. F., Giler Mendoza, Y. O., Motoche Apolo, K. E., & Ortega Flores, J. J. (2019). Diabetes Mellitus Tipo 2: Incidencias, Complicaciones y Tratamientos Actuales. Análisis del comportamiento de las líneas de crédito a través de la corporación financiera nacional y su aporte al desarrollo de las PYMES en Guayaquil 2011-2015, 3(1), 26–37. https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(1).enero.2019.26-37
7. Conget, I. (2002). Diagnóstico, clasificación y patogenia de la diabetes mellitus. Revista española de cardiología, 55(5), 528–535. https://doi.org/10.1016/s0300-8932(02)76646-3
8. Asociación Latinoamericana De Diabetes. (2019). Guías ALAD sobre el Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2
9. De la Cruz V. Rivera J. Basto A. López N. Rojas R. Aguilar C. (2021). Prevalence of diabetes and glycemic control in Mexico: national results from 2018 and 2020. Salud Publica Mex, 63(6), 725–733.
10. Ramírez A, Medina Y, Iglesias M. (2020). Control glycemic and complications macro vascular in patients with diabetes mellitus type II. Invest Medicoquir, 12(1), 1–17.
11. Salinas L, Bustamante L, Trujillo V, Cuellar C. (2019). Neuropatía diabética: fisiopatología, etiología y diagnóstico. Revista de medicina e investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México, 5(2), 13–18.
12. Amelia, R., Wahyuni, A. S., & Yunanda, Y. (2019). Diabetic neuropathy among Type 2 diabetes mellitus patients at Amplas Primary Health Care in Medan City. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences, 7(20), 3400–3403. https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.433
13. Rivas Acuña, V., Mateo Crisóstomo, Y., García Barjau, H., Martínez Serrano, A., Magaña Castillo, M., & Gerónimo Carrillo, R. (2017). Evaluación integral de la sensibilidad en los pies de las personas con diabetes mellitus tipo 2. Revista CUIDARTE, 8(1), 1423. https://doi.org/10.15649/cuidarte.v8i1.348
14. Arellano Longinos, S. A., Godínez Tamay, E. D., & Hernández Miranda, M. B. (2017). Prevalencia de neuropatía diabética en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en una clínica regional del Estado de México. Atención familiar, 25(1). https://doi.org/10.22201/facmed.14058871p.2018.1.62907

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524112

FUNCIÓN DE LA VÍA AMPc-PKA EN LA FUSIÓN Y FISIÓN MITOCONDRIAL DE *Mucor lusitanicus*

César Javier Torres-Cortés[1], J. Alberto Patiño-Medina[2], Viridiana Alejandre-Castañeda[3], Joel Ramírez-Emiliano[4], Rafael Ortiz-Alvarado[5], Karla V. Castro-Cerritos[6], Adolfo López-Torres[7], Martha Isela Ramírez-Díaz[8], Víctor Meza-Carmen[9]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1211530c@umich.mx
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jpatino@umich.mx
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; viridiana.alejandre@umich.mx
2 Universidad de Guanajuato; joelramirez2244@hotmail.com
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marthaisela_ramirez@hotmail.com
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx

Palabras Clave: Metabolismo Oxidativo, Dimorfismo, Toxicidad.

RESUMEN. Mucor lusitanicus es un hongo dimórfico perteneciente al orden de los mucorales, el cual es empleado como modelo para el estudio de la diferenciación celular y la virulencia fúngica. La vía de la AMPc-PKA está altamente conservada en células eucariotas y está implicada en la regulación de procesos como ciclo celular, metabolismo de azucares y de lípidos, tráfico vesicular, entre otros procesos. En los hongos se ha descrito que participa en procesos como captación de nutrientes, morfogénesis, reproducción sexual, homeostasis mitocondrial y virulencia. El papel principal de la proteína Fzo1 es regular la fusión mitocondrial, proceso que se presenta cuando la demanda energética incrementa. Por otro lado, la proteína Dnm1 regula el proceso de fisión, la cual es necesaria para mantener un número adecuado de mitocondrias y también para el reciclamiento de estas. Se utilizaron las cepas silvestres MU636, y mutantes ΔpkaR1 y ΔpkaR3, además de la cepa mutante ΔpkaR1 sobreexpresando a los genes fzo1 y dnm1. Se evaluó el crecimiento en condiciones de aerobiosis y toxicidad del sobrenadante de las distintas cepas. Se observó que la mutante ΔpKaR1 mostró una disminución en su crecimiento y sus sobrenadantes no mostraron toxicidad con respecto a la cepa silvestre. Sin embargo, al sobreexpresar al gen fzo1 se restauró el crecimiento y la toxicidad al nivel de la cepa silvestre. La finalidad de este proyecto es la de contribuir al entendimiento del metabolismo oxidativo mitocondrial y su relación con el desarrollo micelial y virulencia en los mucorales.

INTRODUCCIÓN. M. lusitanicus es un hongo dimórfico perteneciente al orden de los mucorales, es utilizado como modelo de estudio para entender la diferenciación celular y patogenicidad de los hongos (Lax y col., 2020). M. lusitanicus puede desarrollarse por lo general como micelio en condiciones de aerobiosis a través de un aumento del metabolismo oxidativo, lo cual le confiere un fenotipo virulento (Díaz-Pérez y col., 2020). En cambio, su crecimiento en anaerobiosis conduce al desarrollo de levaduras, las cuales utilizan un metabolismo fermentativo, de fenotipo avirulento (Patiño-Medina y col., 2018). La vía de la AMPc-PKA es una de las vías más importantes y conservadas en eucariotas ya que se encarga de regular procesos tales como el ciclo celular, el metabolismo de lípidos y azucares, el citoesqueleto, el tráfico vesicular, entre otros (Shabb 2001). Por otra parte, en hongos quien ha sido asociada con la regulación de procesos como la detección de nutrientes, la morfogénesis, la reproducción sexual, la homeostasis mitocondrial y la virulencia (Choi y col., 2015). La dinámica mitocondrial es un proceso complejo

y que está conformado por cuatro fases importantes. 1) La biogénesis mitocondrial, la cual es mediada por el complejo HAP, este proceso genera el aumento del número de mitocondrias cuando existe una demanda energética; 2) la fusión mitocondrial, quien es regulada principalmente por la GTPasa de la membrana externa mitocondrial Fzo1, en este proceso las mitocondrias se fusionan para generar "supermitocondrias" cuando se necesita aumentar la demanda energética; 3) la fisión mitocondrial, que es mediada principalmente por la GTPasa relacionada con la dinamina (Dnm1), es el proceso mediante el cual las mitocondrias se dividen y dicho proceso se asocia cuando la demanda energética ha sido satisfecha, además es esencial para mantener un número adecuado de mitocondrias durante el crecimiento y división celular, puede conducir a la última fase de la dinámica mitocondrial; 4) En Schizosaccharomyces pombe, la mitofagia, proceso mediante el cual las mitocondrias son degradadas y recicladas de manera selectiva, es regulado principalmente por la proteína Atg24 (Mao y Chen 2019, Youle y van der Bliek., 2012, Zhao y col., 2016).

ANTECEDENTES. En M. lusitanicus la vía de señalización AMPc-PKA participa en el crecimiento, desarrollo y virulencia (Ocampo y col., 2009, Alejandre-Castañeda y col., 2022). M. lusitanicus posee cuatro subunidades regulatorias (PkaR1-PkaR4) y diez subunidades catalíticas (PkaC1-PkaC10) (Ocampo y Col., 2012, Fernández-Núñez y Col., 2016). Además, en M. lusitanicus el incremento de AMPc intracelular conduce a un metabolismo fermentativo y estimula el crecimiento levaduriforme (Vellanky y col., 2020). En S. pombe, se ha demostrado que la mutación del gen fzo1 causa fragmentación mitocondrial y disminución del crecimiento en presencia de una fuente de carbono no fermentable, como el glicerol, lo que refleja una disminución en la función respiratoria (Shang y col., 2020). Por otro lado, en nuestro grupo de trabajo se reportó que la sobreexpresión del gen fzo1 en la cepa silvestre MU636 de M. lusitanicus (MU636+fzo1wt), llevó a un retraso en la germinación de levaduras en anaerobiosis, con respecto a la cepa silvestre. Por otro lado, la sobreexpresión del gen dnm1 (MU636+dnm1wt) favoreció la germinación de levaduras con respecto a la cepa silvestre (Patiño-Medina., 2022).

OBJETIVO. Conocer la participación de la vía AMPc-PKA en los procesos de fusión y fisión mitocondrial y su implicación en el crecimiento de M. lusitanicus.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para evaluar el crecimiento en aerobiosis, se utilizó medio mínimo liquido YNB (Yeast Nitrogen Base) adicionado con glucosa al 2% como fuente de carbono fermentable y con glicerol 111 mM como fuente de carbono no fermentable. Se colocaron 10 mL del medio de cultivo en matraces Erlenmeyer de 125 ml, inoculando cada uno con 5x105 de esporas por mL de cada cepa. Los cultivos se incubaron a una temperatura de 28oC a 150 rpm durante 8 horas, tomando una alícuota cada dos horas. Cada muestra se observó al microscopio y se contaron 100 células totales (esporas hinchadas y células germinadas).

RESULTADOS. Para estudiar el papel de la fusión y fisión mitocondrial en el crecimiento de *M. lusitanicus* se utilizaron la cepa silvestre MU636 (WT) y dos cepas isogénicas a la WT, las cuales sobreexpresan al gen *fzo1* y al gen *dnm1* (MU636*fzo1*$^{O/E}$ y MU636*dnm1*$^{O/E}$). La germinación de cada cepa se determinó mediante una cinética de crecimiento de ocho horas en medio mínimo YNB liquido suplementado con una fuente de carbono fermentable (2% de glucosa) o una fuente de carbono no fermentable (glicerol 111 mM). Se observó que la glucosa en el medio no alteró significativamente la germinación de las

cepas sobreexpresantes en comparación con la WT. Sin embargo, al usar el medio enriquecido con glicerol, se observó que la cepa sobrexpresante en *fzo1* germinó más que la WT, lo que sugiere que su metabolismo oxidativo mitocondrial podría haber aumentado. Sin embargo, al compararla con la WT, la cepa que sobreexpresa el gen *dnm1* no mostró ninguna diferencia significativa (Fig.1).

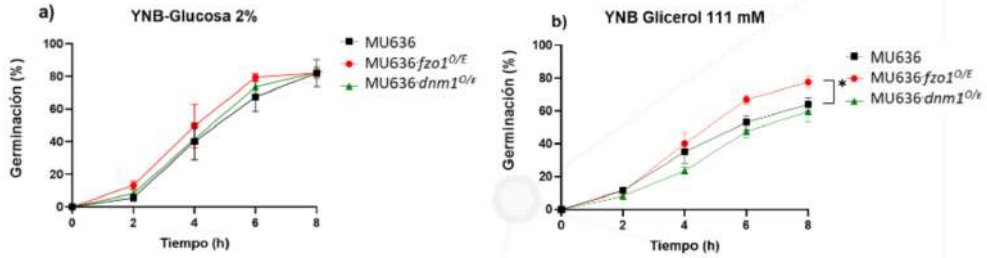


Figura 1: Porcentaje de germinación de las cepas MU636·fzo1$^{O/E}$ y MU636·dnm1$^{O/E}$ en MU636 en presencia de distintas fuentes de carbono. *Se inocularon 5x10^5 esporas por mL de medio de cultivo de las cepas WT, MU636·fzo1$^{O/E}$ y MU636·dnm1$^{O/E}$. Se realizó la germinación durante 8 horas en agitación a 150 rpm a 28ºC en* ***a)*** *medio YNB liquido suplementado con 2% de glucosa y* ***b)*** *en medio YNB liquido con glicerol 111 mM. se muestra el promedio de tres experimentos independientes n=3. Las barras corresponden al error estándar, análisis de varianza ANOVA de una vía, Fisher, *p<0.05. Los asteriscos representan diferencia significativa entre las condiciones evaluadas.*

Con la finalidad de demostrar el metabolismo oxidativo mitocondrial en las mutantes Δ*pkaR1* y Δ*pkaR3*, se evaluó su germinación en las dos condiciones diferentes descritas anteriormente. Se observó que, en el medio adicionado con glucosa, la mutante *ΔpkaR1* presentó una germinación disminuida alrededor del 20% al 30% con respecto a los niveles de germinación de la cepa WT. Mientras que la cepa *ΔpkaR3* mostró un nivel de germinación similar a la cepa WT. En cambio, en el medio de cultivo adicionado con glicerol, la mutante *ΔpkaR1* presentó una germinación disminuida del 35% al 40% con respecto a los niveles de la cepa WT, por el contrario, la cepa *ΔpkaR3* mostró un mayor nivel de germinación alrededor del 10 al 15% con respecto a los de la cepa WT. Estos datos sugieren que la cepa *ΔpkaR1* podría tener disminuido el metabolismo oxidativo mitocondrial, mientras que la cepa *ΔpkaR3* podría tener aumentado el metabolismo oxidativo mitocondrial (Fig. 2).

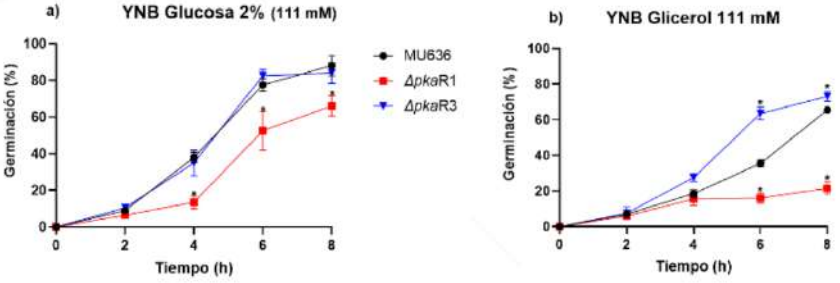


Figura 2: Porcentaje de germinación de las cepas mutantes en presencia de distintas fuentes de carbono *Se inocularon 5x10^5 de esporas por mL de medio de la cepa WT y de las cepas mutantes, germinando por 8 horas en agitación a 150 rpm a 28oC. a) En medio YNB liquido suplementado con 2% de glucosa. b) En medio YNB liquido adicionado con glicerol 111 mM. Se muestra el promedio de tres experimentos independientes, n=3. Las barras corresponden al error estándar, análisis de varianza ANOVA de una vía, Dunnett, *p<0.05. Los asteriscos representan diferencia significativa entre las condiciones evaluadas.*

Con la finalidad de evaluar la participación de la subunidad regulatoria PkaR1 en la fusión y fisión mitocondrial y su implicación en el crecimiento de *M. lusitanicus* se evaluó la germinación de la cepa WT, la cepa mutante *ΔpkaR1 y* las cepas mutantes *ΔpkaR1* sobreexpresando a los genes *fzo1 y dnm1* (*ΔpkaR1·fzo1*$^{O/E}$ *ΔpkaR1·dnm1*$^{O/E}$) en las condiciones de cultivo descritas anteriormente. En presencia de glucosa, la cepa mutante *ΔpkaR1* y las cepas sobreexpresantes *ΔpkaR1·fzo1*$^{O/E}$ *ΔpkaR1·dnm1*$^{O/E}$ mostraron al final del experimento, niveles menores de germinación alrededor del 20% al 40%, en comparación con los niveles registrados en la cepa WT. En cambio, al evaluar la germinación en un medio conteniendo glicerol, se observó que la cepa sobreexpresante *ΔpkaR1·fzo1*$^{O/E}$ mostró al final del experimento un nivel similar de germinación a aquellos niveles observados en la cepa WT. La cepa sobreexpresante *ΔpkaR1·dnm1*$^{O/E}$ mostró niveles de germinación similares a los de la cepa mutante *ΔpkaR1*, la cual mostró un nivel menor de germinación en un 20% con respecto al nivel de la cepa WT (Fig.3).

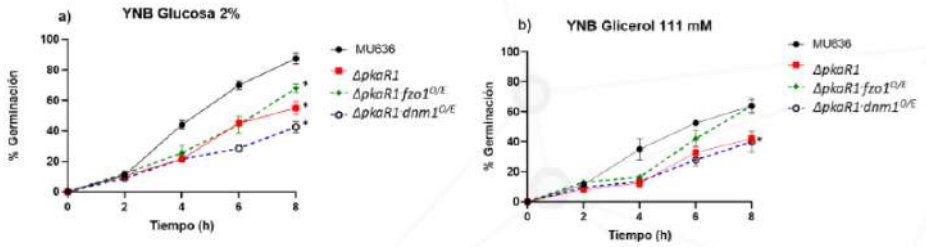


Figura 3: Porcentaje de germinación de las cepas ΔpkaR1·fzo1$^{O/E}$ y ΔpkaR1·dnm1$^{O/E}$ en presencia de distintas fuentes de carbono. *Se inocularon 5x10^5 de esporas por mL de medio de la cepa WT y de las cepas ΔpkaR1·fzo1$^{O/E}$ y ΔpkaR1·dnm1$^{O/E}$. La germinación se realizó por 8 horas en agitación constante a 150 rpm a 28ºC en a) medio YNB liquido suplementado al 2% de glucosa y b) en medio YNB liquido adicionado con glicerol 111 mM. Se muestra el promedio de tres experimentos independientes, n=3. Las barras corresponden al error estándar, análisis de varianza ANOVA de una vía, Fisher, *p<0.05. Los asteriscos representan diferencia significativa entre las condiciones evaluadas.*

CONCLUSIONES. La sobreexpresión del regulador del proceso de fusión mitocondrial (Fzo1) aumentó el metabolismo oxidativo mitocondrial de la cepa WT de M. lusitanicus. Además, la sobreexpresión de fzo1 en ΔpkaR1, cepa que muestra disminución del metabolismo oxidativo mitocondrial, restauró su crecimiento en presencia de una fuente de carbono no fermentable, sugiriendo que la fusión mitocondrial podría estar siendo regulada negativamente por la vía AMPc-PKA a través de PkaR1.

REFERENCIAS.

2. Lax C, Tahiri G, Patiño-Medina JA, Cánovas-Márquez JT, Pérez-Ruiz JA, Osorio-Concepción M, Navarro E, Calo S (2020a) The Evolutionary Significance of RNAi in the Fungal Kingdom. Int J Mol Sci. 21(24):9348.
3. Díaz-Pérez SP, Patiño-Medina JA, Valle-Maldonado MI, López-Torres A, Jácome-Galarza IE, Anaya-Martínez V, Gómez-Ruiz V, Campos-García J, Nuñez-Anita RE, Ortiz-Alvarado R, Ramírez-Díaz MI, Gutiérrez-Corona JF, Meza-Carmen V (2020) Alteration of Fermentative Metabolism Enhances Mucor circinelloides Virulence. Infect Immun. 88(2):e00434-19.
4. Patiño-Medina JA, Maldonado-Herrera G, Pérez-Arques C, Alejandre-Castañeda V, Reyes-Mares NY, Valle-Maldonado MI, Campos-García J, Ortiz-Alvarado R, Jácome-Galarza IE, Ramírez-Díaz MI, Garre V, Meza-Carmen V (2018) Control of morphology and virulence by ADP-ribosylation factors (Arf) in Mucor circinelloides. Curr Genet. 64(4):853-869.
5. Choi J, Jung WH, Kronstad JW (2015) The cAMP/protein kinase A signaling pathway in pathogenic basidiomycete fungi: Connections with iron homeostasis. J Microbiol. 53(9):579-87
6. Mao Y, Chen C. (2019). The Hap Complex in Yeasts: Structure, Assembly Mode, and Gene Regulation. Frontiers in microbiology. 10, 1645.

7. Youle RJ, van der Bliek AM (2012) Mitochondrial fission, fusion, and stress. Science. 337(6098):1062-5
8. Vellanki S, BillmyreRB, Lorenzen A, Campbell M, Turner B, Huh EY, Heitman J, Lee SC (2020) A Novel Resistance Pathway for Calcineurin Inhibitors in the Human-Pathogenic Mucorales Mucor circinelloides. mBio. 11(1):e02949-19.
9. Alejandre-Castañeda V, Patiño-Medina, JA, Valle-Maldonado MI, Nuñez-Anita RE, Santoyo G, Castro-Cerritos KV, Ortiz-Alvarado R, Corrales-Escobosa AR, Ramírez-Díaz MI, Gutiérrez-Corona JF, López-Torres A, Garre V, Meza-Carmen V (2022) Secretion of the siderophore rhizoferrin is regulated by the cAMP-PKA pathway and is involved in the virulence of Mucor lusitanicus. Sci Rep 12, 10649
10. Ocampo J, Fernandez Nuñez L, Silva F, Pereyra E, Moreno S, Garre V, Rossi S (2009) A subunit of protein kinase a regulates growth and differentiation in the fungus Mucor circinelloides. Eukaryot Cell. 8(7):933-44.
11. Patiño Medina, J.A., Determinación de la vía de señalización que activa a la proteína Arf2 de Mucor circinelloides durante el crecimiento levaduriforme. Tesis de doctorado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 111pp.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524113

DILUCIDACIÓN DE LA FUNCIÓN DE LOS FACTORES DE ADP-RIBOSILACIÓN Arf3 y Arl1 EN EL METABOLISMO OXIDATIVO MITOCONDRIAL Y VIRULENCIA MEDIADA POR RIZOFERRINA EN *Mucor lusitanicus*

Sergio Montoya-Montoya[1], Viridiana Alejandre-Castañeda[2], J. Alberto Patiño-Medina[3], Rafael Ortiz-Alvarado[4], Karla V. Castro-Cerritos[5], Adolfo Lopez-Torres[6], Martha Isela Ramirez-Diaz[7], Víctor Meza-Carmen[8]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2251602c@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; viridiana.alejandre@umich.mx

3 Johns Hopkins University; jpatino@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.ortiz@umich.mx

5 Universidad Papaloapan; karlacastro869@gmail.co

6 Universidad Papaloapan; adolfo_lopez_torres@hotmail.com

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.ramirez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx

Palabras Clave: dimorfismo, mucormicosis, sideróforo, fusión, mitocondria.

RESUMEN. La mucormicosis es una infección fúngica de escasa incidencia, pero mortal, causada por algunos hongos del orden de los Mucorales. Dicha infección afecta a pacientes inmunocomprometidos, como personas con trasplantes de órganos, diabetes mellitus tipo 2 asociada a cetoacidosis diabética, entre otros. Mucor lusitanicus es un modelo biológico para comprender las bases moleculares de esta micosis; M. lusitanicus es un hongo dimórfico, cuyas esporas pueden crecer como levaduras las cuales muestran un metabolismo fermentativo y un fenotipo no virulento, o puede crecer como micelio, el cual se asocia a un metabolismo oxidativo y de fenotipo virulento. La enzima Rfs sintetiza el sideróforo rizoferrina, que es considerado un factor de virulencia secretable de M. lusitanicus, la síntesis del sideróforo involucra el metabolismo mitocondrial. Se ha demostrado que las proteínas Arf y Arl son cruciales en procesos, como la biogénesis de vesículas, además de participar en la dinámica mitocondrial. Se usaron mutantes en los genes arf3, arl1 y rfs, así como las dobles mutantes Δarf3/Δrfs y Δarl1(+)(-)/Δrfs. El objetivo de este trabajo fue evaluar la participación del producto del gen arf3 y arl1 en la virulencia conferida por rizoferrina a través de la fusión mitocondrial; el conocimiento generado permitirá comprender mejor la mucormicosis. Usando al nematodo Caenorhabditis elegans en ensayos de toxicidad frente al sobrenadante libre de células postcultivo (SS) de las cepas Δarf3/Δrfs y Δarl1(+)(-)/Δrfs, se observó la anulación total y parcial de la toxicidad, respectivamente mientras que la secreción de rizoferrina se suprimió por completo en ambos casos, contrario a lo observado en las mutantes sencillas.

INTRODUCCIÓN. Las infecciones causadas por hongos han cobrado importancia, debido a su riesgo potencial; como es el caso de la mucormicosis la cual es una infección poco común pero mortal, esta es causada por algunos hongos pertenecientes al orden de los Mucorales. Esta infección afecta principalmente a personas cuyo sistema inmunológico se encuentra

comprometido o suprimido; por ejemplo, aquellos pacientes con trasplantes de órganos o cetoacidosis diabética (Montaño y col., 2020). M. lusitanicus ha sido utilizado como un modelo biológico para comprender esta micosis porque ha permitido generar conocimiento y extrapolarlo en otros organismos relacionados. En M. lusitanicus es posible realizar manipulaciones genéticas como la interrupción y el silenciamiento de genes para demostrar por perdida de sus funciones la relevancia biológica de los mismos. Se ha descrito que parte del fenotipo virulento en M. lusitanicus involucra la participación de las proteínas Arf3 y Arl1, las cuales son miembros de la familia Arf (Factor de ADP-ribosilación). La mutación de los genes correspondientes generó un aumento en la virulencia del hongo, mediante el aumento de la secreción de moléculas de carácter toxico (Patiño-Medina y col., 2018). En el mismo sentido, fue identificada la molécula de rizoferrina, la cual es un sideróforo secretado, quien actúa como un factor de virulencia en M. lusitanicus (Alejandre-Castañeda y col., 2022). La síntesis de rizoferrina está ligada a un metabolismo oxidativo mitocondrial debido a que el citrato y putrescina son los sustratos para su síntesis. Las cepas Δarf3 y Δarl1(+)(-) aumentaron la acumulación del ARNm del gen rfs, cuyo producto participa en la síntesis de rizoferrina. Entender la participación de las proteínas Arf3 y Arl1 en la posible síntesis de rizoferrina generara conocimiento en la regulación de la virulencia, así como la identificación de nuevos blancos moleculares potenciales para el tratamiento de infecciones oportunistas causadas por Mucorales.

ANTECEDENTES. En M. lusitanicus se han identificado cuatro distintas proteínas Arf (Arf1 a Arf4) y dos proteínas Arl (Arl1 y Arl2) (Patiño-Medina y col., 2018, 2019). Las proteínas Arf son reguladores clave del proceso de tráfico vesicular, además del crecimiento y la virulencia en los hongos (Labbaoui y col., 2017). La deleción de los genes arf3 y arl1 en M. lusitanicus aumentó la secreción de moléculas al sobrenadante de cultivo (producido en YPG), lo que generó el aumento de la toxicidad frente al nematodo C. elegans (Patiño-Medina y col., 2018, 2019). La molécula secretada reveló tener un peso molecular menor a los 3 kDa. Además, mostró una estructura relacionada a una proteína, ya que la toxicidad del SS de las cepas Δarf3 y Δarl1(+)(-) fue anulada posterior al tratamiento con una proteasa (Patiño-Medina y col., 2018, 2019). Se ha reportado que la rizoferrina, secretada al medio de cultivo y susceptible a la actividad de proteasas, actúa como un factor de virulencia (Alejandre-Castañeda y col., 2022). La enzima péptido sintetasa no ribosomal Rfs, sintetiza el sideróforo rizoferrina utilizando citrato y putrescina como sustratos (Carroll y col., 2017), lo que indica que el metabolismo oxidativo mitocondrial está involucrado en la síntesis de esta molécula. Además, mediante análisis de RT-qPCR en tiempo real, se determinó un aumento en la acumulación del transcrito del gen rfs en la cepa Δarf3 y Δarl1(+)(-) respecto a la cepa silvestre (Alejandre-Castañeda 2020). Los niveles de ARNm de rfs en M. lusitanicus aumentan durante el estrés oxidativo, la ausencia de Fe2+ y la infección de ratones. El objetivo principal de este trabajo fue conocer la posible relación entre la virulencia dependiente del metabolismo oxidativo mitocondrial y la producción de rizoferrina reguladas por las proteínas Arf3 y Arl1 a través de la fusión mitocondrial en M. lusitanicus.

OBJETIVO. Dilucidar la función de los factores de ADP-ribosilación Arf3 y Arl1 en la regulación del metabolismo oxidativo mitocondrial y virulencia mediada por rizoferrina en M. lusitanicus.

MATERIALES Y MÉTODOS. Producción de SS: se colocaron 5 millones de esporas de cada una de las cepas MU636, Δrfs, Δarf3, Δarf3/Δrfs, Δarl1(+)(-), Δarl1(+)(-)/Δrfs y MU636·rfsO/E en 10 ml de los medios de cultivo líquidos YNB (medio mínimo) al 0.1 % de glucosa, YPG (medio rico) al 6 % de glucosa, se suplementaron con KCN (0.5 mM) cuando fue necesario y se sometieron a

agitación constante de 150 rpm a 28°C en condiciones aerobias por 48 horas. Una vez concluido el tiempo de agitación, los medios de cultivo fueron filtrados (filtros con tamaño de poro de 3 µm) en condiciones de esterilidad para recuperar los respectivos SS. Ensayos de toxicidad: una vez obtenidos los SS, se colocaron 200 µL de cada uno de ellos en placas de 96 pozos, posteriormente se colocaron de 15 a 20 nematodos de la cepa N2 de C. elegans los cuales fueron incubados a 18°C, finalmente se evaluó la toxicidad de los SS al contabilizar la muerte de los nematodos cada 12 h durante 72 h. Cuantificación de rizoferrina: La cuantificación relativa de rizoferrina en el SS obtenido del crecimiento micelial de las diferentes cepas cultivadas en YNB-0.1% se realizó mediante cromatografía líquida de ultra rendimiento acoplada con espectrometría de masas de tiempo de cuadrupolo de ionización por electropulverización (UPLC-ESI-TOF–MS).

RESULTADOS. Con el objetivo de demostrar si la virulencia de las cepas Δ*arf3* y Δ*arl1*$^{(+)(-)}$ involucraba un aumento en la síntesis y secreción de rizoferrina, se generaron las dobles mutantes Δ*arf3*/Δ*rfs* y Δ*arl1*$^{(+)(-)}$/Δ*rfs* con el objetivo de poder entender la posible regulación de Arf3 y Arl1 respecto a Rfs en el contexto de la virulencia. Para lo cual, las diferentes cepas se germinaron en condiciones aeróbicas en medio mínimo YNB al 0.1% de glucosa (el cual es un medio que estimula el metabolismo oxidativo mitocondrial) y en YPG al 6% de glucosa (medio que promueve el metabolismo fermentativo ya que este hongo es Crabtree positivo). Además, se evaluó la toxicidad en *C. elegans* de los SS obtenidos posterior a 48 h de crecimiento. Se observó que el SS proveniente de YNB-0.1% de la cepa Δ*arf3* y Δ*arl1*$^{(+)(-)}$ generaron una mortalidad en aproximadamente el 80% de la población de nematodos, mientras que los SS de la cepas Δ*rfs* y Δ*arf3*/Δ*rfs* perdió notablemente la toxicidad, mientras que el SS de la cepa Δ*arl1*$^{(+)(-)}$/Δ*rfs* tuvo una reducción parcial de esta respecto a la cepa silvestre (Fig. 1A). Cuando las diferentes cepas se crecieron en YPG-6%, todos los SSs mostraron una baja toxicidad (Fig. 1B). Con estos datos en conjunto se sugiere que el gen *rfs* tiene una función importante en la virulencia, no solo en la cepa silvestre, sino también en las cepas Δ*arf3*, mientras que en la cepa Δ*arl1*$^{(+)(-)}$ podría existir alguna otra molécula o moléculas participando en la toxicidad. Además, estos fenotipos están regulados positivamente por un metabolismo oxidativo mitocondrial activo, ya que el aumento de la glucosa en el cultivo disminuyó la toxicidad del SS de todas las cepas, el aumento de la concentración de glucosa estimula el metabolismo fermentativo y puede ejercer una regulación positiva del fenotipo avirulento a través de la vía AMPc-PKA.

Con el objetivo de demostrar que la mutación en *arf3* y *arl1* incrementa los niveles de acumulación de rizoferrina en el SS, se llevó a cabo la cuantificación relativa de rizoferrina por cromatografía liquida acoplada a espectrometría de masas (UPLC-ESI-TOF-MS). Para lo cual se produjeron los SSs en YNB-0.1% suplementado o no con una concentración subinhibitoria de 0.5 mM de KCN (inhibidor del flujo de electrones en la cadena respiratoria) para *M. lusitancius*. En la cepa mutante del gen *rfs* no se detectó la acumulación de rizoferrina, mientras que la sobreexpresión de *rfs* en el fondo genético silvestre aumentó hasta 10 veces los niveles de rizoferrina respecto a la cepa silvestre. Interesantemente, la deleción del gen *arf3* generó la acumulación de rizoferrina en ~12 veces más, mientras que la perdida de *arl1* generó un incremento de ~9 veces más en la acumulación del sideróforo respecto a los niveles detectados en la cepa silvestre, por otro lado, en las dobles mutantes Δ*arf3*/Δ*rfs* y Δ*arl1*$^{(+)(-)}$/Δ*rfs* no se observó acumulación de rizoferrina (Fig. 2A). Finalmente, al adicionar KCN, la acumulación de rizoferrina disminuyó en el SS de todas las cepas (Fig. 2B). Estos datos en conjunto demuestran que la toxicidad de los SSs de Δ*arf3* y Δ*arl1*$^{(+)(-)}$ está conferida en gran medida por rizoferrina, sugiriendo que el metabolismo oxidativo mitocondrial es necesario en el aumento de dicha virulencia.

Finalmente, resultó interesante analizar el patrón de expresión de los genes de fusión (*fzo1*) y fisión (*dnm1*) mitocondrial en las distintas cepas, para ello se cuantificó el transcrito de estos

genes mediante RT-qPCR en las cepas Δ*arf3* y Δ*arl1*$^{(+)(-)}$ observando un incremento de los niveles de ARNm del gen *fzo1* (Fig. 3A) y una disminución de estos niveles para el gen *dnm1* (Fig. 3B) en ambas cepas mutantes respecto a la cepa silvestre. Adicionalmente mediante un estudio *in silico* se analizaron las secuencias aminoacídicas de Arf3, Arl1 y Rfs para encontrar posibles péptidos señal de direccionalidad a mitocondria, encontrando que Arf3 presentaba tres (posiciones 5-9, 9-13 y 78-82) y Arl1 dos (posiciones 9-13 y 77-81) secuencias de reconocimiento para TOM20 (translocasa de la membrana externa mitocondrial) (Tabla 1), estos datos en conjunto sugieren que Arf3 y Arl1 podrían regular negativamente el metabolismo oxidativo mitocondrial a través de la represión de la fusión mitocondrial en *M. lusitanicus.*

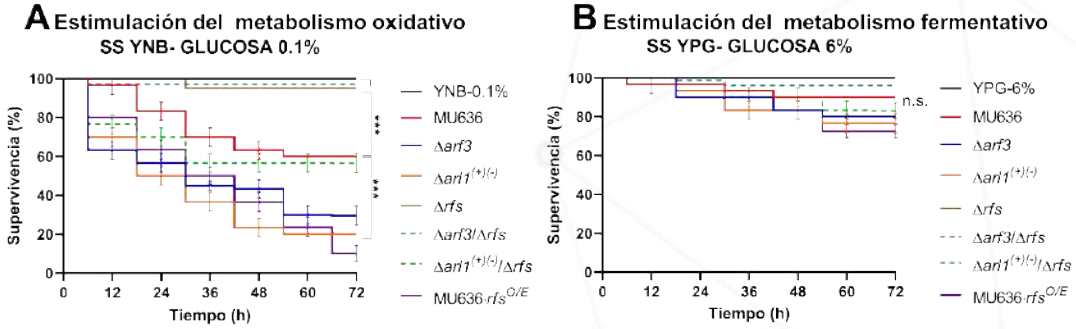


Figura 1. Participación de Arf3, Arl1 y Rfs en la toxicidad de los SS obtenidos posterior a la estimulación del metabolismo oxidativo mitocondrial y fermentativo de M. lusitanicus. *Se analizó la toxicidad de los SSs de las diferentes cepas provenientes del crecimiento micelial posterior a 48 h en los medios A) YNB-0.1 % y B) YPG-6 %. El SS se puso en contacto con el nematodo C. elegans (15-20 nematodos por pocillo). Se realizaron tres experimentos independientes, las barras corresponden al error estándar. Los datos se analizaron con la prueba Mantel-Cox ***p<0.001.*

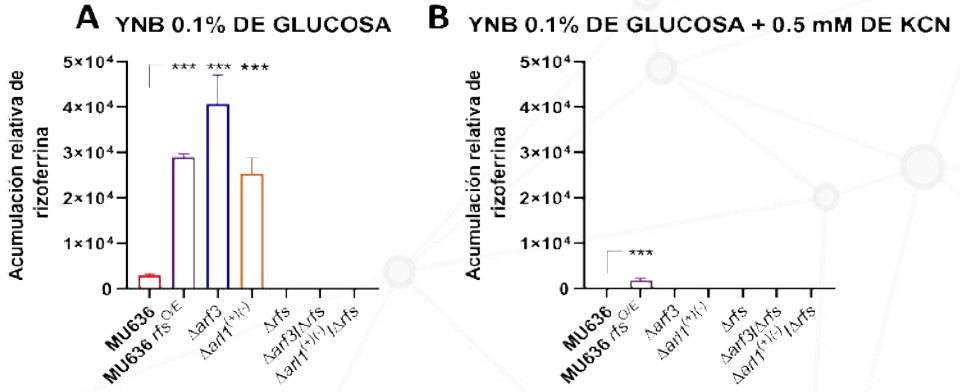


Figura 2. Acumulación de rizoferrina en la cepa Δarf3 y Δarl1$^{(+)(-)}$ de M. lusitanicus. *A) Los SSs obtenidos de MU636·rfs$^{O/E}$, Δarf3 y Δarl1$^{(+)(-)}$ y mostraron 10, 12 y 9 veces más acumulación de rizoferrina respectivamente que el SS de la cepa silvestre mientras que los SSs de las cepas Δrfs, Δarf3/Δrfs y Δarl1$^{(+)(-)}$/Δrfs no mostraron acumulación de rizoferrina. B) La acumulación de rizoferrina disminuyó en los SS de todas las cepas al adicionar 0.5 mM de KCN al medio de cultivo. Se muestra el promedio de tres experimentos independientes, n= 3. Las barras corresponden al error estándar, análisis de varianza ANOVA de una vía, prueba de comparación de medias Dunnett, ***p<0.001.*

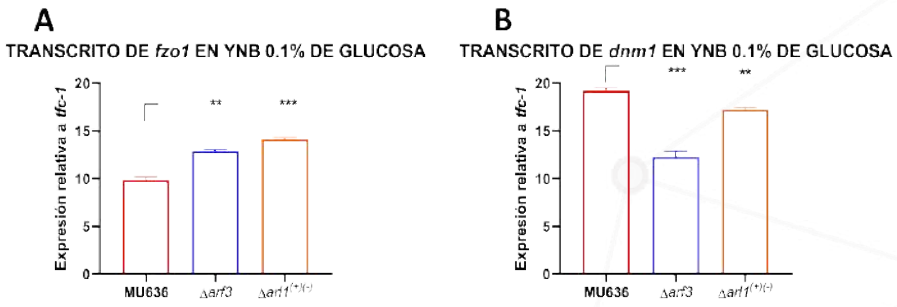


Figura 3. Análisis de acumulación de transcrito de fzo1 y dnm1 en la mutante Δarf3 y Δarl1(+)(-) de M. lusitanicus. *Se aisló el ARN total de micelio de 12 h producido en agitación constante (150 rpm) de la cepa Δarf3 de M. lusitanicus, con el cual se cuantificó el ARNm del gen fzo1 (A) y del gen dnm1 (B), se usó el gen tfc-1 como gen de referencia. Se realizó un análisis de tipo Δct para la comparación de los niveles de transcrito, n= 3. Se muestra el promedio de tres experimentos independientes. Las barras corresponden al error estándar, análisis de varianza ANOVA de una vía, prueba de comparación de medias Dunnett, **p<0.05 y ***p<0.01.*

Péptidos señal de direccionalidad a mitocondria
Arf3
MGANLSKALSKMFGSKEMRILMLGLDAAGKTTILYKLKLNQSVTTIPTVGFNVESVTYKNVKFNVWDVGGQDKIRNLWRHYYTGTQGLIFVI (5-9) (9-13) (78-82)
Arl1
MGALFSSLFSKLWGEKEVRILILGLDGAGKTTILYRLQIGEVVSTIPTIGFNVETVTYKNIKFQVWDLGGQTSIRPYWRCYYSNTDAVIYVVDSVDKDRM (9-13) (77-81)
Rfs
No se identificaron secuencias de direccionalidad a mitocondria.

Tabla 1. *Análisis de la búsqueda de péptidos señal de direccionalidad a mitocondria en la secuencia proteica de Arf3, Arl1 y Rfs de M. lusitanicus*

El guion debajo de las letras (en color azul para Arf3 y color naranja para Arl1) indica la péptida señal, entre paréntesis se indica la posición de inicio y termino de los aminoácidos del péptida señal.

CONCLUSIONES. Las proteínas Arf3 y Arl1 regulan negativamente la secreción de rizoferrina, probablemente mediante la represión de la fusión mitocondrial en M. lusitanicus.

REFERENCIAS.

6. Alejandre-Castañeda, V.; Patiño-Medina, J. A.; Valle-Maldonado, M. I.; Nuñez-Anita, R. E., Santoyo, G.; Castro-Cerritos, K. V.; Ortiz-Alvarado, R.; Corrales-Escobosa, A. R.; Ramírez-Díaz, M. I.; Gutiérrez-Corona, J. F.; López-Torres, A.; Garre, V.; Meza-Carmen, V. (2022). Secretion of the siderophore rhizoferrin is regulated by the cAMP-PKA pathway and is involved in the virulence of Mucor lusitanicus. Scientific reports, 12(1), 10649.
7. Carroll, C. S.; Grieve, C. L.; Murugathasan, I.; Bennet, A. J.; Czekster, C. M.; Liu, H., Naismith, J. y Moore, M. M. (2017). The rhizoferrin biosynthetic gene in the fungal pathogen Rhizopus delemar is a novel member of the NIS gene family. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 89, 136–146.
8. Labbaoui, H.; Bogliolo, S.; Ghugtyal, V.; Solis, N.V.; Filler, S.G.; Arkowitz R.A. y Bassilana, M. (2017). Role of Arf GTPases in fungal morphogenesis and virulence. PLoS Pathog. 13(2):e1006205.
9. Patiño-Medina, J.A.; Maldonado-Herrera, G.; Pérez-Arques, C.; Alejandre- Castañeda, V.; Reyes-Mares, N.Y.; Valle-Maldonado, M.I.; Campos-García, J.; Ortiz- Alvarado, R.; Jácome-Galarza, I.E.; Garre, V. y Meza-Carmen, V. (2018). Control of morphology and virulence by ADP-ribosylation factors (Arf) in Mucor circinelloides. Current Genetic. 64(4):853-869.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524114

PARTICIPACIÓN DEL GEN arf2 EN LA PERCEPCIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL DE

Kassandra González-Gómez[1], Viridiana Alejandre-Castañeda[2], Rafael Ortiz-Alvarado[3], Martha Isela Ramírez-Díaz[4], J. Alberto Patiño-Medina[5], Víctor Meza-Carmen[6]

1. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1907927q@umich.mx*
2. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; viridiana.alejandre@umich.mx*
3. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rafael.ortiz@umich.mx*
4. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.ramirez@umich.mx*
5. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jpatino@umich.mx*
6. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx*

Palabras Clave: Proteínas Arf, Quorum, Virulencia.

RESUMEN. La percepción de la densidad poblacional (Quorum sensing) es un sistema de regulación dependiente de la acumulación en el medio extracelular de moléculas señal, hasta que las mismas alcanzan cierto umbral y generan una respuesta fisiológica determinada. Este sistema regula diversos procesos entre ellos la virulencia y el dimorfismo en algunos hongos. El hongo Mucor lusitanicus es un mucoral dimórfico y un modelo de estudio para entender procesos de diferenciación celular y patogénesis fúngica, en donde se ha descrito la participación de las proteínas de la familia Arf como reguladores de estos procesos. Se ha demostrado que M. lusitanicus secreta moléculas al medio con potencial de ser reguladores del “quorum sensing” afectando procesos como la esporulación y la germinación aerobia; siendo la proteína Arf2 necesaria para la percepción de estas moléculas. Con el objetivo de evaluar el grado de toxicidad de los sobrenadantes post cultivo generados a partir de diferentes concentraciones de inoculo de las cepas silvestre y la cepa mutante Δarf2, se realizaron ensayos de toxicidad usando al nemátodo Caenorhabditis elegans. Los resultados mostraron que la concentración del inoculo altera el fenotipo de virulencia en la cepa silvestre; sin embargo, en la cepa mutante no afecta su fenotipo avirulento, sugiriendo que la densidad poblacional es un factor que influencia los posibles factores de virulencia secretables en la cepa silvestre, y aparentemente es necesaria la proteína Arf2 en M. lusitanicus en este proceso.

INTRODUCCIÓN. El quorum sensing (QS) es un mecanismo de comunicación que les ha permitido a los microorganismos llevar a cabo diferentes procesos biológicos, los cuales van desde la adecuada adaptación a su entorno, hasta la patogenicidad y virulencia de estos (Mallick y Bennett, 2013). Este fenómeno de detección es basado en la interacción entre moléculas de señalización de bajo peso molecular con proteínas activadoras transcripcionales. Las moléculas de detección quórum (QSM) afectan la patogenicidad de los hongos, actuando como factores de virulencia que reprograman la respuesta inmune y promueven la colonización y las infecciones (Albuquerque y Casadevall, 2012). El hongo dimórfico M. lusitanicus es un modelo de estudio para entender la mucormicosis (antes conocida como zigomicosis), esta infección es causada por algunos hongos del orden de los Mucorales (Dannaoui y col., 2017). Después de la reciente pandemia de COVID-19, los Mucorales han cobrado gran importancia debido al aumento de

casos de mucormicosis en pacientes graves de COVID-19 (García-Carnero y col., 2022) y al contar con una mortalidad del 90% en infecciones diseminadas y la ausencia de un tratamiento eficaz han causado la preocupación de esta enfermedad emergente (Cánovas-Márquez y col., 2023). En M. lusitanicus la regulación de muchos procesos celulares está determinada por proteínas que unen nucleótidos de guanina, conocidas como proteínas G. Las proteínas Arf son proteínas G monoméricas, las cuales son reguladores clave en el tráfico vesicular y están asociadas con el crecimiento y la virulencia en los hongos, tanto las proteínas Arf como el QS son fundamentales para la regulación de diversas actividades celulares (Honrby y col., 2003; Ramage y col., 2002). Por ello, el determinar la participación de proteínas Arf en la percepción de la densidad poblacional y su posible relación con la virulencia de M. lusitanicus podría brindar información para comprender el proceso infeccioso.

ANTECEDENTES. En nuestro grupo de trabajo se demostró que la esporulación de M. lusitanicus es reprimida por el aumento en la cantidad de inoculo, es decir, a mayor cantidad de inoculo (esporas) mayor la represión en la producción de esporas (Patiño-Medina y col., 2021), lo que sugirió una regulación negativa del proceso de esporulación por la densidad poblacional. Posteriormente con el objetivo de indagar la participación de algún componente molecular se evaluó la esporulación y germinación, tanto de la cepa silvestre y las cepas mutantes ∆arf1, ∆arf2 y ∆arf1(+)(-)/∆arf2 usando concentraciones crecientes de inoculo. Se observó que la represión en la esporulación (medio sólido) y germinación (medio líquido) se mantenía para las cepas evaluadas, y en menor grado en la mutante ∆arf2. Posteriormente, se demostró que hay al menos una molécula que se secreta al medio y que actúa como autoinductor y la proteína Arf2 es necesaria para que pueda ser percibida en M lusitanicus. Sin embargo, aún es desconocido el efecto de la densidad poblacional en la virulencia.

OBJETIVO. Demostrar el efecto de la densidad poblacional en la virulencia de M. lusitanicus

MATERIALES Y MÉTODOS. Para medir la tasa de consumo de oxígeno se realizó la germinación en medio YPG al 2% de glucosa y YNB al 0.1% de glucosa a distintas concentraciones de esporas (5X104, 1X105, 5X105, 1X106, 2.5X106 y 5X106) por mililitro de medio. Las esporas fueron lavadas 3 veces con agua destilada y centrifugadas en 2000 rpm para ser resuspendidas en 2 mL de agua destilada estéril y suspendidas en Tampón de fosfato de potasio 10 mM (pH 7,4) que contenía 20 mM de glucosa. El consumo de oxígeno se midió a 28 °C con el oxímetro (Oxytherm) y se procedió al análisis de los datos obtenidos. Para los ensayos de toxicidad en el modelo Ceanorhabditis elegans se colocó 1 mL de los distintos sobrenadantes post-cultivo de las cepas silvestre y la Δarf2 de M. lusitanicus en placas de 24 pozos (Corning). Mediante la observación en un microscopio estereoscopio (Leica MZ75) los nematodos (15) fueron transferidos con ayuda de un “picker” a cada uno de los pozos utilizados. Los nematodos fueron monitoreados cada 12 horas hasta la hora 96. Para determinar la muerte del nematodo se utilizó como criterio la inmovilidad del nematodo aun cuando hubo estimulación física.

RESULTADOS. Con el fin de evaluar la actividad mitocondrial del hongo como un reflejo de su actividad metabólica, se determinó la tasa de consumo de oxígeno de la cepa silvestre y *∆arf2* tanto en medio YNB 0.1% y medio YPG 2% de glucosa usando las diferentes concentraciones del inoculo. Se observó que la cepa silvestre en medio YNB 0.1% mostró una diferencia significativa solamente al usar una concentración del inoculo de $1x10^5$ al igual que $5x10^5$, respecto a la concentración menor de $5x10^4$ (fig. 1A). Por otro lado, en las mismas condiciones de cultivo la cepa

Δ*arf2* mostró un incremento en el consumo de oxígeno cuando se incrementó la concentración de esporas, teniendo su tasa de consumo más alto con un inoculo mayor a $1x10^6$ (fig. 1B). En cambio, la cepa silvestre en medio YPG 2% no mostró diferencias significativas; sin embargo, presentó una menor tasa de consumo de oxígeno a bajas concentraciones de inoculo (fig. 1C). En el caso de la cepa Δ*arf2* en el medio YPG 2% se observó un incremento en la tasa de consumo de oxígeno dependiente de la concentración de esporas (fig. 1D). Con estos resultados se puede concluir que la cepa Δ*arf2* no presenta una represión en el consumo de oxígeno al incrementar el inoculo como sucede con la cepa silvestre.

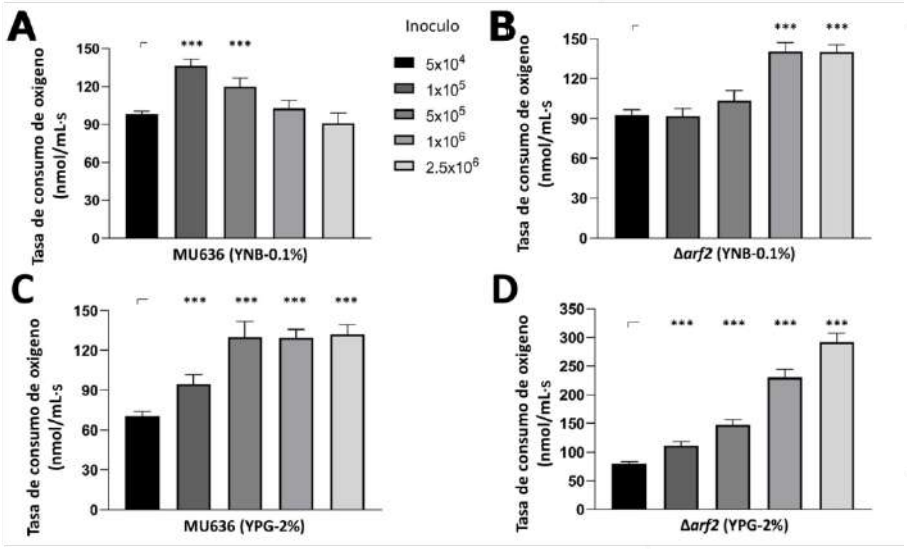


Figura 1. Efecto de la concentración de inoculo en la tasa de consumo de oxígeno de la cepa silvestre y Δarf2 de M. lusitanicus. *Esporas de las diferentes cepas fueron germinadas a diferentes concentraciones en aerobiosis en 2% y YNB 0.1% de glucosa por 4 h. Se midió A) la tasa de consumo de oxígeno de la cepa silvestre y B) Δarf2 en medio YNB 0.1%. C) la tasa de consumo de oxígeno de la cepa silvestre y D) Δarf2 en medio YPG 2%. n=3, se muestra el promedio de tres experimentos independientes, las barras corresponden al error estándar, análisis de varianza ANOVA de una vía, Fisher, * p < 0,033; ** p < 0,002; *** p < 0,001; no significativo (ns) p < 0,12*

Con el fin de evaluar el grado de toxicidad de los SS provenientes de las cepas silvestre y Δ*arf2* a diferentes concentraciones de inoculo se realizó un ensayo de toxicidad usando *C. elegans*. Se determino la tasa de supervivencia de *C. elegans* en presencia del sobrenadante obtenido después del crecimiento por 48 horas en YPG 2% y en YNB 0.1% a diferentes concentraciones del inoculo. Los resultados no mostraron diferencia significativa entre las distintas concentraciones del inoculo usadas para la generación de los SS de la cepa silvestre obtenidos en medio YNB 0.1% (fig. 2A). Además, el SS de esta misma cepa, pero generado en medio YPG 2% tuvo una mayor toxicidad cuando se utilizó un inoculo de $1x10^6$ esporas por mililitro (fig. 2C), además se observó la disminución de la toxicidad del SS en comparación con aquel SS obtenido a partir del medio YNB 0.1%. Por otro lado, la cepa Δ*arf2* mostró que sus SS fueron no tóxicos independientemente de las diferentes concentraciones de inoculo usadas, producidos tanto en medio YNB 0.1% (fig. 2B) y en medio YPG 2% (fig. 2D). En general, estos resultados mostraron que la concentración de inoculo alteró el fenotipo de virulencia en la cepa silvestre, sin embargo, en la cepa mutante no afecto su fenotipo avirulento.

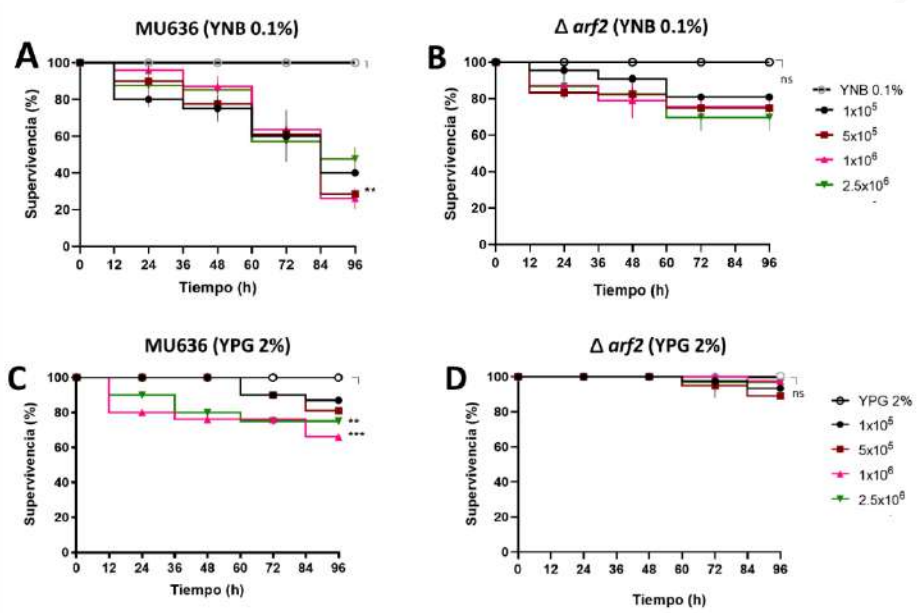


Figura 2. Efecto del SS obtenido de la cepa silvestre y Δarf2 en la toxicidad contra C. elegans. *A) Se utilizó 1 ml de SS proveniente de diferentes concentraciones de inoculo (1X10^5, 5X10^5, 1X10^6 y 2.5X10^6) de la cepa silvestre B) y de la cepa Δarf2, las cuales fueron cultivadas durante 48 h en un medio mínimo (YNB adicionado con 0.1% de glucosa) y se depositaron 15 nematodos, los cuales se incubaron durante 96 h a 18 °C. C) Se utilizó 1 ml de SS proveniente de diferentes concentraciones de inoculo (1X10^5, 5X10^5, 1X10^6 y 2.5X10^6) de la cepa silvestre y D) de la cepa Δarf2, las cuales fueron cultivadas durante 48 h en medio un medio rico (YPG suplementado con 2% de glucosa) y se depositaron 15 nematodos, los cuales se incubaron durante 96 h a 18 °C. Los datos se representan como el promedio de dos réplicas biológicas independientes. La prueba de significancia se realizó mediante la prueba de Mantel-Cox. *** p < 0,01; no significativo (ns): p < 0,1.*

CONCLUSIONES. En M. lusitanicus, la mutante en el gen arf2 presenta un metabolismo oxidativo mitocondrial incrementado dependiente de la densidad poblacional; sin embargo, este no es un factor que este influenciando los posibles factores de virulencia secretables.

REFERENCIAS.

1. Albuquerque, P., & Casadevall, A. (2012). Quorum sensing in fungi--a review. Medical mycology, 50(4), 337–345. https://doi.org/10.3109/13693786.2011.652201
2. Canovas-Marquez, JT , Lax , C. , Tahiri , G. , Navarro , E. , Nicholas , FE , & Garre , V. (2023). Advances in understanding infections caused by the basal fungus Mucor _ PLoS Pathogens, 19 (6), e1011394
3. Dannaoui E. (2017). Antifungal resistance in mucorales. International journal of antimicrobial agents, 50(5), 617–621.
4. García-Carnero, L. C., & Mora-Montes, H. M. (2022). Mucormycosis and COVID-19-Associated Mucormycosis: Insights of a Deadly but Neglected Mycosis. Journal of fungi (Basel, Switzerland), 8(5), 445.
5. Hornby, J. M., Kebaara, B. W., & Nickerson, K. W. (2003). Farnesol biosynthesis in Candida albicans: cellular response to sterol inhibition by zaragozic acid B. Antimicrobial agents and chemotherapy, 47(7), 2366–2369.
6. Mallick, E. M., & Bennett, R. J. (2013). Sensing of the microbial neighborhood by Candida albicans. PLoS pathogens, 9(10), e1003661.
7. Patiño-Medina JA, Alejandre-Castañeda V, Valle-Maldonado MI, Villegas J, Ramírez-Díaz MI, Ortiz-Alvarado R, Meza-Carmen V. Mass spore production of Mucor circinelloides on rice. 3 Biotech. 2021 Jul;11(7):311. doi: 10.1007/s13205-021-02853-1.
8. Ramage, G., Saville, S. P., Wickes, B. L., & López-Ribot, J. L. (2002).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524115

PREVALENCIA DE INSOMNIO Y CALIDAD DE VIDA EN PACIENTES POST-COVID DE UNA UMF DEL IMSS

Rafael Salas Osorio, Luz Torner, Francisco de Jesús Malváez Méndez3
1Instituto Mexicano del Seguro Social, Unidad de Medicina Familiar No. 80; dr.rafaso@gmail.com
2Centro de Investigaciones Biomédicas, Morelia Michoacán; luz_torner@yahoo.com
3Instituto Mexicano del Seguro Social, Unidad de Medicina Familiar No. 84; malvaez@imss.gob.mx

Palabras Clave: dolor, SARS-COV-2, sueño, fatiga, COVID persistente.

RESUMEN. Objetivo: El SARS-COV-2, agente causal de COVID-19, presenta una serie de síntomas neurológicos y psiquiátricos a largo plazo. Nuestro objetivo fue determinar la prevalencia de síntomas de insomnio y calidad de vida en pacientes post-COVID de la UMF #80. Material y métodos: Se realizó un estudio transversal, observacional y descriptivo en población de 211 pacientes con un rango de edad de 18-65 años, derechohabientes de UMF #80. Se aplicó escala SF-36 de calidad de vida, escala Pittsburg de calidad del sueño en insomnio, escala Atenas para insomnio, se recabaron medidas antropométricas, enfermedades crónico degenerativos y estrato socioeconómico. Resultados: 52.1% de los participantes resultó con insomnio probable y el 47.9% presentaron insomnio, el 98.1% con mala calidad del sueño. La asociación de insomnio y COVID resultó significativa (p<0 .001) así como también entre dolor y calidad del sueño (p<0 .0001). Conclusión: Existe una prevalencia de insomnio en COVID persistente con 47.9% de la población afectada, se establece una asociación directa entre insomnio y COVID, así como el dolor con mala calidad del sueño.

INTRODUCCIÓN. El 31 de diciembre del 2019 se reportaron casos de neumonía de etiología desconocida en la República Popular de China, se identificaron el 9 de enero del 2020 como un nuevo coronavirus. La organización Mundial de la Salud el 11 de febrero le nombró COVID-19 y el 11 de marzo de 2020 se declaró una pandemia1. En el mundo al 18 de marzo de 2022 hay 462,758,117 casos confirmados, 6,056,725 muertes. En México el panorama es de 5,624,954 casos totales, 321,806 muertes2. El estado de Michoacán se confirmaron 78,352 casos, defunciones 8,300 y en Morelia 18,182 casos y 2,147 defunciones3. El SARS-COV-2 es el agente causal de la COVID-19, codifica proteínas en su estructura (membrana, proteína de la nucleocápside y glicoproteína spike), el principal determinante del tropismo es la glicoproteína spike4. El síntoma más común y grave de la enfermedad es la disnea. La falta de aliento, dificultad para respirar al realizar esfuerzos y la fatiga se encuentran entre los síntomas más persistentes después de presentar COVID-19. También se reportan síntomas dolorosos y debilitantes, así como neurológicos y psiquiátricos meses después5. Los pacientes con COVID-19 con insuficiencia respiratoria tienen evidencia de una respuesta inflamatoria sistémica, con liberación de sustancias proinflamatorias citocinas, como IL-1, IL-6, IL-8 y TNF, y concentraciones elevadas de dímero D, la ferritina y la proteína C4. Los pacientes con COVID-19 grave presentan niveles séricos elevados de citocinas proinflamatorias y quimiocinas, lo que conocemos como tormenta de citoquinas.6 Es importante mencionar que se ha reportado esta sintomatología aún con respuesta inmunitaria baja7. Existen evidencias de que está evolucionando en una sintomatología

subaguda, presente a largo plazo y que afecta múltiples órganos, asociándose la respuesta inmune con producción de citocinas inflamatorias y el estado pro-coagulante8. La identificación de un patrón circulante de quimiocinas y citocinas en pacientes no infectados por COVID de la misma edad con deterioro cognitivo leve se comparó con pacientes post COVID, encontrándose que hubo diferencias significativas con mayores niveles de estos marcadores de neuroinflamación en los pacientes post COVID9. Actualmente la literatura sugiere que los síntomas neurológicos y manifestaciones derivadas del COVID-19 pudieron ser subestimados en etapas tempranas de la infección, pero actualmente sabemos que pueden prevalecer10. Diversos estudios mostraron que el SARS-CoV-2 puede alterar la barrera hematoencefálica, entrar en el cerebro y provocar la aparición de síntomas neurológicos, la formación de microtrombos e incluso asociarse a la aparición de encefalitis. Además, se ha observado que el SARS-CoV-2 causa neurodegeneración y acelera la aparición prematura de esta condición11. Durante el seguimiento a mediano y largo plazo se han identificado distintos patrones de "COVID persistente"12. Los daños neurológicos multifocales en pacientes con COVID-19, resultan del daño indirecto de las células T y la microglía en el cerebro, similar a los accidentes cerebrovasculares y enfermedades neuroinflamatorias13. Los estudios sugieren que entre el 14% y el 30% de la población de los pacientes que han sobrevivido al COVID-19 sufren de al menos, uno de los síntomas post-COVID al menos 90 días posteriores de la infección, esto significa que entre 55 y 120 millones de personas sufren o están sufriendo de COVID persistente14, en este estudio se busca establecer la prevalencia de síntomas del “COVID persistente”, en especial insomnio y la calidad de vida en pacientes recuperados de COVID-19 que están presentando secuelas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un estudio observacional, transversal y descriptivo entre enero y agosto de 2023 en la Unidad de Medicina Familiar No. 80 de Morelia, Michoacán, México. La muestra consistió en 211 pacientes recuperados de COVID-19, seleccionados de un total de 462 casos calculados con un nivel de confianza del 95%. Se incluyeron pacientes de 18 a 65 años, de ambos sexos, que hubieran superado la enfermedad entre 3 y 12 meses antes y que aceptaron participar. Se excluyeron pacientes con discapacidad para leer, cáncer, embarazo, insomnio previo o fatiga crónica. El médico residente realizó la búsqueda de participantes en la consulta externa y aplicó cuestionarios sobre insomnio (Escala Atenas y Escala de Insomnio de Pittsburgh) y calidad de vida (cuestionario SF-36). Se midieron parámetros somatométricos y características sociodemográficas. Los datos se analizaron usando estadística descriptiva, prueba t-Student, Chi-cuadrada y análisis de varianza con el software SPSS. La significancia estadística se fijó en un p-valor < 0.05. El estudio fue aprobado por el Comité Local de Ética e Investigación en Salud del IMSS y todos los participantes dieron su consentimiento informado.

RESULTADOS. La muestra estuvo constituida por 211 participantes, la mayoría mujeres con un 54.5% del total de los participantes. Los participantes con una escolaridad universitaria en 56.9%, un 65.4% empleado, predominó estado civil casado, la media de la edad de los participantes es de 46.52 años, en sus valores antropométricos un peso medio de 74.83 kilogramos, estatura 1.63 metros, el promedio del IMC es 27.81 clasificándolos en sobrepeso (Tabla 1).
En la tabla 2 de padecimientos crónico degenerativos y gravedad de COVID observamos que la hipertensión arterial tuvo una mayor prevalencia mayor en los pacientes que padecieron síndrome post-COVID con un 41.2% de la población total y de acuerdo con la clasificación de gravedad del COVID el COVID leve fue el de mayor presentación con 71.6%.

VARIABLE	F	%
SEXO		
HOMBRE	96	45.5%
MUJER	115	54.5%
ESCOLARIDAD		
SECUNDARIA	9	4.3%
PREPARATORIA	82	38.9%
UNIVERSIDAD	120	56.9%
OCUPACIÓN		
AMA DE CASA	43	20.4%
EMPLEADO	138	65.4%
JUBILADO	1	0.5%
ESTUDIANTE	29	13.7%
ESTADO CIVIL		
SOLTERO	57	27%
CASADO	119	56.4%
UNION LIBRE	24	11.4%
DIVORCIADO	7	3.3%
VIUDO	4	1.9%
EDAD	46.52 ± 13.41 (18-65)	
PESO	74.83 ± 15.03 (40-119)	
ESTATURA	1.64 ± .081 (1.40-1.88)	
IMC	27.81 ± 5.29 (16.6-47.7)	

TABLA 1. *Caracteristicas socio demograficas de los participantes y valores antropometricos (n=211)*

VARIABLE	F	%
DIABETES MELLITUS	51	24.2%
HIPERTENSIÓN ARTERIAL	87	41.2%
OBESIDAD	54	25.6%
GRAVEDAD COVID	**F**	**%**
COVID LEVE	151	71.6%
COVID MODERADO	49	23.2%
COVID GRAVE	11	5.2%

TABLA 2. *Padecimientos crónico degenerativos de los participantes y clasificacion gravedad covid (n=211)*

En nuestra tabla 3 se establece la asociación entre la calidad de vida con la calidad del sueño, con un valor significativo en la asociación del ítem de dolor corporal con un mal dormir, repercutiendo en la calidad del del sueño y de tal manera en su calidad de vida.

VARIABLE	BUEN DORMIR N = 4 $X \pm E.E$	MAL DORMIR N = 207 $X \pm E.E$	*t*	*P*
Función Física	91.25 ± 3.14	93.35 ± 0.42	-.687	.493
Rol Físico	75.00 ± 0.0	75.84 ± 0.97	-.120	. 904
Dolor Corporal	100.00 ± 0.0	90.12 ± 0.70	1.955	. 000***
Salud General	56.50 ± 2.46	54.69 ± 0.34	.712	. 477
Vitalidad	51.25 ± 1.25	48.55 ± 0.46	.811	. 418
Función Social	71.87 ± 9.37	72.34 ± 0.90	-.070	. 944

Rol Emocional	100.00 ± 0.0	91.94 ± 1.34	.827	. 409
Salud Mental	56.00 ± 0.0	55.92 ± 0.28	.037	. 970

TABLA 3. *Calidad de vida en sus dominios (sf-36) por escala de insomnio de pittsburgh (n=211)*

** Cifra estadísticamente significativa (P<0.000);* $X \pm E.E$ *= media ± Error Estándar*

En la tabla 4 establece la asociación entre COVID y el insomnio con un valor de P significativa de .001, y entre COVID con la calidad del sueño no hubo valor significativo, aunque la prevalencia de un mal dormir es alta en la población post-COVID no hay una asociación.

VARIABLE	GRAVEDAD DE COVID			Chi^2	P
	LEVE F (%)	MODERADO F (%)	SEVERO F (%)		
INSOMNIO				15.054	.001*
POSIBLE	91(43.1)	17(8.1)	2(0.9)		
PADECE	60(28.4)	32(15.2)	9(4.3)		
CALIDAD DEL SUEÑO				1.620	.445
BUEN DORMIR	4(1.9)	-	-		
MAL DORMIR	147(69.7)	49(23.2)	11(5.2)		

TABLA 4. *Grado de covid y calidad del sueño (n=211)*

En la Fig. 5 con la escala de Atenas observamos que 52.1% probablemente tenga insomnio, mientras que 47.9% cursan con insomnio por los resultados obtenidos.



Fig. 5 *Resultado Global Test Atenas*

En la Figura 6 observamos el número de pacientes asociados entre la gravedad del COVID, así como si padecen insomnio o probable insomnio, encontrando que nuestra mayor prevalencia se encuentra en el COVID leve presentando insomnio un 28.4% de nuestra población y en este mismo rubro se encuentra como posible insomnio el 43.1% de nuestra población.



Fig. 6 *Grado de COVID e Insomnio*

En la Figura 7 observamos el resultado de calidad de sueño en relación con la gravedad de COVID, con buen dormir 1.9% de la población con COVID leve y el resto con mal dormir con una prevalencia de 69.7% el cual cursó con COVID leve.



Fig. 7 *Grado de COVID y Calidad del Sueño*

CONCLUSIONES. Con los resultados obtenidos podemos concluir que hay una asociación directa entre el insomnio y el COVID, sin importar el grado de gravedad, presentando una P significativa. Sin embargo, no se pudo establecer una relación entre la calidad del sueño y el COVID en nuestro estudio, pero pudimos encontrar en nuestro estudio por medio del test SF-36 sobre la calidad de vida, que se establece una asociación directa con una P significativa entre el ítem de dolor corporal con una mala calidad del dormir, entendiendo de esta manera cómo influye este dolor corporal en poder obtener un buen descanso, aunado al posible padecimiento de insomnio que se podría considerar como un factor agregado para un mal dormir.

REFERENCIAS.

1.- (S/f). Paho.org. Recuperado el 16 de septiembre de 2024, de https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54717/EpiUpdate21August2021_spa.pdf?sequence=2&isAllowed=y
2.- México, O. N. U. (s/f). Coronavirus archivos - ONU México. ONU México | Enfermedad por el Coronavirus (COVID-19). Recuperado el 16 de septiembre de 2024, de https://coronavirus.onu.org.mx/tag/coronavirus
3.- Coronavirus (COVID-19) en Michoacán. (2020, febrero 1). Gncys.com. http://www.gncys.com/covid19/covid19-estados.aspx?edoId=MN
4.- Lamers, M. M., & Haagmans, B. L. (2022). SARS-CoV-2 pathogenesis. Nature Reviews. Microbiology, 20(5), 270–284. https://doi.org/10.1038/s41579-022-00713-0
5.- Long COVID: let patients help define long-lasting COVID symptoms. (2020). Nature, 586(7828), 170–170. https://doi.org/10.1038/d41586-020-02796-2
6.- Lechner-Scott, J., Levy, M., Hawkes, C., Yeh, A., & Giovannoni, G. (2021). Long COVID or post COVID-19 syndrome. Multiple Sclerosis and Related Disorders, 55(103268), 103268. https://doi.org/10.1016/j.msard.2021.103268
7.- Higgins, V., Sohaei, D., Diamandis, E. P., & Prassas, I. (2021). COVID-19: from an acute to chronic disease? Potential long-term health consequences. Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences, 58(5), 297–310. https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1860895

8.- Nalbandian, A., Sehgal, K., Gupta, A., Madhavan, M. V., McGroder, C., Stevens, J. S., Cook, J. R., Nordvig, A. S., Shalev, D., Sehrawat, T. S., Ahluwalia, N., Bikdeli, B., Dietz, D., Der-Nigoghossian, C., Liyanage-Don, N., Rosner, G. F., Bernstein, E. J., Mohan, S., Beckley, A. A., … Wan, E. Y. (2021). Post-acute COVID-19 syndrome. Nature Medicine, 27(4), 601–615. https://doi.org/10.1038/s41591-021-01283-z

9.- Serrano-Castro, P. J., Garzón-Maldonado, F. J., Casado-Naranjo, I., Ollero-Ortiz, A., Mínguez-Castellanos, A., Iglesias-Espinosa, M., Baena-Palomino, P., Sánchez-Sanchez, V., Sánchez-Pérez, R. M., Rubi-Callejon, J., Estévez-María, J. C., Galeano-Bilbao, B., Romero-Imbroda, J., Sobrino, B., Arrabal-Gomez, C., Oliver-Martos, B., Muñoz-Becerra, L., Requena, N., González Álvarez de Sotomayor, M. del M., … de Fonseca, F. R. (2022). The cognitive and psychiatric subacute impairment in severe Covid-19. Scientific Reports, 12(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-07559-9

10.- Harapan, B. N., & Yoo, H. J. (2021). Neurological symptoms, manifestations, and complications associated with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease 19 (COVID-19). Journal of Neurology. https://doi.org/10.1007/s00415-021-10406-y

11.- Wang, F., Kream, R. M., & Stefano, G. B. (2020). Long-term respiratory and neurological sequelae of COVID-19. Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research, 26. https://doi.org/10.12659/msm.928996

12.- Akbarialiabad, H., Taghrir, M. H., Abdollahi, A., Ghahramani, N., Kumar, M., Paydar, S., Razani, B., Mwangi, J., Asadi-Pooya, A. A., Malekmakan, L., & Bastani, B. (2021). Long COVID, a comprehensive systematic scoping review. Infection, 49(6), 1163–1186. https://doi.org/10.1007/s15010-021-01666-x

13.- Yan, Z., Yang, M., & Lai, C.-L. (2021). Long COVID-19 Syndrome: A comprehensive review of its effect on various organ systems and recommendation on rehabilitation plans. Biomedicines, 9(8), 966. https://doi.org/10.3390/biomedicines9080966

14.- Schwaller, F. (2022, febrero 10). COVID prolongado: ¿qué se sabe hasta ahora? Deutsche Welle. https://www.dw.com/es/covid-prolongado-lo-que-sabe-la-ciencia-hasta-ahora/a-60737490

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524117

CARACTERIZACIÓN GENÓMICA Y METABOLÓMICA DE LA CEPA CMU-8613 DEL BASIDIOMICETE *Psathyrella sp.*

Edgar Manuel Villa Villa[1], Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas[2], Gerardo Vázquez Marrufo[1]

1Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 1106943g@umich.mx; gvazquez@umich.mx

2División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez". Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. soledad.vazquez@umich.mx

Palabras Clave: multirresistencia, metabolitos, ómicas.

RESUMEN. La resistencia a los antibióticos es un problema de salud pública mundial que ha originado una búsqueda continua de nuevos metabolitos con actividad antibacteriana de fuentes naturales como los hongos. Las herramientas para el estudio de los metabolitos sintetizados por una cepa fúngica han incorporado el análisis metabolómico y genómico, permitiendo la caracterización de cientos de moléculas/proteínas en un mismo experimento. En este trabajo se realizó un análisis metabolómico no guiado de la cepa CMU-8613 de Psathyrella sp. mediante cromatografía líquida de ultra rendimiento-espectrometría de masas en tándem (UPLC-MS/MS). Se analizaron los metabolitos producidos por la cepa CMU-8613 en cultivo axénico y en co-cultivo con la cepa CMU-3513 un basidiomiceto poliporáceo aún no identificado a nivel de género/especie, También se obtuvo la secuencia del genoma de la cepa CMU-8613 y se realizó el ensamblando de novo evaluando los ensambladores Flye, Canu y NECAT y dos estrategias de pulido, utilizando las herramientas Pilon, y Racon y Medaka. Posteriormente se evaluó la calidad del genoma con BUSCO. Utilizando el ensamble del genoma y el algoritmo FUNGI ANTISMASH se identificaron clusters de genes asociados a la síntesis de metabolitos secundarios. En total se caracterizaron 830 metabolitos secundarios dentro de cuales hay terpenos, alcaloides, compuestos fenólicos y péptidos. Los mejores resultados del ensamble del genoma se observaron puliendo con Racon y Medaka, obteniendo porcentajes mayores a 93% en los valores de calidad de BUSCO. Se identificaron 12 grupos de genes relacionados con la síntesis de metabolitos secundarios, incluyendo síntesis de terpenos, policétidos, péptidos no ribosomales y sideróforos. Estos resultados muestran que la cepa CMU-3513 produce una gran variedad de metabolitos secundarios, algunos de los cuales tienen actividad antibacteriana.

INTRODUCCIÓN. Uno de los problemas actuales de mayor relevancia en salud pública a nivel global es el incremento de la resistencia bacteriana a los antibióticos, ya que estos permiten el control de las enfermedades infecciosas tanto en medicina humana como veterinaria, una vez establecida la infección. La resistencia bacteriana se define como la capacidad de las bacterias para crecer en presencia de un antibiótico a una concentración que normalmente las mataría o limitaría su crecimiento (Allcock et al., 2017). Aproximadamente 700, 000 muertes en todo el mundo son atribuibles a infecciones causadas por organismos resistentes a los antibióticos, y se estima que, de no tomarse ninguna medida preventiva, dicho número podía alcanzar los 10 millones para el año 2050 (Allcock et al., 2017). La búsqueda de nuevas sustancias con actividad farmacológica provenientes de fuentes naturales es una de las alternativas que se han

desarrollado para el combate a las bacterias resistentes a antibióticos (Hutchings et al., 2019). Entre las fuentes naturales de mayor importancia por su versatilidad fisiológica y metabólica para aportar nuevos metabolitos con actividad antibiótica destacan los hongos (Alberti et al., 2017; Keller et al., 2019). Utilizando una combinación de genómica y metabolómica, se pueden obtener nuevos conocimientos sobre la diversidad química de los metabolitos secundarios producidos por hongos.

ANTECEDENTES. El reino de los hongos incluye cerca de 120 mil especies identificadas, pero se estima que pueden existir entre 2.2 y 3.8 millones, siendo Ascomycota y Basidiomycota los phyla en los que se agrupa la mayoría de las especies identificadas dentro del reino. El micelio dicariótico de permanencia prolongada en la naturaleza es característico de los basidiomicetes, dicho micelio dicariótico es el que comúnmente se aísla de los ambientes naturales para su estudio en el laboratorio, y es de relevancia ecológica y biotecnológica debido a su capacidad para producir una amplia gama de metabolitos secundarios que son utilizados para sobrevivir en sus hábitats, como señales químicas para la comunicación, la defensa o la inhibición del crecimiento de organismos competidores. Dentro de Basidiomycota, el género Psathyrella contiene especies principalmente saprófitas de mantillo y madera. Entre las especies del género Psathyrella la más estudiada a nivel experimental es Psathyrella candolleana. En relación con la producción de metabolitos secundarios con actividad farmacológica se han estudiado tanto extractos, como metabolitos caracterizados molecularmente. Así, extractos clorofórmicos del basidiocarpo presentaron inhibición hacia la bacteria Gram negativa Moraxella catarrhalis y también hacia la especie Gram positiva Streptococcus pneumoniae, ambas patógenos del tracto respiratorio en humanos (Liktor-Busa et al., 2016). Hasta la fecha, la mayoría de los estudios sobre la diversidad metabólica secundaria de hongos se han centrado en patógenos, saprófitos y endófitos, en particular los del filo Ascomycota (Keller et al., 2019). Esto dificulta nuestra capacidad para apreciar el vasto repertorio de metabolitos secundarios producidos por hongos que ocupan diversos estilos de vida. El metaboloma fúngico incluye a los metabolitos secundarios intracelulares (endometaboloma) y a aquellos que se secretan al medio de cultivo (exometaboloma). Las herramientas de análisis de los metabolitos sintetizados por una cepa fúngica han incorporado a los distintos tipos de cromatografía el análisis metabolómico, permitiendo la caracterización de cientos de moléculas en un mismo experimento. La caracterización de la identidad de los metabolitos y la minería del genoma permiten realizar estudios con cepas fúngicas donde se puede apreciar el potencial de producir metabolitos secundarios con actividad farmacológica (Mudbhari et al., 2024). Una de las técnicas empleadas en los últimos años para activar la producción de metabolitos secundarios es la del co-cultivo, en la cual se cultivan en el mismo medio dos especies de microorganismos, que pueden ser incluso de diferentes reinos, como hongos y bacterias (Bertrand et al., 2014).

OBJETIVO. Evaluar el potencial de la cepa CMU-8613 del basidiomicete Psathyrella sp. para producir metabolitos extracelulares con actividad antibacteriana.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se obtuvo la secuenciación del genoma de la cepa CMU-8613 del basidiomicete Psathyrella sp. la cual se realizó con la tecnología de tercera generación Oxford Nanopore y segunda generación illumina. La secuenciación de Nanopore se realizó en un secuenciador MinION Mk1B de Oxford Nanopore o en un secuenciador GridION utilizando celdas de flujo R10.4.1 en una o más ejecuciones multiplexadas de celdas de flujo compartidas. El diseño de la ejecución utilizó el modo de secuenciación de 400 pb con una longitud de lectura mínima

de 200 pb. La secuenciación de Illumina se realizó en un secuenciador Illumina NovaSeq 6000 en una o más ejecuciones multiplexadas de celdas de flujo compartidas, lo que produjo lecturas de extremos emparejados de 2x151 pb. Se ensambló el genoma de novo evaluando tres ensambladores Flye, Canu y NECAT, con los parámetros predeterminados, así como dos estrategias de pulido la primera utilizando la herramienta Pilon y la segunda utilizando Racon y Medaka. Posteriormente se evaluó la calidad del genoma con BUSCO. Utilizando el ensamble del genoma y el algoritmo FUNGI ANTISMASH se identificaron genes asociados a la síntesis de metabolitos secundarios. Se realizo la caracterización de los exometabolomas en dos distintas condiciones de cultivo, basal y co-cultivo el cual se realizó con la cepa CMU-3513 un basidiomiceto del cual se desconoce genero/especie. Se caracterizaron cualitativa y cuantitativamente mediante cromatografía líquida de alto rendimiento acoplada a masas (UPLC-QToF-MS).

RESULTADOS. En el ensamble del genoma los mejores resultados del ensamble del genoma se observaron con el ensamblador NECAT y puliendo con Racon y Medaka, obteniendo porcentajes mayores a 93% en los valores de calidad de BUSCO (Fig 1, tabla 1 y 2).

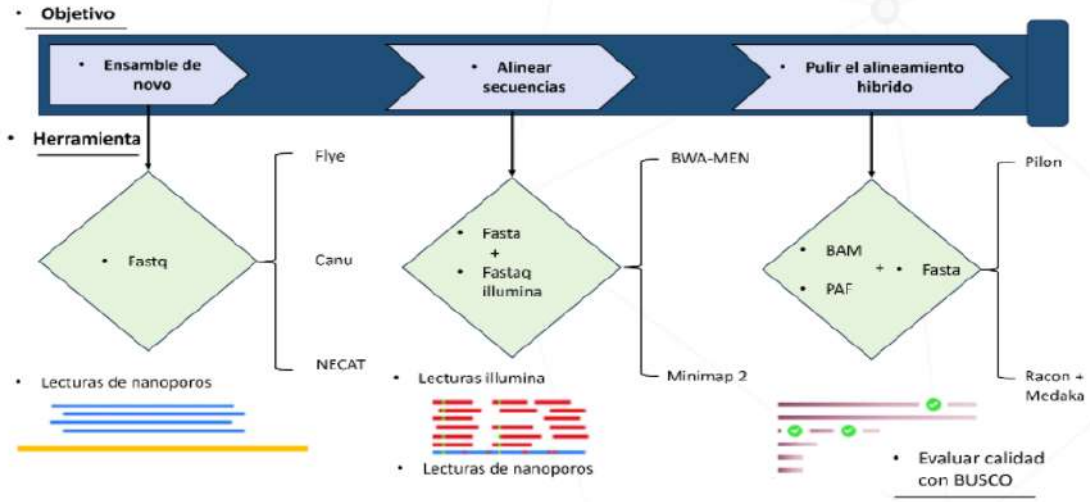


Figura 1. *Pepelines utilizados en el ensamble de novo del genoma de la cepa CMU-8613.*

Datos	Ensamblador	Longitud (Mb)	No. Contigs	N50 (pb)	% Busco Agaricales
CMU-8613					
	Flye	55.5	1104	156,424	96.4
	Canu	20.3	991	25,611	46.8
	NECAT	47.9	369	288,413	89.9

Tabla 1. *Resultados del ensamble del genoma de la cepa CMU-8613 puliendo con Pilon.*

Datos	Ensamblador	Longitud (Mb)	No. Contigs	N50 (pb)	% Busco Agaricales
CMU-8613					
	Flye	55.9	852	188,424	97.4
	Canu	81.3	991	75,611	96.8
	NECAT	47.1	368	290,413	93.0

Tabla 2. *Resultados del ensamble del genoma de la cepa CMU-8613 puliendo con Racon y Medaka.*

Utilizando el algoritmo Fungi antismash se identificaron 12 grupos de genes biosintéticos (GGBs) para síntesis de terpenos, policétidos, péptidos no ribosomales y sideróforos (Tabla 3).

GGBs	Cantidad
Sintetasa de péptidos no ribosomales	3
Terpeno sintasas/ciclasa	6
Policétido sintasa	2
Sideróforo	1
Total	12

Tabla 3. *Clusters de genes biosintéticos*

En la caracterización del exometaboloma se identificaron 716 metabolitos secundarios los cuales se clasificaron en 23 clases distintas. Del total 638 se comparten en entre ambas condiciones de cultivo, existen 48 metabolitos que solo se encuentran en la condón basal y 30 metabolitos en el co-cultivo (Fig 2.)

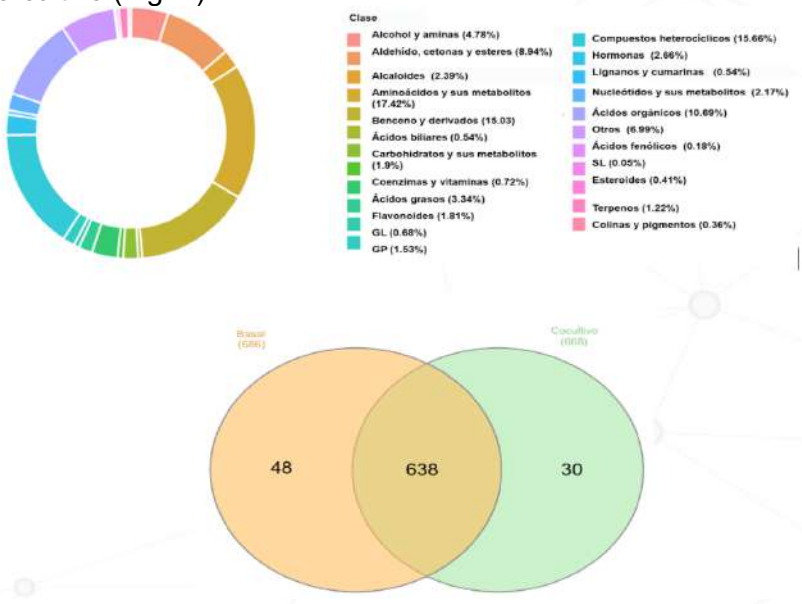


***Figura 2**. Clases de metabolitos caracterizados y diagrama de Venn de los metabolitos secundarios producidos por la cepa CMU-8613 en condición basal y en co-cultivo con la cepa CMU-3513.*

CONCLUSIONES. La cepa CMU-8613 tiene la capacidad de producir metabolitos secundarios extracelulares diversos con actividad antibacteriana.

REFERENCIAS.

1. Alberti F, Foster GD, Bailey AM. (2017). Natural products from filamentous fungi and production by heterologous expression. Applied Microbiology and Biotechnology. 101(2): 493–500.
2. Allcock S, Young EH, Holmes M, Gurdasani D, Dougan G, Sandhu MS, Török ME. (2017). Antimicrobial resistance in human populations: challenges and opportunities. Global Health, Epidemiology and Genomics. 2: e4.
3. Bertrand S, Bohni N, Schnee S, Schumpp O, Gindro K, Wolfender JL. (2014). Metabolite induction via microorganism co-culture: a potential way to enhance chemical diversity for drug discovery. Biotechnology Advances. 32(6): 1180–1204.
4. Hutchings MI, Truman AW, Wilkinson B. (2019). Antibiotics: past, present and future.
5. Current Opinion in Microbiology. 51: 72–80.
6. Keller, N. P. (2019). Fungal secondary metabolism: regulation, function and drug discovery. Nature Reviews Microbiology, 17(3), 167-180.
7. Mudbhari S., Lofgren L., Appidi M. R., Vilgalys R., Hettich R. L., Abraham P. E. (2024).
8. Decoding the chemical language of Suillus fungi: genome mining and untargeted metabolomics uncover terpene chemical diversity. Msystems, 9(4), e01225-23.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524118

INESTABILIDAD DE LA HETEROCROMATINA EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA INDUCIDA POR EL FLAVONOL KAEMPFEROL

Diana Gabriela Garnica Velázquez[1], Jorge Álvarez Cortez[2], Samadhi Amarantha Vidales Romero[3], María Teresa Arceo Martínez[4], Noemi Gil Morales[5], Esperanza Meléndez Herrera[6] Asdrúbal Aguilera Méndez[7], Zoraya Palomera Sánchez[8]

1. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; dianagarnica015@gmail.com*
2. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1706163x@umich.mx*
3. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; samadhividales@hotmail.com;*
4. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marithe.13_@hotmail.com*
5. *Instituto Tecnológico de Morelia; l18121272@morelia.tecnm.mx*
6. *[6] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; emelendez@umich.mx*
7. *[7] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; amendez@umich.mx*
8. *[8] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; zoraya.palomera@umich.mx*

Palabras Clave: Heterocromatina, cáncer de mama, kaempferol.

RESUMEN. La mayor parte de nuestro genoma se encuentra en conformación de heterocromatina, la cual consiste en secuencias no codificantes y secuencias repetidas; representando más del 95% de nuestro ADN. Estas regiones del genoma adoptan marcas epigenéticas de silenciamiento para mantener la homeostasis de la cromatina. En el proceso de oncogenésis las secuencias repetidas se sobreexpresan y propagan, sin embargo, una vez establecido el tumor, las células tumorales recuperan las marcas epigéneticas de compactación en estas secuencias, esto para mantener una estabilidad en su genoma. En este contexto, es importante mencionar que se desconoce con certeza si la desestabilización de las secuencias repetidas de la heterocromatina podría ser letal y disminuir significativamente el número de células cancerosas. Estudios previos en células de cáncer han demostrado que compuestos bioactivos de la dieta ocasionan daño a su ADN, comprometiendo la estabilidad de su genoma, generando una expresión descontrolada de secuencias repetidas y afectando significativamente su viabilidad. Estudios recientes de nuestro grupo de trabajo observaron que Kaempferol, flavonol de la dieta que posee efectos anticarcinogénicos contra cáncer de mama, induce una sobreexpresión de secuencias repetidas como LINE-1, α- satélite y SAT 2 sugiriendo un posible daño al ADN de las células de cáncer de mama. En este trabajo, se estudiará si Kaempferol, es capaz de ocasionar daño al ADN, afectación en la expresión de secuencias no codificantes (ncRNAs) de heterocromatina, así como cambios en las marcas epigenéticas en células de cáncer de mama MCF7.

INTRODUCCIÓN. A nivel mundial el cáncer de mama es el tipo de cáncer que más afecta a las mujeres, siendo el primero en mortalidad (Ahmad A. 2019). En el 2020 se registraron 2.3 millones de nuevos casos en el mundo y se estima que 685,000 de mujeres murieron (GLOBOCAN 2020). En México en el 2020 el cáncer de mama fue la primera causa de muerte en mujeres con aproximadamente 29,929 casos nuevos y 7,931 muertes (IMSS, 2022). A pesar de los tratamientos contra el cáncer de mama, un tercio de los pacientes desarrollan metástasis que

resulta muy difícil de tratar, puesto que el cáncer se disemina a otras partes del cuerpo, por lo que la gran mayoría muere a causa de la enfermedad (Pasculli et al., 2018). En décadas pasadas se creía que solo las mutaciones podrían predisponer a desarrollar cáncer, pero de manera reciente se ha observado que también el medio ambiente es un factor importante en el desarrollo de enfermedades. Esto último es estudiado por la epigenética, en específico, se enfoca en estudiar la influencia del medio ambiente sobre la expresión o silenciamiento de genes sin modificar la secuencia de nucleótidos en el ADN. De tal manera que el tipo de ambiente en el que los organismos se desarrollen puede o no conducir a la predisposición a ciertas enfermedades como lo es como lo es el cáncer (Arceo-Martínez et al., 2020). Aunado a lo anterior, se ha descubierto que la mayoría de nuestro genoma está en conformación de heterocromatina, la cual consiste en secuencias repetidas no codificantes, retrotransposones, transposones etc., que para sostener un equilibrio genómico adoptan marcas epigenéticas de silenciamiento. En condiciones de estrés celular, producto de diversos factores como la exposición a cancerígenos, el consumo constante de alcohol, el tabaquismo, entre otros, estas secuencias repetidas pueden expresarse descontroladamente; provocando una desestabilización epigenética de la heterocromatina que resulta en daño al ADN (Fig.1).

Estudios recientes sugieren que las modificaciones epigenéticas como la metilación del ADN, las modificaciones postraduccionales de las histonas, así como los ncRNAs desempeñan funciones importantes en las primeras etapas de la carcinogénesis de mama (Pasculli et al., 2018). Por lo que estudiar moléculas que comprometan la estabilidad epigenética de las células de cáncer de mama, representa una estrategia importante para la prevención y tratamiento eficientes; más aún si estas moléculas provienen de lo que consumimos en nuestra dieta. Las moléculas que se encuentran naturalmente en los alimentos como los flavonoles, un ejemplo de ello es el Kaempferol pueden representar potenciales agentes epigenéticos-quimiopreventivos contra el cáncer de mama (Wendlocha D et al., 2023).

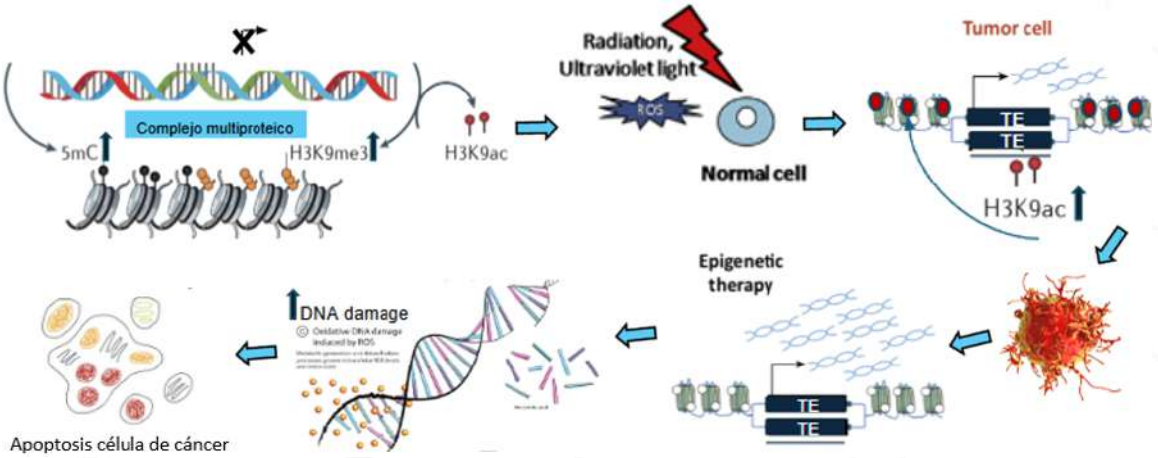


Figura 1. *El estrés celular producido por diversos factores como la exposición a cancerígenos, el consumo constante de alcohol, entre otros, genera que las secuencias repetidas puedan expresarse descontroladamente; provocando una desestabilización epigenética de la heterocromatina que promueve la oncogénesis. Una vez establecido el tumor, se recupera cierta compactación del genoma. Se ha reportado que compuestos bioactivos de la dieta ocasionan una sobreexpresión descontrolada de secuencias repetidas, así como un incremento del daño al ADN de células tumorales, comprometiendo la estabilidad del genoma, y afectando significativamente su viabilidad.*

ANTECEDENTES. Palomera-Sanchez y colaboradores reportaron en el 2017 que un compuesto contenido en vegetales crucíferos, el 3,3'-Diindolylmethano (DIM) produce daño al ADN en células de cáncer de próstata, lo que compromete la estabilidad del genoma, al generar una expresión

descontrolada de las secuencias repetidas como LINE-1 y α-satellite, lo cual afecta significativamente la viabilidad celular de las células de cáncer de próstata. En este sentido existen una gran diversidad de fitoquímicos, entre ellos está el Kaempferol, flavonoide que se encuentra en verduras y frutos. Kim S. y colaboradores en el 2005 reportaron que Kaempferol presenta actividad antiproliferativa y apoptótica en la línea celular MCF-7 de cáncer de mama. Además, se ha reportado que Kaempferol tiene diversas propiedades anticancerosas induciendo apoptosis, inhibiendo la proliferación celular, anulando la invasión y migración de células de cáncer de mama (Imran, M., et al. 2019; Wang, et al. 2019; Hossen, M. J., et al. 2016).

En nuestro grupo de trabajo se observó que Kaempferol induce una sobreexpresión de secuencias repetidas de la heterocromatina: LINE-1, α- satélite y SAT 2 sugiriendo un posible daño al ADN de las células de cáncer de mama (Fig.2) (Álvarez Cortez et al., tesis en proceso).

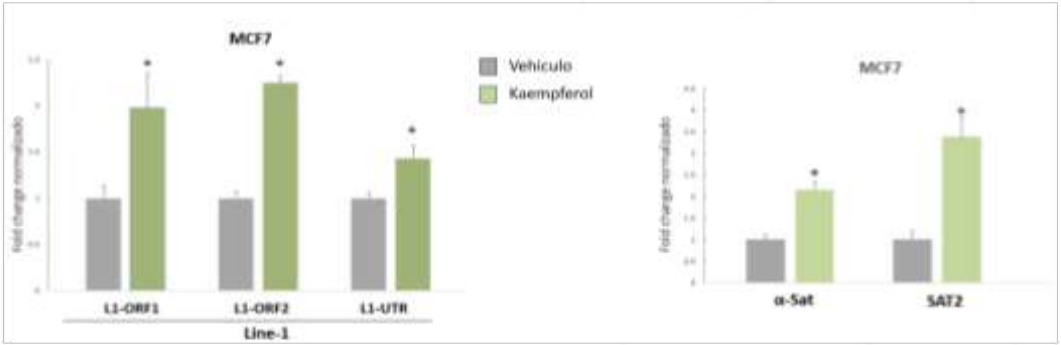


Figura 2. *Kaempferol induce la sobreexpresión del retrotransposón LINE-1 y las secuencias repetidas α- satélite y SAT 2 en células MCF-7. Las células fueron tratadas con una concentración de 50 uM Kaempferol por 72 h. La significancia se determinó mediante la Prueba t de Studen P<0.05, n=6.*

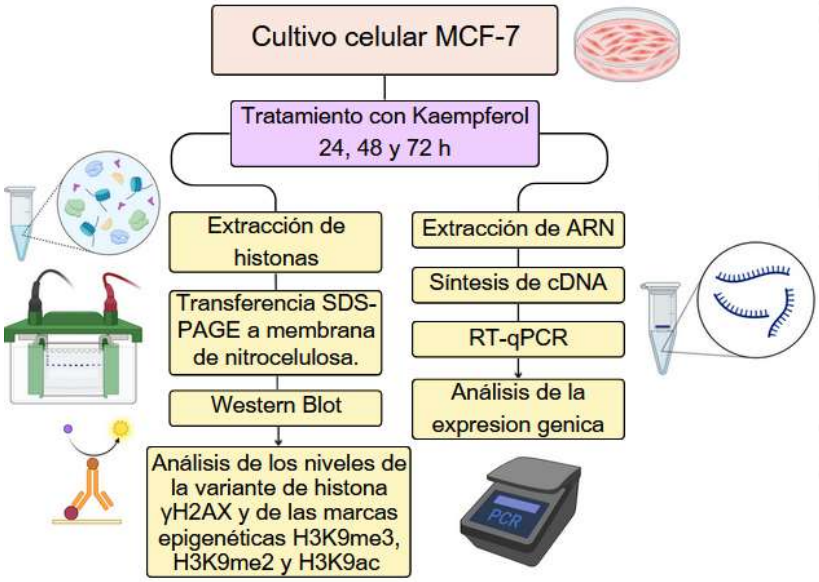
OBJETIVO. Estudiar la inestabilidad de la heterocromatina a nivel epigenético, inducida por Kaempferol en células de cáncer de mama hormona dependientes MCF7.

OBJETIVOS PARTICULARES. Analizar los niveles de la variante de histona H2A.XS139 fosforilada (γH2AX) como marcador de daño al ADN y de las marcas epigenéticas de H3K9me3, H3K9me2 y H3K9ac en las células MCF7 tratadas con Kaempferol a 24, 48 y 72h. Evaluar el estatus en la expresión de diferentes ncRNA que residen en heterocromatina: TERRA, Xist, ChR01, así como de marcadores de la heterocromatina: Suvar39h1, HP1, ATRX, SETD8/PR-Set7 en las células de cáncer mama MCF7 tratadas con Kaempferol a 24, 48 y 72h.

MATERIALES Y MÉTODOS. Analizar la expresión de diferentes ncRNA que residen en heterocromatina. Posterior a aplicar los tratamientos con Kaempferol y DMSO como vehículo en las células de cáncer de mama MCF-7, a los tiempos antes mencionados; se procede a la extracción de ARN con el protocolo de Trizol (INVITROGENE). Una vez precipitado el ARN de cada condición se resuspende en 30 µL de agua libre de ARN. Después, se mide la concentración de ARN en el NanoDrop, y se procede a la síntesis de cADN utilizando el kit iScript Adv™ (BIORAD) en un termociclador. El ajuste de cADN se realiza para normalizar los datos y evitar variaciones técnicas que puedan afectar la expresión génica. Finalmente, se lleva a cabo la RT-qPCR, una técnica basada en el uso del colorante SYBR Green para amplificar y cuantificar el ADN. Se utilizarán *primers* específicos para genes constitutivos como control, de lo ncRNAs y de los genes de la heterocromatina, siguiendo las instrucciones del kit SYBR® Green Supermix (BIORAD), en un termociclador Bio-Rad CFX96.

Ensayos de *Western Blot* de modificaciones en las histonas, esto para evaluar los niveles de la marca de daño al ADN por ruptura de doble cadena la histona γH2AX y de diferentes marcas epigenéticas como H3K9me3, H3K9me2 y H3K9ac en las células MCF-7 tratadas con Kaempferol.

Posterior a aplicar los tratamientos con Kaempferol y DMSO como vehículo, en las células de cáncer de mama MCF-7, a los tiempos establecidos, se realiza la extracción ácida de histonas. Las histonas extraídas de cada condición se separan en un gel electroforesis SDS-PAGE al 15% y se transfieren a una membrana de nitrocelulosa usando una unidad de transferencia. La membrana se bloquea con leche en polvo al 5% en TBST, se incuban con anticuerpos primarios específicos durante toda la noche a 4°C, después con anticuerpos secundarios anti-IgG durante 2 horas. Tras varios lavados, se realiza el revelado con quimioluminiscencia, y los resultados se cuantifican mediante densitometría usando el software ImageStudio Lite (Fig.3).



RESULTADOS. Se llevaron a cabo ensayos de Western Blot para analizar los niveles de la marca de daño al ADN la variante de histona γH2AX, a 24h de tratamiento con Kaempferol en las celulas MCF7 (Fig. 4).

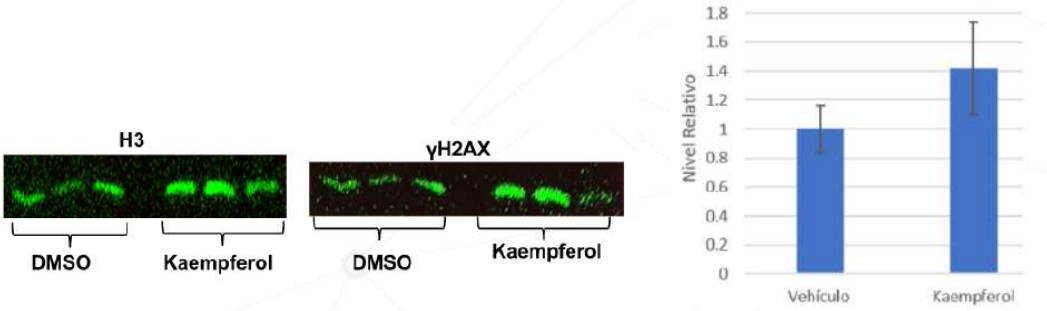


Figura 4. *Kaempferol no induce cambio significativo en la marca de daño al ADN la γH2AX en células MCF-7. Las células fueron tratadas con una concentración de 50 uM Kaempferol por 24 h. La significancia se determinó mediante la Prueba t de Student P<0.05, n=3.*

Posteriormente se estandarizó en mis manos la extracción de ARN, síntesis de cDNA y análisis de la expresión del gen control GAPDH a través de PCR tiempo real (Fig.5).

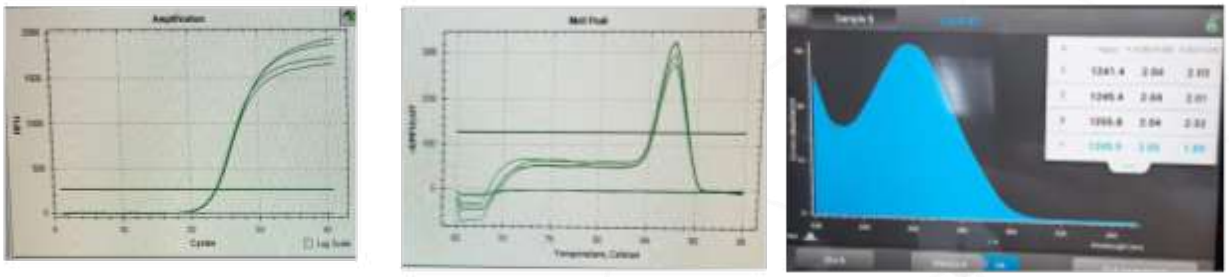


Figura 5. *Expresión del gen control GAPDH por medio de q-PCR.*

CONCLUSIONES. Kaempferol al inducir un aumento significativo en la expresión de los marcadores de inestabilidad genómica: LINE-1, α- satélite y SAT 2, podría también estar induciendo un aumento en la marca de daño al ADN por ruptura de doble cadena la γH2AX en las células de cáncer de mama MCF-7.

REFERENCIAS.

1. Ahmad, A. (2019). Breast cancer statistics: Recent trends. En A. Ahmad (Ed.), Breast cancer metastasis and drug resistance: Challenges and progress (pp. 1-7). Springer.
2. Arceo-Martínez, M. T., Valadez-Graham, V., & Palomera-Sánchez, Z. (2020). Epigenética: Candados y llaves durante la lectura del ADN. Revista Digital Universitaria, 21(6).
3. GLOBOCAN. (2020). Cancer today. World Health Organization. Recuperado de https://gco.iarc.fr/today/home
4. Hossen, M. J., et al. (2016). Food sources and therapeutic uses of kaempferol: From antioxidant to anticancer. En Natural products as cancer therapeutic agents (pp. 101-150).
5. Instituto Mexicano del Seguro Social. (2022). Epidemiología del cáncer de mama. Recuperado de https://www.gob.mx/imss/articulos/epidemiologia-del-cancer-de-mama
6. Imran, M., et al. (2019). Kaempferol: A key emphasis to its anticancer potential. Molecules, 24(12), 2277. https://doi.org/10.3390/molecules24122277
7. Pasculli, B., Barbano, R., & Parrella, P. (2018). Epigenetics of breast cancer: Biology and clinical implications in the era of precision medicine. Seminars in Cancer Biology, 51, 22-35. https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2018.01.001
8. Palomera-Sánchez, Z., et al. (2017). The phytochemical 3,3'-diindolylmethane decreases expression of AR-controlled DNA damage repair genes through repressive chromatin modifications and is associated with DNA damage in prostate cancer cells. The Journal of Nutritional Biochemistry, 47, 113-119. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.02.010
9. Wendlocha, D., Krzykawski, K., Mielczarek-Palacz, A., & Kubina, R. (2023). Selected flavonols in breast and gynecological cancer: A systematic review. Nutrients, 15(13), 2938. https://doi.org/10.3390/nu15132938

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524121**

DETERMINACIÓN DEL EFECTO TRAS ADMINISTRACIÓN CONTINUA DE ACEITES VEGETALES Y MANTECA DE CERDO SOBRE PARÁMETROS BIOQUÍMICOS EN RATAS MACHO SPRAGUE DAWLEY

Claudia Itzel Guzmán Maciel[1], Fernando Calzada Bermejo[2], Yoseth Lilian Ruedaflores Rodriguez[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com

2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; juang@gmail.com

3Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; juang@gmail.com

Palabras Clave: Dislipidemia; Lipoproteínas; Aceites vegetales.

RESUMEN. El aumento de lípidos en la sangre (Dislipidemia) es un factor de riesgo de enfermedades cardiovasculares. Se diagnostican con la determinación de lipoproteínas séricas, como las lipoproteínas de alta densidad (HDL) y de baja densidad (LDL). La ingesta de aceites vegetales, que varía en perfil de ácidos grasos puede tener efectos en el metabolismo lipídico. Estos trastornos se tratan principalmente con cambios en el estilo de vida y con dietas sanas. Los principales medicamentos utilizados son las estatinas, secuestrantes de ácidos biliares y los fibratos.

INTRODUCCIÓN. Las dislipidemias son trastornos en los lípidos en sangre caracterizados por un aumento de los niveles de colesterol o hipercolesterolemia (el sufijo emia significa sangre) e incrementos de las concentraciones de triglicéridos (TG) o hipertrigliceridemia. En las últimas décadas, la prevalencia de dislipidemias ha aumentado considerablemente en todo el mundo y México no es la excepción. La prevalencia es variable. En sujetos sanos se reportan cifras de 57,3 % para la hipertrigliceridemia y de 48,7 % para el hipercolesterolemia; debido a su alta prevalencia, elevan el riesgo de morbilidad y mortalidad asociado con diversas enfermedades (1). Las dislipidemias se dividen de manera práctica en: primarias y secundarias. Las dislipidemias primarias responden a mutaciones genéticas (cambios en la secuencia de bases nitrogenadas del ADN). Las dislipidemias secundarias constituyen la mayoría de los casos de dislipidemia en adultos. La causa más frecuente es el estilo de vida sedentario con ingesta elevada de grasas saturadas (2). Las grasas constituyen la reserva energética más importante del organismo, aportan 9 kilocalorías por gramo (Kcal/g), trasportan vitaminas liposolubles y se encuentran en gran variedad de alimentos y preparaciones. Además, desarrollan funciones fisiológicas, inmunológicas y estructurales (3).
Definición de Lípidos

Es un conjunto de biomoléculas cuya característica distintiva es la insolubilidad en agua y la solubilidad en solventes orgánicos como benceno, cloroformo, hexano, entre otros (4). Al ser insolubles en agua, necesitan un transporte para su distribución en el organismo. Para circular en el plasma, se unen a proteínas específicas formando estructuras complejas denominadas lipoproteínas (Lps): Quilomicrones: grandes con densidad extremadamente baja que transportan lípidos de la dieta desde el intestino a los tejidos. VLDL: de baja densidad sintetizadas en el

hígado que transportan lípidos a los tejidos. LDL: de baja densidad que transportan colesterol a los tejidos donde hay receptores de LDL. HDL: de alta densidad producidas en el hígado que eliminan el exceso de colesterol llevándolo al hígado.

Tipos de ácidos grasos
1. Ácidos grasos saturados: Solo tienen enlaces sencillos entre átomos de carbono adyacentes; no contienen dobles enlaces, lo que les confiere gran estabilidad y la característica de ser sólidos a temperatura ambiente (6). Predominan en los alimentos de origen animal, como manteca, mantequilla, quesos maduros, etc.
2. Ácidos grasos insaturados: Contienen uno, dos o tres grupos alilo, con el doble enlace aislado y con puentes de metileno que siempre tiene la configuración cis, considerada biológicamente activa (5). Los omega-3 y omega-6 son conocidos como ácidos grasos esenciales, ya que el cuerpo no puede producirlos por sí solo y debe obtenerlos de los alimentos, como los pescados y aceites vegetales (maíz, girasol, cártamo, canola y soya) (6).
3.- Ácidos grasos trans: A pesar de ser insaturados, tienen una estructura similar a los saturados y por ello comparten funciones biológicas con estos. Los ácidos grasos insaturados se oxidan con relativa facilidad y son los responsables del olor “rancio” característico (6).

Colesterol. Es una molécula indispensable para la vida, desempeña funciones estructurales y metabólicas que son vitales para el ser humano. Se encuentra anclado estratégicamente en las membranas de cada célula donde modula la fluidez, permeabilidad y en consecuencia su función (7). En el organismo existen dos fuentes del colesterol: La fuente endógena procede de las células del organismo; casi todas tienen la capacidad de sintetizar colesterol. Esta fuente cubre, aproximadamente, el 50% de las necesidades de colesterol del organismo. Regulada por la cantidad de colesterol ingerida en la dieta. La fuente exógena del colesterol se obtiene a través de la dieta, en la cual ingerimos una cantidad variable de éste (8). Los niveles de colesterol total se pueden clasificar de la siguiente manera:

-Deseables: < 200 mg/dl
-Límite alto: 200-239 mg/dl
-Alto: ≥ 240 mg/dl

Además de los niveles de colesterol, es importante valorar los de triglicéridos en la sangre. Éstos son la principal fuente de energía del organismo. En los períodos entre las comidas, los triglicéridos van desde el hígado a los distintos tejidos para cubrir sus necesidades metabólicas. Los triglicéridos no utilizados se depositan en el tejido adiposo. Los niveles de triglicéridos se pueden clasificar de la siguiente manera:

-Deseables: < 150 mg/dl
-Límite alto: 150-199 mg/dl
-Altos: 200-499 mg/dl
-Muy altos: > 500 mg/dl

Aceites vegetales. Es obtenido de semillas u otras partes de las plantas. Está compuesto de ácidos grasos de diferentes tipos cuya proporción y diferentes características son las que dan las propiedades a la gran variedad de estos productos (9). En México, la denominación “aceites vegetales comestibles” puede ser un término genérico, ya que el producto puede ser elaborado con uno o más aceites provenientes de distintas oleaginosas (vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite). La norma mexicana NMX-F-223-SCFI-2011 “Alimentos – Aceite Vegetal Comestible – Especificaciones” detalla que son aquellos que se hayan obtenido por extracción de cualquiera de las siguientes plantas oleaginosas o de sus variedades aprobadas para alimentación humana: ajonjolí, algodón, cacahuate, canola, cártamo, girasol, maíz, olivo, palma,

soya o de cualquier otra oleaginosa aprobada para consumo humano por la Secretaría de Salud, y que además deberán refinarse (10).
Tratamiento farmacológico para tratar las dislipidemias. El tratamiento farmacológico comprende el uso de estatinas, fibratos, secuestradores de ácidos biliares, ecetimiba, ácido nicotínico, entre otros.
•Fibratos: Los fibratos disminuyen los TG en alrededor del 50 % y aumentan las HDL hasta 20 %. Producen efectos adversos como trastornos digestivos y dolor abdominal (11). Sus efectos sobre los lípidos sanguíneos se producen por la activación del receptor alfa activado por el proliferador del peroxisoma (PPAR-a). Esto promueve la oxidación de los AG y estimula la actividad LLP, lo cual reduce los TG y aumenta la síntesis de lipoproteínas HDL, lo que incrementa las cifras de colesterol de HDL (12).

OBJETIVO. Evaluar el efecto de los aceites vegetales en el peso corporal y circunferencia abdominal de ratas macho Sprague Dawley durante 6 semanas. Evaluar el efecto de la administración continua de aceite de maíz, de canola, de girasol, de oliva, de soya y manteca de cerdo a ratas macho Sprague Dawley durante 4 semanas. Evaluar el efecto de la administración continua de aceites vegetales en niveles de glucosa, perfil de lípidos y examen general de orina. Evaluar el efecto de los aceites vegetales en el peso de los órganos de las ratas macho Sprague Dawley.

MATERIALES Y MÉTODOS. Materiales

1.- Animales de experimentación

Ratas machos de la cepa Sprague Dawley sano con un peso de 400-500 gramos, obtenidos del bioterio del Centro Médico Nacional "Siglo XXI" del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

2.- Aceites vegetales (canola, oliva, maíz, girasol, soya)

3.- Manteca de cerdo

4.- Bezafibrato

1.- Agrupación de animales

Las 40 ratas macho, se asignaron en 8 grupos (n=5), Durante 4 semanas, a cada grupo se le administrará uno de los siguientes tratamientos: agua (Grupo 1), Bezafibrato 100 mg/kg (Grupo 2), aceite de canola (Grupo 3), aceite de oliva (Grupo 4), manteca de cerdo (Grupo 5), aceite de maíz (Grupo 6), aceite de girasol (Grupo 7) y aceite de soya (Grupo 8); 2 mililitros de cada aceite.

2.- Para examinar los efectos de la administración continua, se cuantificarán los siguientes parámetros bioquímicos:

a. Niveles de glucosa

Se cuantificarán por medio de la reacción glucosa-oxidasa glucemia. Se cuantificó en 40 µL de sangre utilizando un glucómetro (Accu-Chek Instant - Roche®) bisemanalmente.

b. Perfil de lípidos

El perfil lipídico (colesterol, triglicéridos, HDL-c y LDL-c) se cuantificó en 15 µL utilizando Veri-Q Multi®

c. Examen general de orina

El examen general de orina se cuantificó utilizando tiras reactivas Urit 14G®.

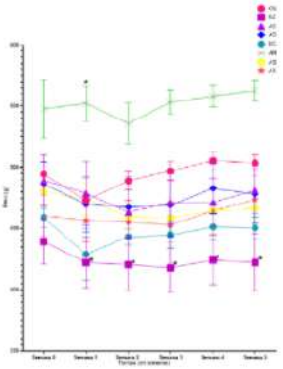
3.- Punto final humanitario

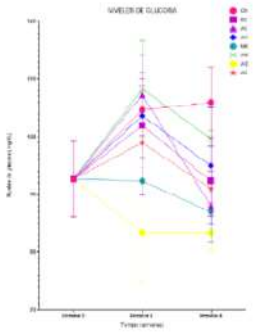
Después del tratamiento de acuerdo con la Norma Mexicana NOM-0062-ZOO 1999, se les dio punto final humanitario.

4.- Análisis estadístico

Los datos se expresaron como la media ± error estándar de la media (SEM). GraphPad Prism Versión 8.0.2; GraphPad Software Inc., La Jolla, CA, EUA).

RESULTADOS.





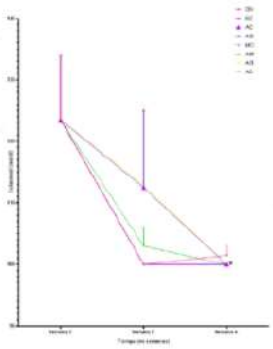
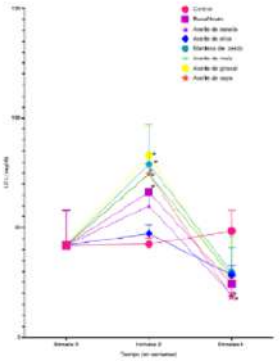
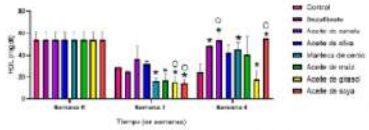


Figura 1. *Medición de peso*
Figura 2. *Medición de glucosa*
Figura 3. *Medición de colesterol*





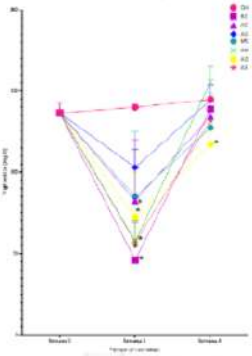


Figura 4. *Medición de colesterol LDL*
Figura 5. *Medición de colesterol LDL*
Figura 6. *Medición de triglicéridos*

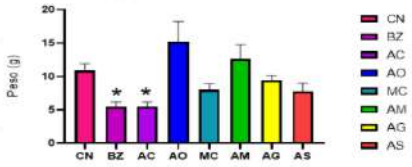


Figura 7. *Grasa Visceral*

CONCLUSIONES. Los aceites vegetales evaluados (aceite de canola, aceite de oliva, aceite de maíz, aceite de girasol, aceite de soya y manteca de cerdo) no mostraron cambios significativos en el perfil de lípidos y glucosa. Sin embargo, se observó que el aceite de maíz, el aceite de

girasol, el aceite de soya y la manteca de cerdo disminuyeron significativamente el nivel de lipoproteínas de alta densidad (HDL). Finalmente, se recomienda mantener un consumo calórico adecuado de estos aceites para prevenir enfermedades cardiovasculares.

REFERENCIAS.

1. Munguía-Miranda C, Sánchez-Barrera RG, Hernández-Saavedra D, Cruz-López M. Prevalencia de dislipidemias en una población de sujetos en apariencia sanos y su relación con la resistencia a la insulina. Salud Publica Mex. 2008;50(5):375-82.
2. Enrique Miguel, P., Soca. (2009, 8 noviembre). Dislipidemias. Scielo.
3. Silverthorn DU. Fisiología humana: un enfoque integrado. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2009 [cited 2014 Apr 28]. Available from: https://goo.gl/kS1f8E
4. Battaner-Arias E. Biomoléculas: una introducción estructural a la bioquímica. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca; 2013 [cited 2014 Apr 21]. Available from: https://goo.gl/SzqsLi.
5. Soriano del Castillo JM. Nutrición básica humana. Valencia: Universitat de Valencia; 2006.
6. Belén Ropero, A., Lara. (s. f.). GRASAS (LÍPIDOS) el gran almacén de energía. https://badali.umh.es/assets/documentos/pdf/artic/grasa.pdf
7. Pasqualini JR. Enzymes involved in the formation and transformation of steroid hormones in the fetal and placental compartments. J Steroid Biochem Mol Biol. 2005; 97:401-415.
8. Cachofeiro, V. (2009). Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA. Fundacion BBVA.
9. PROFECO. (2019). Todo sobre los aceites comestibles. Revista del Consumidor, 511. https://revistadelconsumidor.profeco.gob.mx/PDF/2019/RC511-Septiembre-2019.pdf
10. PROFECO. (2016, septiembre). Aceite vegetal comestible: Con sabor. Revista del Consumidor. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/161207/RC477_Aceite-bajas.pdf
11. Beers MH, Porter RS, Jones TV, Kaplan JL, Berkwits M (eds.). El Manual Merck de Diagnóstico y Tratamiento.: Elsevier; Madrid 2007.
12. Ros E, Laguna JC. Tratamiento de la hipertrigliceridemia: fibratos frente a ácidos grasos omega-3. Rev Esp Cardiol. 2006;6(Suppl):52D-61D

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524123**

ERRORES MÁS COMUNES EN LA FASE PREANALÍTICA EN UN LABORATORIO CLÍNICO PRIVADO DEL ESTADO DE MÉXICO

Juan Carlos Chamú Nicanor[1], Roberto Daniel Iñaki Durán Baltazar[2], Ana Gabriela Campos Arroyo[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología; 1132710X@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología, Facultad de Enfermería, daniel.duran@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología, Facultad de Enfermería. ana.campos@umich.mx

Palabras Clave: Calidad, fase preanalítica, laboratorio clínico.

RESUMEN. La fase preanalítica es una etapa clave en el proceso central del laboratorio clínico, ya que diversas técnicas y procedimientos aún no se pueden sistematizar y por consiguiente la mayoría de los errores ocurren en dicha etapa. Estos errores pueden conllevar a diagnósticos incorrectos, tratamientos innecesarios y costos adicionales. El objetivo de este trabajo fue identificar los errores más comunes en la fase preanalítica en un laboratorio clínico privado del estado de México. El enfoque fue cuantitativo, no experimental transeccional con alcance exploratorio. La muestra fue probabilística, incluyendo a 3 empleados del laboratorio y 224 pacientes mayores de 18 años. Se utilizó una ficha de observación, por medio de la cual el personal del laboratorio recolectó los datos de los indicadores contemplados en los errores preanalíticos y se utilizó un formato de lista de chequeo para registrar y verificar en qué condiciones llegan las muestras biológicas. Como principios éticos se consideraron la Declaración de Helsinki, la Ley General de Salud y la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012 del Expediente Clínico. Como resultado se muestra que los principales errores en la identificación del paciente fueron los datos incompletos (20.5 %) y nombre ilegible (7.6 %), dentro de los errores en la solicitud de pruebas de laboratorio se encontró la falta de información sobre los medicamentos que toma el paciente de forma rutinaria (72.8 %) y la presentación de hojas sin el formato de solicitud, por extravío (4.5 %) y en cuanto a los errores preanalíticos de las muestras biológicas se observó principalmente la muestra recibida con etiquetado inadecuado (32.1 %), pacientes sin ayuno (21.9 %), material mal rotulado (8.9 %) y muestras coaguladas (7.6 %). Con lo cual se concluye que es importante identificar los errores en la etapa preanalítica para mejorar la calidad del laboratorio y la atención y servicio del paciente. Por consiguiente, es indispensable la capacitación del personal médico, de enfermería y de laboratorio, así como la mejora en los procedimientos de etiquetado y manejo de muestras.

INTRODUCCIÓN. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) un laboratorio consta de numerosos procesos en los que ciertos elementos de entrada se convierten en elementos de salida mediante una serie de pasos que involucran procesos sistematizados. El proceso central del laboratorio consiste en tres etapas: la etapa preanalítica (recepción de la solicitud de estudios en el laboratorio, preparación del paciente, recolección de muestras biológicas, registro, almacenamiento y transporte al área analítica), la etapa analítica (la realización de pruebas cualitativas y/o cuantitativas de carácter analítico, mediante equipos e instrumentos) y la etapa postanalítica (informe y reporte del resultado, desecho y/o preservación

de la muestra, así como preservación de las evidencias analíticas) (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2022). Aproximadamente más del 60% de los errores en el proceso en el laboratorio clínico se originan en la fase preanalítica (Guevara y Tangarife, 2016), y muchos de ellos escapan al control del analista y del personal del laboratorio, los cuales tienen que ver con deficiencias organizacionales y de falta de capacitación y entrenamiento de quienes indican los estudios, obtienen y transportan las muestras, sobre todo en la realización de pruebas a pacientes ambulatorios y hospitalizados. De la atención que el médico y el personal del laboratorio concedan a esta fase y de su capacidad de comunicación dependerá en gran medida la calidad de las muestras y con ello la certeza y veracidad de los resultados a obtener (Vítolo, 2010).

Por otro lado, los laboratorios de diagnóstico clínico deben contar con un Sistema de Gestión de la Calidad que permita ejecutar y controlar procesos para un correcto desarrollo de las fases preanalítica, analítica y postanalítica del laboratorio, con la intención de reducir los errores que se puedan presentar durante estos procesos. Un sistema de gestión de la calidad se define como "las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad". Esta definición la utilizan tanto la ISO, como el Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI) (Fabian, 2023).. El aseguramiento de la calidad aplicado a las pruebas analíticas (que se hacen en laboratorios clínicos o bancos de sangre) para detectar marcadores infecciosos es uno de los conceptos que ha tomado fuerza en los últimos 10 años. Las normas oficiales mexicanas exigen asegurar la calidad de los resultados emitidos y para su cumplimiento se recomienda el uso de guías y lineamientos internacionales que describen las buenas prácticas que se pueden aplicar al llevar a cabo esta actividad, sin perder de vista que todo lo relacionado con el aseguramiento de la calidad debe estar sustentado mediante la implementación de un sistema de gestión de la calidad (Benítez-Arvizu, 2023).

La calidad en los resultados de laboratorio es un aspecto crítico para garantizar la eficacia de los exámenes médicos. Las mediciones confiables, trazables metrológicamente y comparables proporcionan la base racional para la evaluación de la calidad de un resultado y por consiguiente influyen directamente en la toma de decisiones clínicas y en la atención y seguridad del paciente (Guevara-Arismendy et al., 2022).

Sin calidad en los resultados se pueden observar algunas de las consecuencias con mayor relevancia, tales como un tratamiento innecesario, falta de un tratamiento adecuado, un diagnóstico correcto retrasado, o incluso pruebas diagnósticas adicionales que no brindarán relevancia al diagnóstico ni tratamiento del paciente (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016). Por lo tanto, en las últimas décadas se ha observado la importancia de los procesos de calidad, el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales, así como protocolos y procedimientos que garanticen la disminución de fallas y errores en cada proceso del laboratorio clínico, ya que con esto se pueden prevenir en gran medida los daños a la integridad de los pacientes en sus procesos de enfermedad-salud. Así como satisfacer las demandas y necesidades de los pacientes y del personal de salud (Apunte y Francisco, 2017; Garzón, 2010).

Derivado de los principales errores que se observan en la etapa preanalítica (solicitud del paciente, preparación del paciente, toma de muestra, transporte y conservación de las muestras, manejo de las muestras para ingresar a la fase analítica) (Entidad Mexicana de Acreditación, [EMA], (S.F.), se han abordado estrategias para poder minimizar estos errores, dentro de los cuales se encuentran la capacitación del personal, así como la evaluación de indicadores clave de desempeño de la etapa preanalítica, ya que con ello permitirá dar seguimiento a la gestión de la calidad y así se asegurará el desempeño en términos de calidad, ya que este último es un requisito para procesos de acreditación (Panunzio et al., 2022).

ANTECEDENTES. En un estudio realizado por Anguiano-Sánchez et al. (2011) observaron que la mayoría de los errores se dieron en la fase pre-analítica; siendo la mala identificación del paciente la principal fuente de error. Por su parte, la Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations (JCAHO) asegura que la identificación incorrecta de pacientes produce un 13% de los errores médicos en cirugía y un 67% de los errores en las transfusiones (Hernández et al., 2018). Quiroz-Arias (2010) encontró que las causas más comunes de rechazo fueron muestra coagulada (41.9%), hemolizada (25.2%) y volumen inadecuado de muestra (23.1%). Finalmente, en el estudio de Gil et al. (2016) mencionan que entre los errores: muestra coagulada, mal enrasada, hemolizada y no remitida, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa.

OBJETIVO. Identificar los errores más comunes en la fase preanalítica en un laboratorio clínico privado del estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS. Estudio con enfoque cuantitativo y diseño no experimental transeccional. Se solicitó autorización a la dueña del laboratorio "Santa cruz" del estado de México para utilizar la información recabada sobre los factores que se tienen que tomar en cuenta por el personal del laboratorio para la fase preanalítica. La muestra fue probabilística, incluyendo a 3 empleados del laboratorio y 224 pacientes mayores de 18 años. Se utilizó una ficha de observación (Collado, 2023) en donde el personal del laboratorio recolectó los datos de los indicadores contemplados en los errores preanalíticos y se empleó un formato de lista de chequeo (Collado, 2023) para registrar y verificar en qué condiciones llegan las muestras biológicas. Como principios éticos se consideraron la Declaración de Helsinki, la Ley General de Salud y la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012 del Expediente Clínico. Finalmente, los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico SPSS v25.

RESULTADOS. La ficha de observación y la lista de cotejo fueron empleadas por el personal del laboratorio "Santa cruz" del estado de México para el análisis de la información recabada a través de 224 pacientes mayores de 18 años que acudieron al laboratorio.
Como resultado se muestra que los principales errores en la identificación del paciente fueron los datos incompletos (20.5 %) y nombre ilegible (7.6 %), dentro de los errores en la solicitud de pruebas de laboratorio se encontró la falta de información sobre los medicamentos que toma el paciente de forma rutinaria (72.8 %) y la presentación de hojas sin el formato de solicitud por extravió (4.5 %) (Tabla 1) y en cuanto a los errores preanalíticos de las muestras biológicas se observó principalmente la muestra recibida con etiquetado inadecuado (32.1 %), pacientes sin ayuno (21.9 %), material mal rotulado (8.9 %) y muestra coagulada (7.6 %) (Tabla 2).

Error en la identificación del paciente		Error en la Solicitud de pruebas de laboratorio	
Tipo de error	%	Tipo de error	%
Datos del paciente, incompletos	20.5	Falta de información sobre medicamentos que toma	14.2
Nombre ilegible	7.6	Hojas sin el formato de solicitud (por extravío)	4.5

Sin solicitud	1.8	Datos erróneos en la solicitud	0
Nombre incompleto	0	-	-

Tabla 1. *Tipos de errores preanalíticos relacionados a la solicitud de estudios.*

Tipo de error	%
Muestra recibida con etiquetado inadecuado	32.1
Ayuno	21.9
Material mal rotulado	8.9
Tiempo inadecuado en toma de muestra	4
Material sin rotular	4
Muestra insuficiente	2.2
Doble punción	1.3
Recipiente inadecuado	0.9
Error en preparación del paciente	0.4
Muestra coagulada	0.4
Muestra hemolizada	0
Falta de conservación en la muestra 4 – 8 °C	0

Tabla 2. *Errores preanalíticos relacionados a la toma de muestras biológicas*.

CONCLUSIONES. La identificación de los errores en la etapa preanalítica permite mejorar la calidad en el servicio del laboratorio y la atención del paciente. Por consiguiente, es indispensable tomar conciencia sobre la capacitación continua del personal médico, de enfermería y de laboratorio para la disminución de dichos errores preanalíticos y poder contribuir al correcto diagnóstico en beneficio de cada uno de los pacientes.

REFERENCIAS.

1. Angüiano-Sánchez, N., Perales-Quintanaa, M., Díaz-Olacheaa, C., Cázares-Tameza, R., Pérez-Cháveza, F. y Llaca-Díaz, J. (2011). Errores en el laboratorio clínico; evaluación de tipos y frecuencias. Revista Medicina Universitaria; 13(52):133-138. https://www.elsevier.es/en-revista-medicina-universitaria-304-pdf-X1665579611356429
2. Apunte, A. y Francisco, J. (2017). Calidad en la Gestión Preanalítica de un laboratorio clínico de derivación de muestras biológicas. Agora de Heterodoxias. 3(2), 66-88. https://revistas.uclave.org/index.php/agora/article/view/162/69
3. Benítez-Arvizu, G., Novelo-Garza, B., Mendoza-Valdez, A., Galván-Cervantes, J. y Morales-Rojas, A. (2016). Gasto excesivo por uso inadecuado del laboratorio clínico. Rev Med Inst Mex Seguro Soc; 45(2), 216-223. https://www.redalyc.org/journal/4577/457746954016/html/
4. Fabian, J. (2023). Errores preanalíticos que impactan los resultados de laboratorio. https://colombia.annarht.com/errores-preanaliticos-que-impactan-los-resultados-de-laboratorio/
5. Gil, P., Franco, M. y Galbán, G. (2016). Evaluación de errores preanalíticos en el laboratorio de planta del HIGA O. Alende de Mar del Plata. Acta bioquímica clínica latinoamericana, 50(3), 463-468. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572016000300015

6. Guevara, M. y Tangarife, J. (2016). Fase Preanalítica: punto crítico en las pruebas del diagnóstico hematológico. La Clínica y el Laboratorio. 22(9-10), 411-446, https://medicinaylaboratorio.com/index.php/myl/article/view/91/78
7. Hernández, A., De la Fuente, P., Garrote, J., Lobo, R., Lurueña, M. y Eiros, J. (2018). Minimización de errores preanalíticos y su repercusión en el control del laboratorio clínico. Revista del laboratorio clínico, 11(1), 51-58. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1888400817300314
8. Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2022). Laboratorios Clínicos- Requisitos para la Calidad y la Competencia. (ISO 15189). https://iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15189:ed-4:v1:es:fn:3
9. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2024). Gestión de la calidad. https://extranet.who.int/lqsi/es/content/gesti%C3%B3n-de-la-calidad-0
10. OMS. (2016). Sistema de Gestión de la Calidad en el Laboratorio. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/252631/9789243548272-spa.pdf?sequence=1
11. Panunzio, A., Molero, T. y Cruz, S. (2022). Desempeño de indicadores preanalíticos en laboratorios clínicos. Enfermería Investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión, 7(2). 5-11. https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/enfi/article/view/1607
12. Quiroz-Arias, C. (2010). Errores preanalíticos en el laboratorio clínico de un hospital de tercer nivel: prueba piloto. Revista Salud Uninorte, 26(2), 189-200. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522010000200003
13. Vítolo, F. (2010). Laboratorios de Análisis Clínicos: Errores más Frecuentes y Manejo de Riesgos. Biblioteca Virtual NOBLE. http://asegurados.descargas.nobleseguros.com/download/posts/November2017/oyEbcLGEDf1EP2U0kRLA.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524125

LA QUERCETINA PARECE REVERTIR LOS CAMBIOS EN LA ESPECIE DE CLOSTRIDIUM COCCOIDES EN RATAS MACHOS Y HEMBRAS CON DESTETE TEMPRANO

Jimena Michel Alonzo Abundiz[1], Valeria Fraga Ramírez[2], Pedro Alberto Romero, Luz Torner
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1907981b@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Palabras Clave: microbioma, destete temprano, quercetina.

RESUMEN. El estrés neonatal puede provocar una disbiosis intestinal significativa. El destete temprano (EW) al día 15 postnatal (PN15) parece constituir otro tipo de estresor neonatal. La quercetina es un flavonoide conocido por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, además que actúa como neuroprotector. Se conoce también que puede aumentar la abundancia de bacterias beneficiosas y disminuir las bacterias patógenas, ayudando así a restablecer el equilibrio de la microbiota. La microbiota intestinal forma parte del eje microbiota-intestino-cerebro. La composición de las bacterias intestinales se adquiere principalmente en los primeros años de vida. Por lo tanto, el estrés en esta etapa puede tener efectos profundos y duraderos en la microbiota intestinal alterando la comunicación entre el intestino y el cerebro. Objetivos: Este estudio evalúa los efectos del destete temprano sobre la microbiota intestinal e investiga el potencial de la quercetina para revertir la disbiosis inducida por dicho estrés. Metodología: Se recolectaron las heces fecales de Ratas Sprague dawley machos y hembras destetadas al PN15 (grupo EW) y ratas Control. A la mitad de los grupos se les administró Quercetina (Q, 50mg/kg) o aceite de canola (Solución vehículo) del PN16-21. Se realizó el aislamiento del ADN a partir de heces fecales, y se analizó la abundancia relativa de Clostridium coccoides mediante qPCR. Resultados: El destete temprano (EW) disminuyó significativamente la población relativa de Clostridium en los machos, pero la aumentó en las hembras. La Quercetina aumentó la población relativa de Clostridium en las hembras Control y EW, pero en los machos, la Q disminuyó la población en el grupo Control, pero la aumentó en el grupo EW. Conclusión: La quercetina podría ser una intervención efectiva para mitigar los efectos negativos del estrés temprano en la microbiota intestinal de ambos sexos, y contribuir a la restauración del equilibrio microbiano.

ANTECEDENTES. El estrés es una respuesta fisiológica compleja que se activa en presencia de factores estresantes, ya sean físicos o psicológicos. Su exposición prolongada o intensa puede tener efectos adversos en la salud, especialmente durante etapas críticas del desarrollo. El estrés durante las etapas tempranas de la vida, como el periodo neonatal, puede alterar significativamente el desarrollo y maduración del sistema nervioso afectando la salud a largo plazo (Foster et al., 2017). El estrés neonatal es un factor crítico que impacta tanto el desarrollo del sistema nervioso como la composición de la microbiota intestinal, definida como un conjunto de microorganismos esenciales para la digestión, la inmunidad y la comunicación a través del eje microbiota-intestino-cerebro (Tremblay et al., 2021). Estudios han demostrado que la disbiosis intestinal, un desequilibrio en la comunidad microbiana, se relaciona con efectos adversos, incluyendo inflamación sistémica y trastornos del comportamiento. Entre los factores estresantes

neonatales, el destete temprano al día 15 postnatal ha sido identificado como un evento que provoca una disbiosis significativa, aumentando la permeabilidad intestinal y alterando la comunicación entre el intestino y el cerebro (Tremblay et al., 2021). Para investigar estos efectos y sus consecuencias en la salud intestinal y neurofisiológica, se utilizan modelos animales en roedores, tales como las ratas Sprague Dawley. Estos modelos permiten simular condiciones de estrés neonatal y analizar los cambios en la microbiota intestinal y en la respuesta del sistema nervioso, proporcionando información sobre los mecanismos del impacto del estrés temprano. Una parte de estos puede conducir a una disbiosis intestinal significativa, caracterizada por una reducción de bacterias beneficiosas y un aumento de patógenos oportunistas (Tremblay et al., 2021). Esta disbiosis se ha asociado con una serie de condiciones adversas, como la inflamación intestinal, el aumento de la permeabilidad intestinal y alteraciones en la respuesta inmunológica, que pueden afectar la producción de neurotransmisores y otros metabolitos fundamentales para la función cerebral, aumentando así el riesgo de desarrollar trastornos neuropsiquiátricos y otros problemas de salud a largo plazo (Foster et al., 2017).

Los prebióticos son componentes alimentarios no digestibles que benefician al huésped al estimular selectivamente el crecimiento y la actividad de bacterias beneficiosas en el intestino, como las bifidobacterias y los lactobacilos (Tremblay et al., 2021). Estos componentes, principalmente carbohidratos como la fibra dietética (inulina, fructooligosacáridos, galactooligosacáridos), no son digeridos por las enzimas del tracto gastrointestinal humano, sino que sirven como fuente de alimento para la microbiota intestinal. Un microbioma equilibrado es fundamental para mantener la integridad de la barrera intestinal y prevenir la disbiosis, condición asociada con varias enfermedades como el síndrome del intestino irritable, la obesidad, la diabetes tipo 2, y algunas enfermedades neuropsiquiátricas (Foster et al., 2017). Además, los prebióticos pueden influir en la salud mental y el comportamiento a través del eje microbiota-intestino-cerebro, ya que se ha demostrado que su administración aumenta la producción de neurotransmisores como la serotonina, con efectos ansiolíticos y antidepresivos (Tremblay et al., 2021).

Por otro lado, los flavonoides, una subclase de los polifenoles, son compuestos bioactivos ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras, té, vino y cacao. Se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimutagénicas y anticarcinogénicas (Horn et al., 2022). Estos compuestos protegen las células contra el daño oxidativo al neutralizar los radicales libres y modulan las vías de señalización inflamatoria, ayudando así a reducir la inflamación crónica. Además, los flavonoides son metabolizados por la microbiota intestinal, generando metabolitos bioactivos que pueden tener efectos positivos en la salud del huésped. Estos compuestos no solo modifican la composición de la microbiota intestinal al promover el crecimiento de bacterias beneficiosas y suprimir bacterias patógenas, sino que también pueden cruzar la barrera hematoencefálica, influenciando la función cerebral al modular la señalización celular y reducir la neuroinflamación (Cardona et al., 2013). Entre los flavonoides, la quercetina es uno de los más estudiados, presente en alimentos como las manzanas, cebollas, uvas, bayas, brócoli, té y vino tinto. Este compuesto ha recibido considerable atención por sus múltiples propiedades beneficiosas para la salud (Shabbir et al., 2021). Con sus potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, la quercetina neutraliza los radicales libres y reduce el estrés oxidativo en las células, además de inhibir la liberación de mediadores inflamatorios como las citoquinas y quimiocinas, disminuyendo así la inflamación crónica (Cardona et al., 2013). En cuanto a sus efectos neuroprotectores, se ha demostrado que la quercetina reduce la neuroinflamación y protege contra el daño neuronal inducido por el estrés oxidativo, mejorando también la función cognitiva al promover la neurogénesis y la plasticidad sináptica (Horn et al., 2022). También la quercetina puede influir directamente en la composición de la microbiota

intestinal, aumentando la abundancia de bacterias beneficiosas como Lactobacillus spp y Bifidobacterium, mientras reduce la proliferación de bacterias potencialmente patógenas como Clostridium. La quercetina podría ayudar a restaurar la homeostasis intestinal y mejorar la comunicación intestino-cerebro (Shabbir et al., 2021).

OBJETIVO. Determinar cómo el destete temprano afecta la composición de la microbiota intestinal en ratas Sprague Dawley, evaluando la abundancia relativa de bacterias beneficiosas y patógenas.

MATERIALES Y MÉTODOS. En este estudio se utilizaron heces fecales provenientes de grupos de ratas adultas de la cepa Sprague Dawley
Las ratas se asignaron a cuatro grupos experimentales, divididas también por sexo: control con vehículo (C-VHE), control con quercetina (C-Q), destete temprano con vehículo (EW-VEH) y destete temprano con quercetina (EW-Q). Los grupos de destete temprano (EW) fueron destetados al día 16 postnatal; este modelo simula condiciones de estrés neonatal o negligencia parental. A la mitad de estos grupos se les administró quercetina por vía oral a una dosis de 50 mg/kg, disuelta en aceite de canola, durante seis días consecutivos (días 16 a 21 postnatal).
Posteriormente, las ratas se mantuvieron hasta los 3 meses de edad.
Después, se llevó a cabo la eutanasia de los animales siguiendo la Norma Oficial Mexicana (NOM-062-ZOO-1999), para cuidado y uso de los animales de laboratorio. Se realizó el aislamiento de muestras fecales de la región del ciego del intestino grueso. Las muestras se colocaron en microtubos estériles de 1.5 ml y se almacenaron a -30 °C para análisis posteriores.
Extracción de material genético
El ADN genómico fue extraído siguiendo el protocolo del Kit de Extracción de ADN de Muestras Fecales (ZymoBIOMICS DNA Miniprep Kit). Cada muestra fue medida y ajustada a 100 ng/mL utilizando un NanoDrop.
Reacción en cadena de la polimerasa tiempo real
Se prepararon oligonucleótidos específicos (The Ultimate Oligos, Eurofins Genomics) para la amplificación de genes de interés. Cada reacción de qPCR incluyó 1 microlitro de ADN, Master Mix (Luna Universal qPCR, New England BioLabs INC), 0.5 microlitros de oligonucleótidos directos e inversos, y 3 microlitros de agua estéril. Las amplificaciones se realizaron en el equipo CFX96 Real-Time System (Bio-Rad). Todas las muestras se analizaron por duplicado y los resultados se calcularon de acuerdo al método de análisis ΔΔCT.

Especie bacteriana	Forward 5´-3´	Reverse 3´-5´
Bacterias totales	GCA GGC CTA ACA CAT GCA AGT C	CTG CTG CCT CCC GTA GGA GT
Clostridium coccoides	AAA TGA CGG TAC CTG ACT AA	CTT TGA GTT TCA TTC TTG CGA A

Tabla 1. *Oligonucleótidos específicos. Se ilustran las secuencias de oligonucleótidos utilizadas en el estudio.*

Análisis estadístico. Los resultados se reportaron como promedio y S.E.M., y se compararon estadísticamente utilizando pruebas de análisis de varianza de dos vías seguidas de pruebas post hoc de Tukey para determinar diferencias significativas entre los grupos experimentales.

RESULTADOS. Los análisis estadísticos mostraron que el destete temprano y la quercetina tienen efectos significativos solos y por su interacción sobre el género Clostridium, pero en los machos solo la interacción fue significativa. El destete temprano (grupos EW-VEH) induce una disminución en los machos y un aumento en las hembras de la especie Clostridium coccoides comparado con sus grupos control (C-VEH). La administración de quercetina disminuye la cantidad relativa de Clostridium presente en machos y hembras del grupo control (C-Q). Sin embargo, en los grupos con EW, la Quercetina aumenta la cantidad en los machos mientras que la disminuye en las hembras.

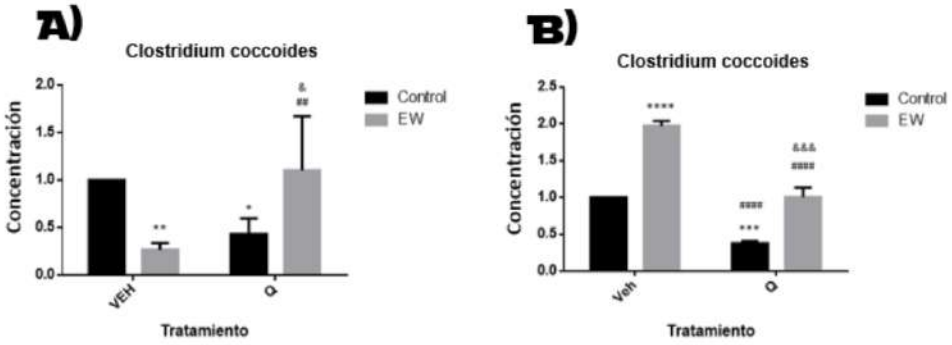


Figura 1. *Cantidades relativas de la especie Clostridium coccoides en el intestino ciego de ratas macho (A) y hembra (B). (diferencia significativa entre los grupos EW-VEH y control, significancia *P < 0.05, significancia mayor de **P < 0.01,)*

CONCLUSIONES. Los resultados de este estudio sugieren que el destete temprano, tiene un impacto negativo significativo sobre la microbiota intestinal, reduciendo o aumentando la abundancia relativa de Clostridium coccoides, de acuerdo al sexo. La intervención con quercetina muestra un efecto restaurador al modificar la proporción de Clostridium coccoides, acercándola a los niveles observados en los grupos control respectivos, por lo que podría ser una estrategia efectiva para mitigar algunos de los efectos adversos asociados con el destete temprano.

REFERENCIAS.

1. Foster, J. A., Rinaman, L., & Cryan, J. F. (2017). Stress & the gut-brain axis: regulation by the microbiome. Neurobiology of stress, 7, 124-136.
2. Tremblay, A., Lingrand, L., Maillard, M., Feuz, B., & Tompkins, T. A. (2021). The effects of psychobiotics on the microbiota-gut-brain axis in early-life stress and neuropsychiatric disorders. Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry, 105, 110142.
3. Horn, J., Mayer, D. E., Chen, S., & Mayer, E. A. (2022). Role of diet and its effects on the gut microbiome in the pathophysiology of mental disorders. Translational psychiatry, 12(1), 164.
4. Cardona, F., Andrés-Lacueva, C., Tulipani, S., Tinahones, F. J., & Queipo-Ortuño, M. I. (2013). Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. The Journal of nutritional biochemistry, 24(8), 1415-1422.
5. Shabbir, U., Rubab, M., Daliri, E. B. M., Chelliah, R., Javed, A., & Oh, D. H. (2021). Curcumin, quercetin, catechins and metabolic diseases: The role of gut microbiota. Nutrients, 13(1), 206.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524126

CARACTERIZACIÓN DE CEPAS DE *Acinetobacter baumannii* DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Matilde Cecilia Martínez Vázquez[1], Ma. Soledad Vázquez Garcidueñas[2], Luis David Chora Hernández[3], Gerardo Vázquez Marrufo[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1107214j@umich.mx

2 niversidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; soledad.vazquez@umich.mx

2 universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 9502057j@umich.mx

3 niversidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gerardo.marrufo@umich.mx

Palabras Clave: *Acinetobacter baumannii*, infección nosocomial, virulencia.

RESUMEN. Acinetobacter baumannii es uno de los agentes de mayor prevalencia en infecciones nosocomiales. Su patogenia se atribuye a la combinación de factores de virulencia que interactúan para causar infecciones, permitiendo su diseminación dentro del entorno hospitalario. Dichos factores incluyen su capacidad para formar biopelículas, la movilidad, la captación micronutrientes y la secreción de proteínas efectoras que le permiten subsistir en condiciones adversas del ambiente hospitalario y evadir las defensas del hospedero. En este trabajo se analizó mediante PCR la presencia de diez genes asociados a factores de virulencia, incluyendo formación de biopelícula, movilidad y captación de micronutrientes, así como ensayos fenotípicos de formación de biopelícula y motilidad de contracción. Se incluyeron 30 cepas obtenidas de diversos tipos de muestras provenientes del Hospital General “Dr. Miguel Silva” de Morelia, Michoacán. La incidencia de genes relacionados con virulencia entre las cepas de estudio fue: ompA 27/30 (90%), pilA 20/30 (66.6%), pilU 27/30 (90%), pilT 30/30 (100%), bap 29/30 (96.6%), csuE 25/30 (83.3%), bauA 10/30 (33.3%), basD 29/30 (96.6%), luxR 7/30 (23.3%) y blaOXA-23like 9/30 (30%). De las cepas analizadas, 29 (96.66 %) mostraron capacidad para formar biopelícula, de las cuales 12 (40%) exhibió una formación de biopelícula extremadamente fuerte, 8 (26.6%) mostró fuerte capacidad de formación de biopelícula, 6 (20%) presentó moderada formación de biopelícula y 4 (13.33%) exhibieron producción de biopelícula débil. Respecto al ensayo de motilidad, 28 cepas (93.33%) mostraron movilidad, esta clasificó en motilidad fuerte exhibida por 18 cepas (60%) y motilidad intermedia observada en 10 cepas (33.3%). Los resultados muestran que las cepas presentan diversidad genotípica en genes de virulencia, así como diversidad en fenotipos de resistencia al estrés y virulencia.

INTRODUCCIÓN. Acinetobacter baumannii es un patógeno nosocomial oportunista gramnegativo, aerobio estricto. Este patógeno es uno de los agentes de mayor prevalencia en infecciones nosocomiales, siendo responsable de aproximadamente el 20% de infecciones en todo el mundo. Infecta y coloniza pacientes hospitalizados en estado crítico o debilitados por sus comorbilidades, por lo que es común observar la presencia de A. baumannii en unidades de cuidados intensivos y de quemados, causando principalmente neumonía asociada a ventilación, bacteriemia, infecciones de la piel, tejidos blandos y del tracto urinario, meningitis y endocarditis (Morris et al., 2019; Dehbanipour y Ghalavand, 2022). La intervención de A. baumannii en infecciones hospitalarias ha sido un reto en las últimas décadas debido a su amplia resistencia a

antibióticos y la alta mortalidad asociada a dichas infecciones (Vanegas et al., 2014; Dehbanipour y Ghalavand, 2022). El aumento de cepas multirresistentes ha limitado las opciones de tratamiento para este patógeno, que se ha convertido en una gran amenaza para los pacientes hospitalizados en todo el mundo. Por esta razón, una mejor comprensión de la virulencia de A. baumannii a nivel regional contribuye al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas para prevenir y tratar las infecciones por este patógeno (Morris et al., 2019).

ANTECEDENTES. La patogenia de A. baumannii se atribuye a una compleja combinación de factores que incluyen un amplio repertorio de factores de virulencia que interactúan para causar infecciones, permitiendo que dicho patógeno se disemine fácilmente dentro de los entornos hospitalarios, entre los factores de virulencia destaca su capacidad para formar biopelículas, que le permite subsistir en condiciones adversas del ambiente hospitalario, y contribuye a evadir las defensas del hospedero. Otros factores de virulencia incluyen la movilidad, la captación micronutrientes y la secreción de proteínas efectoras. (Al-Shamiri et al., 2021; Mea et al., 2021; Sarshar et al., 2021). Durante los últimos años se ha buscado descifrar los mecanismos que hacen que A. baumannii sea tan exitoso en el ambiente clínico, ya que su patogenia se ha atribuido a una combinación de elementos y varios factores de virulencia, los cuales participan conjuntamente para causar la infección (Mea et al., 2021). La formación de biopelículas en A. baumannii es un factor de virulencia y supervivencia relevante, que permite al patógeno colonizar diversos entornos, sobrevivir en condiciones adversas y resistir a los antibióticos. En la formación de biofilm participan genes específicos como csuABCDE, bap, abaI, y OmpA, junto con el pili tipo IV. Este mecanismo es fundamental para la capacidad de A. baumannii para causar infecciones persistentes y representa un desafío en entornos clínicos (Wang et al., 2018; Roy et al., 2022).
La formación de biopelículas de A. baumannii también se asocia con la señalización de quorum sensing (QS), estrategia de comunicación bacteriana que ayuda al mantenimiento de la biopelícula y la regulación de la densidad poblacional a través de moléculas de señalización llamadas autoinductores que regulan varios fenotipos, incluyendo la motilidad (Mea et al., 2021; Morris et a., 2019; Modarresi et al., 2015). De la familia de proteínas LuxRI, LuxI es la acil homoserina lactona que interactúa con la proteína LuxR codificada por el gen luxR, que media la respuesta transcripcional para regular la maduración de biopelículas (Morris et al., 2019; Modarresi et al., 2015). OmpA es la porina más abundante en la membrana externa de A. baumannii, codificada por el gen OmpA y tiene un papel multifacético. Además de contribuir en la formación de biopelículas, está implicada en la adhesión e invasión, y confiere efectos citotóxicos a través de unión y adhesión. (Mea et al., 2021; Al-Shamiri et al., 2021). El sistema pili tipo IV juega un papel clave en la unión a superficies y la formación de biopelículas, y es esencial en la motilidad de contracción de A. baumannii. Entre los genes implicados en el ensamblaje se encuentran pilA, pilU y pilT (Mea et al., 2021). Además de su papel en la motilidad, la variabilidad del gen pilA que codifica la subunidad principal PilA que mantiene un equilibrio entre la motilidad y la formación de biopelículas, contribuyendo así a la evasión del sistema inmunológico del huésped. Se ha documentado que la pérdida de motilidad da como resultado una atenuación significativa en la virulencia del patógeno (Mea et al., 2021). Entre otros factores que contribuyen al éxito de A. baumannii como patógeno nosocomial se puede encontrar en la multiplicidad de mecanismos de adquisición de hierro el cual es esencial para sus funciones metabólicas y nutricionales de la bacteria. En términos generales, las bacterias responden a la baja disponibilidad de hierro mediante la activación de múltiples estrategias de adquisición de hierro, incluyendo: la captación de Fe 2+ eventualmente generado por la reducción de Fe 3+, (ii) la captación de hemo de las hemoproteínas del huésped y (iii) la síntesis y secreción de compuestos

quelantes de hierro de bajo peso molecular, llamados sideróforos, y la captación de complejos de hierro exógenos (Artuso et al., 2023).

OBJETIVO. Identificar las características fenotípicas y genotípicas asociadas a virulencia en cepas de *Acinetobacter baumannii* provenientes de infecciones nosocomiales.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron 30 cepas de Acinetobacter baumannii aisladas en el Laboratorio de Microbiología del Hospital General "Dr. Miguel Silva" de Morelia, Michoacán de pacientes del mismo nosocomio, obtenidas de distintos sitios de infección.
Amplificación por PCR. Los ensayos de amplificación se realizaron en un termociclador Veriti (Applied Biosystems) con el siguiente programa: desnaturalización inicial a 95°C/2 min; 30 ciclos con desnaturalización a 95°C por 30s, alineamiento a 55°C por 30 s, extensión a 72°C por 1 min, y una extensión final a 72°C por 5 min. Los productos de PCR se visualizaron mediante electroforesis en geles de agarosa al 1.0%, teñidos con bromuro de etidio, usando un fotodocumentador Chemi Doc (BioRAD, USA).
Formación de biopelículas. Se analizó a partir suspensiones bacterianas ajustadas a una densidad óptica de 0.2. Dichas suspensiones se inocularon en placas de 96 pozos de poliestireno y se incubó a 25 ºC por 72 h. Posteriormente, se realizaron lavados con buffer fosfato salino (PBS) y se tiñó con cristal violeta al 0.4% (p/v). Se lavó nuevamente con PBS, el colorante se solubilizó con etanol al 95 % (v/v) y se midió la absorbancia del sobrenadante a 595 nm.
Ensayo de motilidad. La motilidad de contracción se evaluó utilizando medio Mueller Hinton (MH) con agar al 0.8% (p/v). Se inoculó una colonia por picadura. Las placas se incubaron a 37 ºC durante 48 h y posteriormente se descartó el agar y se tiñó la placa con cristal violeta al 1% (p/v) para observar la dispersión de la bacteria desde la zona de inoculación.

RESULTADOS. La incidencia de genes relacionados con virulencia entre las cepas de estudio fue: *ompA* asociado con la formación de biopelícula, resistencia a antimicrobianos y citotoxicidad, se encontró en 27/30 (90%), Los genes que codifican para las proteínas PilA, PilU y PilT involucradas en la movilidad y formación de biopelícula se encontraron presentes *pilA* 20/30 (66.6%), *pilU* 27/30 (90%), *pilT* 30/30 (100%), *bap* relacionado con la formación y maduración de biopelícula se encontró en 29/30 (96.6%), *csuE* relacionado con la formación de biopelícula estuvo presente en 25/30 (83.3%), Los genes *bauA* y *basD*, los cuales están relacionados con la producción de sideróforos estuvieron presentes en 10/30 (33.3%), 29/30 (96.6%) respectivamente, *luxR* relacionado con el sistema *Quorum Sensing* se encontró en 7/30 (23.3%) y $bla_{\text{OXA-23like}}$ asociado a la resistencia a carbapenémicos y producción de biopelícula estuvo presente en 9/30 (30%). Al evaluar la capacidad de formación de biopelícula en las cepas de estudio, se observó que la cepa ACIN013 destaca como la primera del grupo de las cepas que muestran capacidad extremadamente fuerte de formación de biopelícula (D. O. 3.420 ± 0.032) en comparación con el resto de las cepas. De un total de 30 cepas estudiadas, el 73.3 % mostraron una fuerte capacidad para formar biopelícula, el 13.3 % de las cepas presentaron una capacidad moderada, mientras que el 10 % exhibió una capacidad débil para generar biopelícula (Fig. 1).

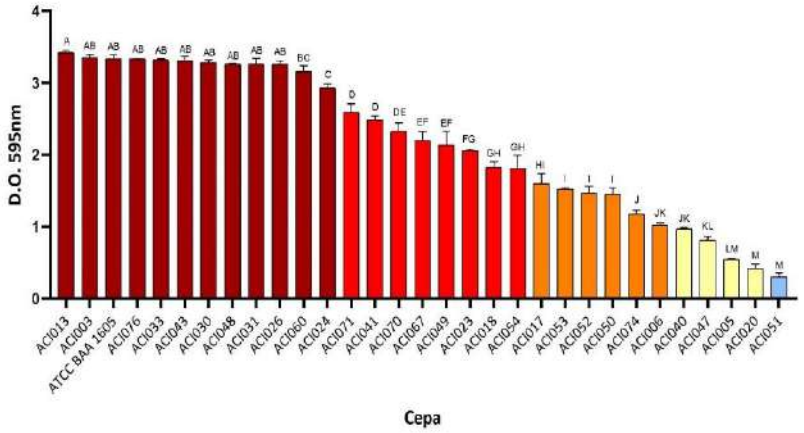


***Figura 1**. Ensayo de formación de biopelícula. Se analizaron 30 cepas, así como la cepa de referencia ATCC BAA 1605. Se muestran las medias ± D.E. de ensayos realizados por triplicado para cada una de las cepas. Los valores conectados por la misma letra muestran una significativa similitud entre ellas, ANOVA de dos vías con prueba post hoc de Tukey-Kramer (P<0.05).*

La motilidad de contracción fue clasificada en las siguientes tres categorías: ninguna (<5 mm), intermedia (5–20 mm) o fuerte (>20 mm). Empleando dicha escala se observó que el 60 % de las cepas posee fuerte capacidad móvil, 33.3 % motilidad intermedia y solo un 6.7 % no mostraron motilidad (Fig. 2). La cepa que presentó mayor motilidad fue ACIN024 (62.66 ± 1.52) y las cepas que no mostraron capacidad de movimiento fueron ACIN051 (5 ± 1) y ACIN067 (5 ± 1).

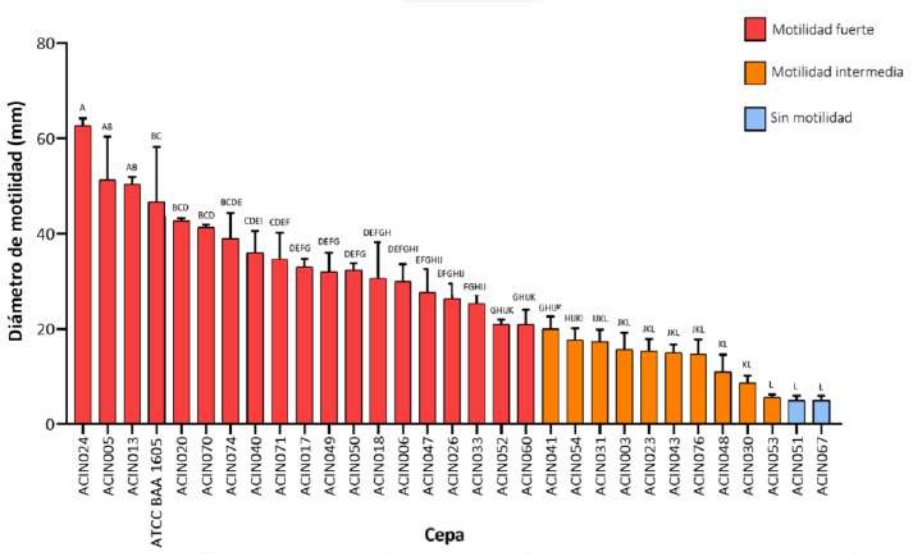


***Figura 2.** Ensayo de motilidad de contracción en las cepas de estudio de Acinetobacter baumannii. Se analizaron 30 cepas y la cepa de referencia ATCC BAA 1605. Se muestran las medias ± D.E. de ensayos realizados por triplicado para cada una. Los valores conectados por la misma letra muestran una significativa similitud entre ellas al realizar un ANOVA de dos vías con prueba post hoc de Tukey-Kramer (p<0.05).*

CONCLUSIONES. Las cepas bacterianas responsables de infecciones nosocomiales en Morelia, Michoacán, muestran una variabilidad en los genes relacionados con la virulencia y en su capacidad para resistir condiciones de estrés. La mayoría de las cepas estudiadas presentan un alto potencial para causar enfermedad, lo que indica que son altamente virulentas.

REFERENCIAS.

1. Al-Shamiri MM, Zhang S, Mi P, Liu Y, Xun M, Yang E, Ai L, Han L, Chen Y. 2021. Phenotypic and genotypic characteristics of Acinetobacter baumannii enrolled in the relationship among antibiotic resistance, biofilm formation and motility. Microbial Pathogenesis. 155: 104922. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104922https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104922

2. Artuso I, Poddar H, Evans BA, Visca P. 2023. Genomics of Acinetobacter baumannii iron uptake. Microbial Genomics. 9(8). https://doi.org/10.1099/mgen.0.001080.
3. Dehbanipour R & Ghalavand Z. 2022. Acinetobacter baumannii: pathogenesis, virulence factors, novel therapeutic options and mechanisms of resistance to antimicrobial agents with emphasis on tigecycline. Journal of Clinical Pharmarcy and Therapeutics. 47(11):1875–1884. https://doi.org/10.1111/jcpt.13787https://doi.org/10.1111/jcpt.13787
4. Mea HJ, Yong PV, Wong IH. 2021. An overview of Acinetobacter baumannii pathogenesis: motility, adherence and biofilm formation. Microbiological Research. 247: 126722 https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126722https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126722
5. Morris FC, Dexter C, Kostoulias X, Uddin MI, Peleg A. 2019. The mechanisms of disease caused by Acinetobacter baumannii. Frontriers in Microbiology. 10:1601 https://doi.org/10.3389 / fmicb.2019.01601
6. Modarresi F, Azizi, O, Shakibaie MR, Motamedifar M, Valibeigi B, Mansouri S. 2015. Effect of iron on expression of efflux pump (adeABC) and quorum sensing (luxI,luxR) genes in clinical isolates of Acinetobacter baumannii. APMIS. 123(11): 959–968. https://doi.org/10.1111/apm.12455https://doi.org/10.1111/apm.12455
7. Roy S, Chowdhury G, Mukhopadhyay A K, Dutta S, Basu S. 2022. Convergence of biofilm formation and antibiotic resistance in Acinetobacter baumannii infection. Frontiers in Medicine. 9:793615. https://doi.org/10.3389/fmed.2022.793615https://doi.org/10.3389/fmed.2022.793615
8. Sarshar M, Behzadi P, Scribano D, Palamara AT, Ambrosi C. 2021. Acinetobacter baumannii: an ancient commensal with weapons of a pathogen. Pathogens. 10(4):387. https://doi.org/10.3390/pathogens10040387
9. Vanegas J, Roncancio G, Jiménez J. 2014. Acinetobacter baumannii: importancia clínica, mecanismos de resistencia y diagnóstico. CES Medicina. 28(2): 233–246.
10. Wang X, Cole CG, DuPai, CD, Davies BW. 2020. Protein aggregation is associated with Acinetobacter baumannii desiccation tolerance. Microorganisms. 8(3): 343. https://doi.org/10.3390/microorganisms8030343

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524127

CARACTERIZACIÓN DEL MOBILOMA PRESENTE EN CEPAS DE *Salmonella enterica* SEROTIPO TYPHIMURIUM AISLADAS EN MICHOACÁN

Reyes-Rodríguez O [1], Negrete-Paz AM [2], Vázquez Marrufo G[3], Vázquez Garcidueñas MS[4]
1Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo: 1720392d@umich.mx
2Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo: andrea.negrete@umich.mx
3Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo: gerardo.marrufo@umich.mx
3Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo: soledad.vazquez@umich.mx

Palabras Clave: Salmonelosis, Elementos genéticos móviles, Bioinformática, secuencia tipo

RESUMEN. Salmonella enterica serotipo Typhimurium se puede clasificar mediante el esquema de tipificación de secuencias multilocus, para obtener un perfil alélico o secuencia tipo (ST). La ST19 de S. Typhimurium es la secuencia tipo ancestral de la cual surgieron las demás variantes, siendo la ST213 generada en México y detectada más frecuentemente a nivel nacional. En los últimos años ha aumentado significativamente la resistencia a antibióticos en cepas de Salmonella spp no tifoideas. La resistencia y virulencia se pueden explicar mediante la transferencia horizontal de genes, en la cual están involucrados elementos genéticos móviles (mobiloma) como plásmidos, integrones, transposones, secuencias de inserción (SI) y profagos. En este trabajo se ensambló el genoma de once cepas de Salmonella enterica serotipo Typhimurium de ST19 (n=1) y ST213 (n=10) aisladas en Michoacán, y se caracterizó el mobiloma. En las cepas ST19, se destacan los plásmidos IncFIIB y IncFII, mientras que las cepas ST213 presentan una variedad más amplia, incluyendo IncI1, ColRNA, IncA/C2, IncFIB, IncHI2, y RepA. En cuanto a los genes de resistencia, la cepa ST19 exhibe el gen aac(6)-Iaa, mientras que las cepas ST213 presentan una diversidad de genes, como aac(6)-Iaa, flor, tet(A), aph(6), sul2,3, aadA2, oqxA,B, blaCMY-2, y blaTEM-1B. Se observa más genes de virulencia en la cepa ST19, aunque se destaca la presencia del gen sspH2 en las cepas ST213. Las cepas ST213 exhiben más SI y presentan integrones completos y elementos relacionados. Las cepas ST19 muestran más bacteriófagos, específicamente Gifsy 1 y 2, Entero186 Salmon118970_sal3, mientras que las cepas ST213 presentan una diversidad de fagos, como Escher_pro483, Entero_UAB_Phi20, Salmon_SE1, Entero_fiAA91, Entero p88 y Gifsy2, revelando diferencias en la interacción con estos elementos. Las cepas ST213 exhiben una mayor complejidad genómica, con una amplia gama de elementos relacionados con resistencia, virulencia y elementos genéticos móviles en comparación con las cepas ST19.

INTRODUCCIÓN. La constante diversidad que sufre el genoma de Salmonella se debe a las fuerzas evolutivas de transferencia genética horizontal, el cual le permite movilizar ciertos fragmentos específicos del ADN a otras regiones del genoma, este mecanismo además le confiere la ventaja adaptativa a diferentes entornos ambientales donde se encuentre (Brown et al., 2021). Salmonella enterica serovar Typhimurium, es el serovar más común en las enfermedades transmitidas por alimentos contaminados (Gurtler et al., 2018). Los patógenos alimentarios como S. Typhimurium, representan una amenaza para la salud mundial y la

agricultura provocando pérdidas millonarias (Gurtler et al., 2018; Zarkani & Schikora, 2021). La organización mundial de la salud (OMS), menciona que los patógenos resistentes a antibióticos representan una amenaza en la salud humana. El mal uso que se la ha dado a los antibióticos ha acelerado la presencia de genes relacionados a la resistencia antimicrobiana. Mediante mutaciones o la adquisición de elementos genéticos móviles (MGE), los patógenos desarrollan mecanismos de resistencia a múltiples antibióticos (De Oliveira et al., 2020). La caracterización de especies bacterianas se puede realizar mediante la tipificación de secuencias multilocus (MLST) generando un perfil de secuencia tipo (ST) (Multi-Locus Sequence Typing, s/f). La ST19 de Typhimurium se considera el genotipo ancestral del cual derivaron el resto de las secuencias tipo. En México apareció el genotipo ST213, el cual presenta una mayor capacidad de resistir diferentes entornos ambientales (Gómez-Baltazar et al., 2023). El presente estudio evaluó la diferencia de elementos genéticos móviles en cepas ST19 y ST213 de Salmonella enterica serovar Typhimurium aisladas de diferentes fuentes alimenticias del estado de Michoacán.

ANTECEDENTES. Gómez-Baltazar y colaboradores (2019) llevaron a cabo un análisis comparativo para determinar la respuesta al estrés de los genotipos ST19 y ST213 de la bacteria Salmonella enterica serotipo Typhimurium en condiciones de conservación de alimentos. El estudio sometió a ambas cepas a diferentes situaciones de estrés, como la deshidratación, pH ácido y bajas temperaturas de refrigeración para evaluar su capacidad para sobrevivir y mantener su viabilidad. Los resultados indican que la cepa ST213 es mejor para resistir estas condiciones de estrés en comparación con la ST19. Se sugiere que esta capacidad para sobrevivir en condiciones de conservación de alimentos podría explicar el reemplazo de la cepa ST19, que previamente había sido el genotipo más predominante en Salmonella enterica serotipo Typhimurium. Hernández-Díaz y colaboradores (2023) realizó un análisis exhaustivo de las relaciones genómico-epidemiológicas del genotipo ST213 de S. Typhimurium, centrándose en la determinación de relaciones clonales entre cepas de diversas regiones geográficas. Ese estudio incluyó la formulación de hipótesis sobre el origen del genotipo y sus posibles patrones de dispersión, así como la distribución de determinantes genéticos de relevancia en salud pública, examinando 63 genomas del genotipo ST19 y 83 genomas del genotipo ST213 de cepas aisladas en México, abarcando diversos tipos de muestras y años de aislamiento, incluyendo 11 cepas del Estado de Michoacán que fueron compartidas por Hernández-Díaz para realizar este trabajo. Los hallazgos revelaron un notable porcentaje de cepas de ambos genotipos portando genes de resistencia, como golS, mdsA, mdsB y mdsC, confiriendo resistencia a diversas familias de antibióticos. En contraste, las cepas del genotipo ST213 exhibieron genes específicos de resistencia a colistina (mcr-1), fosfomicina (fosA3) y macrólidos (mphA), ausentes en el genotipo ST19. El análisis identificó 119 genes de virulencia, con perfiles únicos para cada genotipo, y la agrupación basada en estos genes reveló subgrupos distintos, asociando cepas humanas con las provenientes de cuerpos de agua y pollo. Las redes de dispersión evidenciaron que el genotipo ST19 se dispersa principalmente a través de humanos, mientras que, para el ST213, el principal elemento de dispersión son los alimentos de origen animal. La evaluación de 220 genomas del genotipo ST213 de diversas regiones del mundo reveló la presencia de genes, plásmidos y mutaciones asociadas con resistencia a antibióticos, sugiriendo un fenotipo de resistencia múltiple. Sin embargo, aún no se ha evaluado la presencia de elementos genéticos móviles en relación con el desplazamiento de la ST19 y su resistencia a antibióticos.

OBJETIVO. Identificar diferencias entre el mobiloma asociado a virulencia y resistencia a antibióticos de las cepas de Salmonella enterica serotipo Typhimurium ST213 y ST19 aisladas en Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Material. Se utilizaron los genomas de 11 cepas de Salmonella enterica serovar Typhimurium aisladas de alimentos de diferentes municipios de Michoacán con serotipo ST19 (n=1) y ST213 (n=10).
Análisis bioinformático. Se obtuvieron archivos fastq pareados para cada cepa. Se evaluó el análisis de calidad de los archivos fastq mediante la herramienta FASTQC. Mediante la herramienta TRIM GALORE se eliminó la presencia de adaptadores, secuencias sobre representadas y secuencias de baja calidad. Se verificó la integridad de los recortes con FASTQC. Se ensamblaron los genomas con la herramienta SPADES y los plásmidos con la herramienta PLASMIDSPADE. Se alinearon los ensamblados del genoma con un genoma de referencia de S. Typhimurium ATTC 14028 usando la herramienta ABACAS.
Se evaluaron con la herramienta QUAST los análisis de calidad de los ensamblados tanto de los genomas como los plásmidos. Se identificaron de factores de virulencia con la base de datos VFDB, genes de resistencia con la base de datos RESFINDER que integra la herramienta ABRICATE en el genoma alineado, en el archivo de los plásmidos se hizo lo mismo con las mis bases de datos además de la identificación de los plásmidos con la base de datos PLASMIDFINDER. Se identificaron las secuencias de inserción del genoma alineado y los plásmidos con la herramienta ISFINDER. Se buscaron regiones relacionadas a integrones con la herramienta INTEGRON FINDER del genoma y los plásmidos. También se buscaron profagos con la herramienta PHASTER de los genomas y plásmidos.

RESULTADOS. El número de elementos móviles presentes en el genoma de las cepas analizadas se muestran en la Figura 1. La cepa ST19 presenta un solo gen *aac(6')-Iaa* que confiere resistencia a amikacina y tobramicina, en comparación con los múltiples genes de resistencia que se muestran en las cepas con serotipo ST213 que confieren resistencia a múltiples antibióticos como estreptomicina, sulfametaxol, ácido nalidíxico y ciprofloxacina por mencionar algunos. Se encontraron un total de 107 genes de virulencia, de los cuales los únicos que se encontraron como exclusivos fueron los genes *gogA* y *grvA* de las cepas ST19, en las cepas con serotipo ST213 se encontró un número menor de factores de virulencia que oscila entre 106-107 siendo el gen *sspH2* que solo se encontró en algunos de los serovares ST213. Las cepas ST19 se encontró un total de 9 secuencias de inserción en comparación con el serotipo ST213 que oscila entre 11 o 7 secuencias de inserción teniendo un mayor número de secuencias de inserción. La ST19 no presenta integrones completos. Algunas cepas ST213 presentan integrones completos (Sitios attC, genes y genes conservados) y algunos elementos relacionados a los integrones que se consideran incompletos denominados CALIN que son sitios attC que no tienen una integrasa cercana. El serotipo ST19 presenta un total de cuatro profagos intactos. En las ST213 se presenta un número menor de profagos intactos identificados, siendo el más común el fago Gifsy 2.

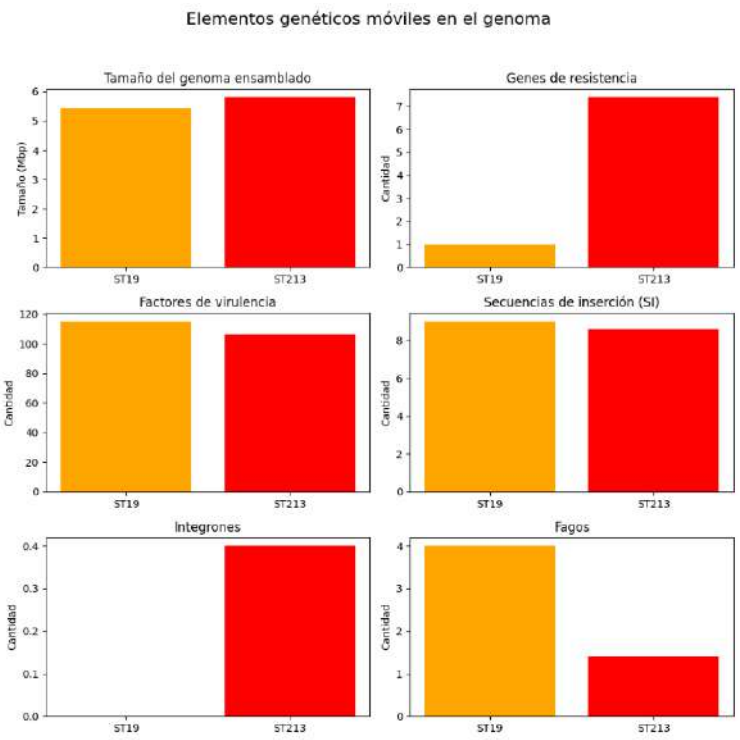


Fig. 1: *Número de elementos genéticos móviles, genes de resistencia y virulencia identificados en el genoma de las cepas ST213 y ST19.*

El número de elementos móviles presentes en los plásmidos de las cepas analizadas se muestran en la Figura 2. Los plásmidos de las ST213 presentan un mayor tamaño en comparación con el tamaño de los plásmidos de la ST19. En las ST19 se identificaron los replicones para los plásmidos IncFIB(S)_1, IncFII(S)_1, sin embargo, se encontraron replicones en la ST213 como IncA/C2_1, ColRNA_1, RepA_1_p por mencionar algunos. En los archivos de los plásmidos en las cepas ST19 no se encontraron genes de resistencia, pero se encontraron múltiples genes de resistencia en las ST213 como *aac(6')-Iaa* que confiere resistencia a amikacina y tobramicina, *sul2* que confiere resistencia a sulfametaxol, *aph(3'')-Ib* a estreptomicina, *oqx(A,B)* son dos genes que presentan resistencia a ácido nalidíxico y ciprofloxacina entre algunos más. La ST19 presentó nueve factores de virulencia como *pef(D, C, A, B), spv(C,B,R), sopE2 y rck.* La cepa ST213 presenta un menor número de factores de virulencia pero distintos a los de la ST19 como lo son *lpf(A, B,C, D, E) y sopE2.* La ST19 presenta únicamente en sus plásmidos un total de cinco secuencias de inserción como ISSen7, IS200F, IS200, IS200H, IS200C. Las cepas ST213 presentan un número variado de secuencias de inserción, algunas cepas no presentaron secuencias de inserción mientras que otras presentan de 3 hasta 46 secuencias de inserción. La ST19 en sus plásmidos no presento ningún elemento relacionado con integrones en sus plásmidos, solamente una cepa de las ST213 presenta un integrón completo. La ST19 no presenta ninguna región intacta de profagos en sus plásmidos en comparación con algunas cepas de las ST213 que si presenta algunos profagos intactos.

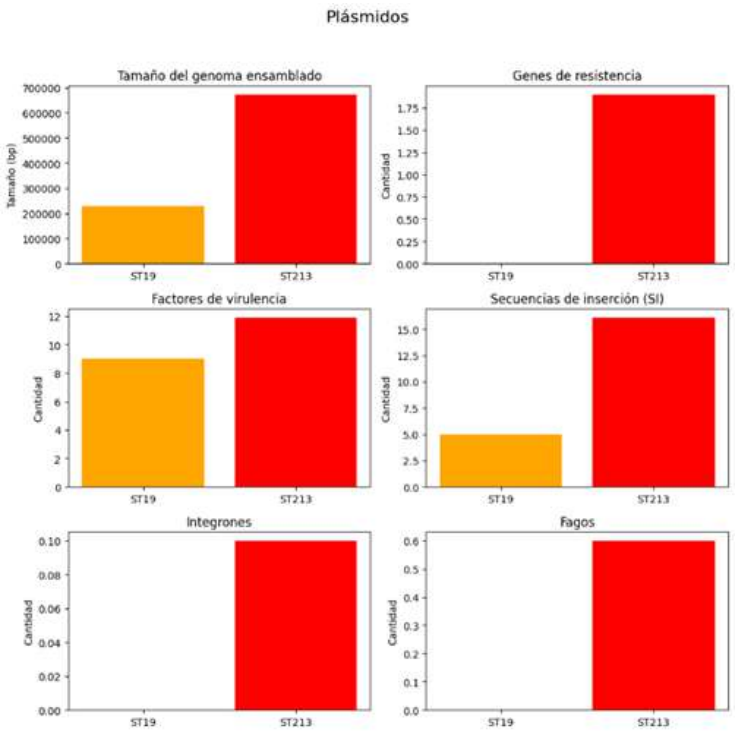


Fig. 2: *Número de elementos genéticos móviles, genes de resistencia y virulencia identificados en los plásmidos de las cepas ST213 y ST19.*

CONCLUSIONES. Las cepas de *Salmonella enterica* serotipo Typhimurium ST213 aisladas en Michoacán contienen más elementos genéticos móviles asociados con la resistencia a antibióticos y virulencia que la cepa ST19.

REFERENCIAS.

1. Brown, E. W., Bell, R., Zhang, G., Timme, R., Zheng, J., Hammack, T. S., & Allard, M. W. (2021). Salmonella Genomics in Public Health and Food Safety. EcoSal Plus, 9(2), eESP-0008-2020. https://doi.org/10.1128/ecosalplus.ESP-0008-2020
2. De Oliveira, D. M., Forde, B. M., Kidd, T. J., Harris, P. N., Schembri, M. A., Beatson, S. A., Paterson, D. L., & Walker, M. J. (2020). Antimicrobial Resistance in ESKAPE Pathogens. Clinical Microbiology Reviews, 33(3), 10.1128/cmr.00181-19. https://doi.org/10.1128/cmr.00181-19
3. Gómez-Baltazar, A., Vázquez-Marrufo, G., Astiazaran-Garcia, H., Ochoa-Zarzosa, A., Canett-Romero, R., García-Galaz, A., Torres-Vega, C., & Vázquez-Garcidueñas, M. S. (2023). Virulencia comparativa de los genotipos ST19 a nivel mundial y ST213 emergentes de cepas de Salmonella enterica serotipo Typhimurium aisladas de alimentos. Microbes and Infection, 25(1), 105019. https://doi.org/10.1016/j.micinf.2022.105019
4. Gurtler, J. B., Harlee, N. A., Smelser, A. M., & Schneider, K. R. (2018). Salmonella enterica Contamination of Market Fresh Tomatoes: A Review. Journal of Food Protection, 81(7), 1193–1213. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-395
5. Hernández-Díaz, E. A., Vázquez-Garcidueñas, M. S., Negrete-Paz, A. M., & Vázquez-Marrufo, G. (2022). Comparative Genomic Analysis Discloses Differential Distribution of Antibiotic Resistance Determinants between Worldwide Strains of the Emergent ST213 Genotype of Salmonella Typhimurium. Antibiotics, 11(7), 925.
6. Multi-Locus Sequence Typing. (s/f). PubMLST. Recuperado el 10 de septiembre de 2024, de https://pubmlst.org/multilocus-sequence-typing
7. Zarkani, A. A., & Schikora, A. (2021). Mechanisms adopted by Salmonella to colonize plant hosts. Food Microbiology, 99, 103833. https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103833

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524128

EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Eringyum carlinae* EN MARCADORES DE NECROPTOSIS Y ESTRÉS OXIDANTE EN HÍGADO DE RATA CON ENFERMEDAD HEPÁTICA NO ALCOHÓLICA

Daniela Gómez Guillen[1], Claudia Isabel García Berumen[2], Francisco Alfredo Saavedra Molina[3]

1 Facultad de Químico farmacobiología; 1900238e@umich.mx

2Instituto de Investigaciones Químico Biológicas; claudiaberumen07@gmail.com

3Instituto de Investigaciones Químico Biológicas; francisco.saavedra@umich.mx

Palabras Clave: Síndrome metabólico, esteatosis, estrés oxidativo, necroptosis.

RESUMEN. La enfemedad hepática no alcohólica (EHNA) es una manifestación clínico-patologíca que se define como la acumulación excesiva de grasa en el hígado en forma de triacilglicéridos denominada esteatosis; forma parte del síndrome metabólico así como la resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, obesidad, hipertensión... dicha enfermedad causa alteraciones en la señalización de las vías de supervivencia , aumento en la expresión de genes fibrogénicos, inflamación,estrés oxidativo, entre otros. Se ha sugerido que el extracto etanólico de Eringyum carlinae (EC) presenta efectos beneficos al disminuir los niveles de lípidos y glucosa teniendo un efecto positivo durante la diabetes, además de tener efecto antinflamatorio y mejora la función hepática. Ratas Wistar macho de 3 meses de edad con un peso de 350g, fueron alimentadas con una dieta alta en grasa, carbohidratos más fructosa para desarrollar la enfermedad hepática. Administradas con 30mg/kg del extracto etanólico de E. carlinae. Los niveles de triglicéridos y glucosa fueron medidos. Una vez terminado el tratamiento, se extrajo el hígado y se prepararon los homogenados de acuerdo al método descrito por Saavedra-Molina y Devlin (1997). Después fue detectada la expresión de proteínas mediante western blot empleando como anticuerpos primarios de Santa cruz biotechnology RIP3 (SC-374639) como marcador de necroptosis; catalasa (SC-34280) y actina (SC-47778) como marcador de carga, todos fueron empleados a una concentracion de 10:10000. Finalmente fueron revelados por quimioluminiscencia en un fotorevelador. Los resultados muestran un incremento en la expresión de la proteína RIP3 en el grupo al cual no se le fue administrado el extracto asì como una disminución en la expresión de la catalasa en comparación con los grupos administrados con el extracto, sugiriendo un efecto protector del extracto ante el estrés oxidante y la necroptosis administrandolo durante el desarrollo de la enfermedad.

INTRODUCCIÓN. La enfemedad hépatica no alcohólica (EHNA) en una manifestación clínico-patologíca que se define como la acumulación excesiva de grasa en el hígado en forma de triacilglicéridos denominada esteatosis; forma parte del síndrome metabólico así como la resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, obesidad, hipertensión... dicha enfermedad causa alteraciones en la señalización de las vías de supervivencia , aumento en la expresión de genes fibrogénicos, inflamación,estrés oxidativo, entre otros. El estrés oxidativo es un estado de desequilibrio de especies reactivas de oxígeno (EROs) y la capacidad del organismo para neutralizarlas mediante mecanismos antioxidantes, estas moléculas son altamente reactivas y

pueden llegar a dañar o contribuir a la patogenesis de diversas enfermedades. La necroptosis es un tipo de muerte celular que comparte características tanto de apoptosis como de necrosis, la proteína encargada de la vía de señalización es la proteína cinasa de interacción con el receptor 3 (RIP3) que va a fosforilar al complejo MLKL dando como respuesta daño tisular, inflmación y rotura de la mebrana. Una dieta alta en grasas, alta en carbohidratos más consumo de fructosa aumenta el riesgo de desarrollar diversas condiciones de salud en las que podemos destacar una resistencia a la insulina, diabetes tipo 2, enfermedades hepáticas como enfermedad hepática no alcohólica , entre otras. La planta *Eringyum carlinae* tambien conocida como la “hierva del sapo” es una especie de planta fenerógama perteneciente a la familia de las apiáceas a la cual debido a sus propiedades es utilizada en la medicina tradicional mexicana ya que se le atribuyen efectos antioxidantes y se ha sugerido que el extracto etanólico de esta misma presenta efectos beneficos al disminuir los niveles de lípidos y glucosa teniendo un efecto positivo durante la diabetes además de tener efecto antinflamatorio y mejora la función hepática.

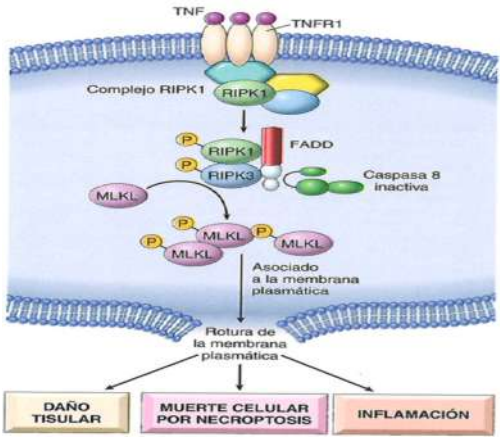


Figura 1. *Mecanismo molecular de la necroptosis mediada por TNF, la unión a TNFR1 recluta a las cinasas a un complejo multiproteínico , y la RIP3 fosforila una proteína citoplasmática llamada MLKL. En respuesta a esta fosforilación, los monómeros de MLKL se reúnen en oligómeros, pasan del citosol a la membrana y provocan la rotura de la membrana.*

ANTECEDENTES. La enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHNA) se caracteriza por la acumulación de lípidos en los hepatocitos y, en estados avanzados, por inflamación y fibrosis. La producción excesiva de especies reactivas de oxígeno (ERO) es debido a la disfunción mitocondrial contribuyendo al desarrollo de EHNA , Sin embargo, hasta el momento no se ha aprobado ningún fármaco para el tratamiento de EHNA . Esto ha instado a la búsqueda de nuevas estrategias para atenuar la progresión de EHNA . (García-Berumen et,al.2022) . Por otro lado, se ha investigado que el tratamiento con el extracto etanólico E. carlinae evitó cambios en parámetros séricos, redujo los niveles de creatinina, ácido úrico, colesterol total y triglicéridos. Así, la administración de E. carlinae es capaz de reducir la hiperlipidemia (Noriega-Cisneros et,al.2012). La necroptosis es una nueva forma de muerte celular programada que puede activarse mediante diversos estímulos, como lesión por isquemia/reperfusión, daño por estrés oxidativo e inflamación. Morfológicamente, la necroptosis se acompaña de hinchazón celular, vacuolización de orgánulos citoplasmáticos, fragmentación de la cromatina, ruptura de la membrana plasmática y lisis celular, que es similar a la necrosis. La necroptosis está regulada principalmente por la vía de la proteína quinasa 1 que interactúa con el receptor (RIP1) / proteína quinasa 3 que interactúa con el receptor (RIP3) / proteína de dominio similar a quinasa de linaje mixto (MLKL). Tras la estimulación, RIP1 inicia la necroptosis activando e interactuando con RIP3 para formar necrosoma. Luego, RIP3 activado fosforila MLKL, el ejecutor terminal de la necroptosis, lo que finalmente conduce a la lisis celular (Mengyan-Liu et,al. 2022)

OBJETIVO. Demostrar que una dieta alta en carbohidratos , alta en grasa más fructosa (AGAC+F) puede desarrolar un estado de estatosis en el hígado provocando enfermedad

hepática no alcohólica y evaluar el efecto en la modulacion de las proteínas señalizadoras de necroptosis del extracto etanólico de E.carlinae para promover la recuperación hepática.

MATERIALES Y MÉTODOS. Ratas wistar macho de 3 meses de edad con un peso de 350g, fueron alimentadas con una dieta alta en grasa, carbohidratos más fructosa para desarrollar la enfermedad hepática. Al mes de tratamiento fueron administradas con 30mg del extracto etanólico de Eringyum carlinae. Los niveles de triglicéridos y glucosa fueron medidos cada mes. Una vez terminado el tratamiento, se extrajo el hígado y se prepararon los homogenados de acuerdo al método descrito por Saavedra-Molina y Devlin (1997). Los homogenados fueron tratados con proteasas para evitar su degradación y se realizó una dilución 1:9. Después fue detectada la expresión de la proteína mediante western blot empleando como anticuerpos primarios RIP3 (SC-374639 Santa cruz biotechnology) como marcador de necroptosis; catalasa (SC-34280 Santa cruz biotechnology) y actina (SC-47778 Santa cruz biotechnology) como marcador de carga, todos fueron empleados a una concentracion de 10:10000. Posteriormente como anticuerpo secundario se empleo Goat anti-mouse IgG (SC-2005; Santa cruz biotechnology) a una concentración de 10:10000, los geles empleados fueron de poliacrilamida al 12% los cuales fueron corridos a 50 volts y después transferidos a una membrana de PVDF a 100 volts durante 1 hora. Finalmente fueron revelados por quimioluminicencia en un fotorevelador.



RESULTADOS.

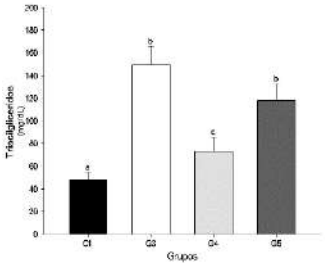


Figura 2. *Efecto del extracto etanólico de E.carlinae en el parámetro sérico de triacilglicéridos ANOVA a una vía ,Tukey, n=4 p<0.05.*

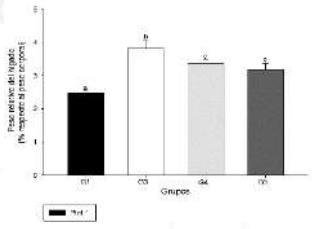


Figura 3. *Efecto del extracto etanólico de E. carlinae en el parámetro sérico de glucosa ANOVA a una vía ,Tukey, n=4 p<0.05.*

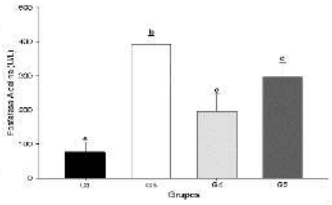


Figura 4. Efecto del extracto etanólico de E. carlinae en el parámetro sérico de fosfatasa alcalina . ANOVA a una vía ,Tukey, n=4 p<0.05.

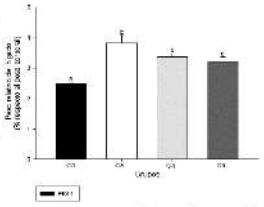


Figura 5. Efecto del extracto etanólico de E.carlinae sobre el peso relativo del hígado. ANOVA a una vía ,Tukey, n=4 p<0.05.

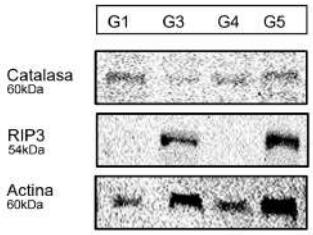


Figura 6. *Efecto del extracto etanólico de E.carlinae en los niveles de proteínas señalizadoras de necroptosis en hígado de rata, transferencia representativa de los valores de catalasa, RIP3 y actina.*

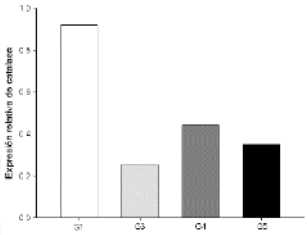


Figura 7. *Efecto del extracto etanólico de E.carlinae en los niveles de proteínas señalizadoras de necroptosis en hígado de rata; expresión relativa de la catalasa.*

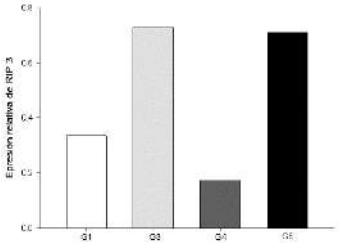


Figura 8. *Efecto del extracto etanólico de E.carlinae en los niveles de proteínas señalizadoras de necroptosis en hígado de rata; expresión relativa de RIP3.*

CONCLUSIONES. Los resultados muestran un incremento en la expresión de la proteína RIP3 en el grupo al cual no se le fue administrado el extracto que en comparación con los grupos administrados con el extracto muestran una disminución de dicha proteína, en cuanto a la catalasa, se observa una disminución de esta en los grupos administrados demostrando así el efecto protector del extracto ante el estrés oxidante y la necroptosis.

REFERENCIAS.

1. García-Berumen, C. I., Vargas-Vargas, M. A., Ortiz-Avila, O., Piña–Zentella, R. M., Ramos-Gómez, M., Figueroa–García, M. D. C., ... & Cortés-Rojo, C. (2022). Avocado oil alleviates non-alcoholic fatty liver disease by improving mitochondrial function, oxidative stress and inflammation in rats fed a high fat–High fructose diet. Frontiers in pharmacology, 13, 1089130.

2. Noriega-Cisneros R, Ortiz-Ávila O, et al.Saavedra-Molina A. Hypolipidemic Activity of Eryngium carlinae on Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. Biochem Res Int. 2012;2012:603501. doi: 10.1155/2012/603501. Epub 2011 Nov 24. PMID: 22162811; PMCID: PMC3227232.

3. Liu M, Li H, Yang R, Ji D, Xia X. GSK872 and necrostatin-1 protect retinal ganglion cells against necroptosis through inhibition of RIP1/RIP3/MLKL pathway in glutamate-induced retinal excitotoxic model of glaucoma. J Neuroinflammation. 2022 Oct 26;19(1):262. doi: 10.1186/s12974-022-02626-4. PMID: 36289519; PMCID: PMC9608931.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524130

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE CEMPASÚCHIL (*Tagetes erecta*) PARA SU APLICACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE RADIODERMATITIS

Estefanía Arredondo Melgarejo[1], Ana Gabriela Rodríguez Calderón[2], José Fernando Covián Nares[3]

1Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; l20120425@morelia.tecnm.mx2

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de investigación en metalurgia y materiales; ana.gabriela.rodriguez@umich.mxM

31nstituto Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; jose.cn@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Radiodermatitis, cempasúchil, tratamiento auxiliar, actividad antioxidante.

RESUMEN. La radiodermatitis, también conocida como quemadura por radiación, es una afección cutánea que surge tras la exposición a la radioterapia. Esta condición puede manifestarse desde un leve enrojecimiento hasta la necrosis del tejido. Actualmente, existen tratamientos como apósitos, cremas y geles que contienen fármacos antiinflamatorios y cicatrizantes, aunque su costo suele ser elevado. Por ello, se está explorando una alternativa de tratamiento auxiliar que sea efectiva y natural. En este contexto, se seleccionó la flor de cempasúchil (Tagetes erecta) como candidata para estudiar su actividad antioxidante y en un futuro evaluar la viabilidad de formular un gel tópico, dada su similitud con la caléndula y su uso documentado en la medicina tradicional por sus propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes. El proceso inició con la recolección y obtención de extractos de cempasúchil mediante maceración en etanol. Posteriormente, se evaluó la presencia de fenoles, conocidos por su actividad antioxidante, haciendo pruebas por triplicado con el método cuantitativo de DPPH. Además, se aplicó la prueba de Shinoda como método cualitativo para la identificación de flavonoides, compuestos con propiedades cicatrizantes. El extracto de cempasúchil mostró una actividad antioxidante promedio del 56.82%, superando lo reportado en la bibliografía para la flor de caléndula. Además, la prueba de Shinoda confirmó la presencia de flavonoides en el extracto. Estos resultados sugieren que el extracto de T. erecta posee propiedades antioxidantes y cicatrizantes, lo que lo convierte en un candidato prometedor para la formulación de productos destinados al tratamiento auxiliar de la radiodermatitis.

INTRODUCCIÓN. En México, la riqueza en plantas medicinales ha tenido un impacto significativo en la salud humana a lo largo de los años. Un ejemplo de ello es la flor de cempasúchil (Tagetes erecta L.), que, además de ser un símbolo ornamental durante las festividades del Día de Muertos, ha sido utilizada en la herbolaria tradicional desde tiempos prehispánicos. Los aztecas empleaban esta planta para tratar infecciones oculares y otras dolencias, como trastornos hepáticos y renales, y para aliviar dolores musculares (Hernández & Muñoz, 2019). En la actualidad, se han comprobado sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicóticas, analgésicas y cicatrizantes, las cuales se atribuyen a la presencia de compuestos bioactivos como terpenos, aceites esenciales, flavonoides, carotenoides y polifenoles (Limsuwan et al., 2013). Además, estudios científicos han validado su uso en la medicina popular para el tratamiento de diversas enfermedades (Velázquez-Velázquez et al., 2019).

Un problema de salud relacionado con los tratamientos oncológicos es la radiodermatitis, una afección cutánea causada por la exposición a radiación ionizante durante la radioterapia. Este tipo de tratamiento, diseñado para destruir células cancerosas, puede producir efectos adversos como prurito, ampollas, edema, descamación húmeda e incluso necrosis del tejido irradiado (Schneider et al., 2015). Los tratamientos disponibles en el mercado para mitigar estos síntomas suelen ser costosos, lo que limita su accesibilidad para personas de bajos recursos y por ello se ha optado por buscar alternativas naturales como es el uso de Calendula officinalis. Por otro lado, Michoacán, uno de los principales productores de la flor de cempasúchil en el país, se estima una producción de 21,380 toneladas anuales; la cual, se destina a el uso ornamental en el mes de noviembre para las festividades de día de muertos, generando así altas cantidades de residuos. En este sentido, se propone una alternativa para aprovechar estos residuos y sus propiedades medicinales, como una solución accesible y efectiva para desarrollar tratamientos tópicos que combatan los efectos adversos de la radiación. Así, este trabajo se enfoca en evaluar la actividad antioxidante del extracto de cempasúchil.

ANTESCEDENTES. Mogrovejo Valdivia (2014) evaluó el efecto cicatrizante de Calendula officinalis L. mediante un modelo in vivo en ratones. El extracto glicólico de los pétalos fue estandarizado con quercetina, y usado en geles al 5% y 10%. Al compararlo con un producto comercial, no hubo diferencias significativas, concluyendo que el gel al 10% es eficaz para el tratamiento de heridas. Schneider et al. (2015) realizaron un estudio en pacientes oncológicos con radiodermatitis, comparando el tratamiento con ácidos grasos esenciales (EFA) y Calendula officinalis. Los resultados mostraron que el grupo tratado con caléndula tuvo un menor riesgo de desarrollar radiodermatitis grado 2 en comparación con los EFA. Moliner et al. (2015) obtuvieron extractos etanólicos de pétalos de Tagetes erecta amarillos y naranjas por percolación con etanol, y evaluaron su actividad antioxidante in vitro mediante el método DPPH en concentraciones de 2,5 a 250 µg/mL. Los extractos naranjas mostraron una IC50 de 17,7 µg/mL, ligeramente mejor que los amarillos con IC50 de 19,1 µg/mL. Gunes-Ak., et al. (2020) evaluaron el potencial antioxidante de flores, hojas y raíces de C. officinalis. Encontraron mayor contenido de flavonoides en las hojas, pero las flores mostraron mayor actividad antioxidante, destacando la nicotiflorina e isoquercitrina como eliminadores de radicales libres. Silva et al. (2021) demostraron la actividad antiinflamatoria del extracto de flores de caléndula en aceite de soja, reduciendo un 50% la producción de óxido nítrico (NO) en orejas de ratones, con concentraciones de 147 µL/mL de aceite. Barhoi et al. (2021) obtuvieron un extracto acuoso de la flor de Tagetes erecta (AETE), el cual, fue administrado en diferentes concentraciones a ratones albinos suizos con tumores, siendo 400 mg/kg la dosis más alta y efectiva. Esta concentración redujo significativamente el peso y volumen del tumor, además de aumentar la vida útil de los ratones; concluyendo que el AETE inhibe la progresión tumoral sin alterar la fisiología normal del organismo. Gaván et al. (2022) emplearon extracto etanólico al 70% de C. officinalis en un hidrogel. Los resultados in vivo en ratones mostraron que el gel con 7% de extracto fue eficaz en la cicatrización de heridas cutáneas.

OBJETIVO. Evaluar la actividad antioxidante del extracto etanólico de cempasúchil.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las flores de Tagetes erecta se colectaron durante las festividades de día de muertos en la Ciudad de Morelia, Michoacán en el mes de noviembre del 2023 se clasificaron, se deshojaron y fueron desinfectadas, posteriormente se dejaron secar a la sombra y se pusieron a macerar usando como disolvente etanol, finalmente se filtró para obtener el

extracto etanólico de la planta. Primero, se realizó la prueba Shinoda de determinar la presencia de flavonoides, a los cuales se les atribuye principalmente la actividad antioxidante; para ello, se preparó un control negativo con agua destilada, magnesio y ácido clorhídrico; un control positivo con quercetina, magnesio y ácido clorhídrico; mientras que la muestra se preparó con extracto de cempasúchil, magnesio y ácido clorhídrico. Una vez obtenido el resultado colorimétrico, se realizó por triplicado la prueba de 2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).

RESULTADOS. Para la identificación cualitativa de flavonoides, se realizó la prueba de Shinoda, que consiste en que el magnesio en un medio ácido reduce el flavonoide generando un producto de color anaranjado (Rodríguez et al., 2020). Obteniendo los resultados mostrados en la fig. II.
Al hacer la comparación con los registrados en bibliografía para la flor de caléndula (fig. I.) es prudente afirmar que el extracto tiene presencia de flavonoides, los cuales, son de suma importancia para esta investigación, debido a que ejercen una eficaz actividad antioxidante y anticancerígena.

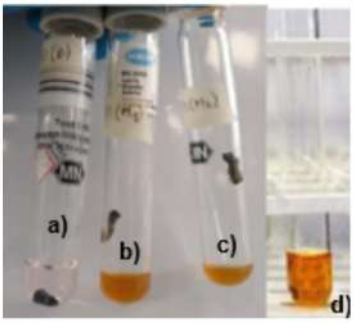


Fig. I. *Resultados para la determinación de flavonoides. a) Control negativo, b) Muestra 1, c) Muestra 2, d) Control positivo.*

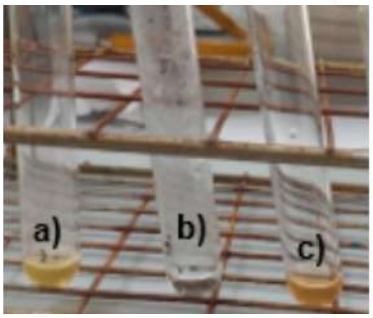


Fig. II. *Resultados para la determinación de flavonoides. a) Control positivo, b) Control negativo, c) Muestra.*

La determinación de la actividad antioxidante se llevó a cabo por triplicado. Esta actividad, se expresa como porcentaje de inhibición lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH neutralizado por el extracto a una determinada concentración, de acuerdo a la siguiente ecuación (1):
% de inhibición del DPPH=Ablanco2-(Amuestra-Ablanco1)Ablanco2*100
Donde Amuestra es la absorbancia del extracto, Ablanco2 es la absorbancia del blanco que contiene metanol al 80% y DPPH 0.1 mM, mientas que Ablanco1 es el valor de absorbancia de metanol al 80%; tomadas a una longitud de onda de 515 nm.
$Abs_{blanco2}$ = 0.630, $Abs_{blanco1}$ = 0, $Abs_{muestra1}$ = 0.235, $Abs_{muestra2}$ = 0.247, $Abs_{muestra3}$ = 0.263
Sustituyendo se obtiene lo siguiente:
% de inhibición del DPPH muestra 1=0.630-(0.235-0)0.630*100
% de inhibición del DPPH muestra 1=62.69 %

% de inhibición del DPPH muestra 2=0.630-0.247-0)0.630*100
% de inhibición del DPPH muestra 2=60.79 %

% de inhibición del DPPH muestra 3=0.630-(0.263-0)0.630*100
% de inhibición del DPPH muestra 3=58.25 %

Posteriormente, se calculó un % de inhibición de DPPH promedio haciendo una suma de los resultados obtenidos y dividiendo entre 3, obteniéndose así una actividad antioxidante promedio de 60.63%.

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos mediante el método de DPPH demuestran la presencia de ácidos fenólicos, lo que confirma la capacidad antioxidante del extracto de cempasúchil. Esto es de gran relevancia, ya que, su función es estabilizar la membrana celular al capturar radicales libres y prevenir el daño celular, activando el complejo sistema bioquímico responsable de la regeneración del tejido. Asimismo, los resultados positivos de la prueba de Shinoda permiten concluir que el extracto de cempasúchil contiene flavonoides. Estos compuestos son importantes debido a su actividad antiinflamatoria y hemostática, que contribuyen significativamente al proceso de cicatrización.

REFERENCIAS.

1. Bontempo, P. de S. M., Ciol, M. A., Menêses, A. G. de Simino, G. P. R., Ferreira, E. B., & Reis, P. E. D. dos. (2021). Acute radiodermatitis in cancer patients: incidence and severity estimates. Revista da Escola de Enfermagem da U S P, 55. https://doi.org/10.1590/s1980-220x2019021703676
2. Gavan, A., Colobatiu, L., Hanganu, D., Bogdan, C., Olah, N. K., Achim, M., & Mirel, S. (2022). Development and Evaluation of Hydrogel Wound Dressings Loaded with Herbal Extracts. Processes, 10(2), 242. https://doi.org/10.3390/pr10020242
3. Gunes-Ak, G., Zengin, G., Sinan, K. I., Mahomoodally, M. F., Picot-Allain, M. C. N., Cakır, O., Bensari, S., Yılmaz, M. A., Gallo, M., & Montesano, D. (2020). A comparative bio-evaluation and chemical profiles of Calendula officinalis L. extracts prepared via different extraction techniques. Applied Sciences (Basel, Switzerland), 10(17), 5920. https://doi.org/10.3390/app10175920
4. Hernández, A. C. H., & Muñoz, C.E. (2019, agosto). La Flor de cempasúchil de las ofrendas a tus manos. Unam.mx. https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/CONSCIENCIA_1_web.pdf
5. Limsuwan, T., Boonme, P., & Amnuaikit, T. (2013). Study on the antioxidant activities of gel containing Tagetes erecta (L.). Advanced materials research, 747, 741–744. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.747.741
6. Mogrovejo Valdivia, A. C. (2014). DETERMINACIÓN DEL EFECTO CICATRIZANTE DE UN GEL ESTANDARIZADO DE CALENDULA OFFICINALIS L. (CALÉNDULA) EN ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN. Universidad Católica de Santa María.
7. Moliner, C., Reigada, I., Valero, M. S., Langa, E., & Gómez, C. (2015, octubre 26). Evaluación de la actividad antioxidante y nematicida in vivo de extractos florales de Tagetes erecta L. en el organismo modelo Caenorhabditis elegans. Sefit.es. https://www.sefit.es/evaluacion-actividad-antioxidante-nematicida-in-vivo-extractos-florales-tagetes-erecta-modelo-caenorhabditis-elegans/
8. Rodriguez, M.H., Jiménez, V. M., Velásquez Torres, N. S., Buitrago Arango, J. S. & Noy Pardo, C. A. (2020, noviembre) Extracción y Determinación de metabolitos secundarios de la caléndula por el método de arrastre por vapor. Researchgate.net.
https://www.researchgate.net/publication/346022986_Extraccion_y_Determinacion_de_metabolitos_secundarios_de_la_calendula_por_el_metodo_de_arrastre_por_vapor
9. Schneider, F., Danski, M. T. R., & Vayego, S. A. (2015). Usage of Calendula officinalis in the prevention and treatment of radiodermatitis: a randomized double-blind controlled clinical trial. Revista Da Escola de Enfermagem Da USP, 49(2), 0221–0228. https://doi.org/10.1590/s0080- 623420150000200006
10. Silva, D., Ferreira, M. S., Sousa-Lobo, J. M., Cruz, M. T., & Almeida, I. F. (2021). Anti-Inflammatory Activity of Calendula officinalis L. Flower Extract. Cosmetics, 8(2), 31. https://doi.org/10.3390/cosmetics8020031
11. Velázquez-Vázquez, G., Pérez-Armendáriz, B., Ortega-Martinez, L. D., & Nelly-Juarez, Z. (2019). Conocimiento etnobotánico sobre el uso de plantas medicinales en la Sierra Negra de Puebla, México. Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas, 18(3), 265–276.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524131

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TERAPÉUTICO ANTIPSORIÁSICO DEL EXTRACTO ACUOSO DE *AMPHIPTERYGIUM ADSTRINGENS*

Bautista Aguilar Miriam Lizbeth[1], Aguilar Ruiz Cinthia Massiel[2], Esquivel García Roberto[3], García Pérez Martha Estrella[4]

1Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH 1584483e@umich.mx

2 Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH 1900011e@umich.mx

3Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH estrella.perez@umich.mx

4Universidad Autónoma de Querétaro UAQ roberto.esquivel@umich.mx

Palabras Clave: Psoriasis, actividad terapéutica, efecto antipsoriásico

RESUMEN. La psoriasis es una enfermedad crónica, autoinmune, inflamatoria y sin cura, su principal característica es la proliferación anormal en los queratinocitos, dando lugar a la formación de placas eritematosas. La prevalencia de esta afección varía entre 0.51% y 11.43%, dependiendo de la población, en México la investigación epidemiológica sobre esta enfermedad es limitada, aunque se estima que alrededor de 2.9% de la población mexicana podría verse afectada. Aunque la tasa de mortalidad directa de la psoriasis es baja, impacta de manera significativa la calidad de vida de los pacientes, exponiéndolos al estigma social y discriminación. Anteriormente en un estudio etnofarmacológico en la meseta purépecha se demostró que la decocción acuosa de la corteza de Amphipterygium adstringens es altamente usado como antiinflamatorio oral y tópico para sanar lesiones en la piel, demostrando también que este extracto es rico en polifenoles con baja toxicidad además de poseer una acción anti IL-17 superior a la dexametasona que es un corticoide tópico usado en el tratamiento de la psoriasis.

INTRODUCCIÓN. La psoriasis es una enfermedad dermatológica crónica inflamatoria que se caracteriza por la descamación de la piel, como consecuencia de la proliferación anormal de los queratinocitos. La tasa de prevalencia de esta enfermedad varía de 0.51-11.43% dependiendo de la población, lo cual está directamente relacionado a susceptibilidad genética y factores ambientales, que pueden desencadenar y/o exacerbar la enfermedad, sin embargo, se ha comprobado que existe una serie de alteraciones en genes específicos que predisponen a padecer la enfermedad, localizados en distintos cromosomas involucrados en la patogenia. Aunque la psoriasis tiene un bajo índice de mortalidad, afecta directamente la calidad de vida de los pacientes que la padecen, lo cual se relaciona con la extensión de la afectación y la intensidad de las manifestaciones clínicas, incluso puede de producir diferentes grados de afectación y discapacidad física. Los estudios señalan que el paciente con psoriasis es un paciente con la autoestima baja por la constante necesidad de brindar una explicación convincente, sencilla y objetiva del padecimiento que sufre. Los tratamientos para contrarrestarla se orientan al manejo de síntomas, aunque una gran proporción de los pacientes se encuentran insatisfechos, por lo que el 69% utilizan productos naturales, incluyendo medicamentos herbolarios. El cuachalalate (Amphipterygium adstringens) se ha utilizado por la medicina tradicional Purépecha como antiinflamatorio oral y tópico para el tratamiento de afecciones cutáneas, aunque no existen estudios farmacológicos que avalen este uso tradicional, particularmente en la psoriasis.

A pesar de que la psoriasis es una enfermedad humana y no puede ser reproducida al 100% en los animales, existen modelos que desarrollan algunos rasgos patológicos de la enfermedad, siendo el modelo de psoriasis inducida por imiquimod el utilizado en esta investigación. El fenotipo de la piel murina tratada con imiquimod muestra muchas similitudes con la psoriasis humana en particular la inducción de alteraciones cutáneas psoriasiformes, razón por la cual es adecuado para poder comprender los mecanismos etiopatogénicos de la enfermedad y optimizar posibles tratamientos a nivel preclínico. En un estudio etnofarmacológico previo, se determinó la actividad del extracto acuoso de Amphiterygium adstringens, una corteza proveniente de la meseta purépecha que es comúnmente utilizada en la región como antiinflamatorio oral y tópico, se analizó su influencia sobre la severidad del psoriasis y sobre los signos y síntomas que la constituyen. Lo anterior propició que se caracterizara químicamente este extracto, y se evaluara su toxicidad y acción antinflamatoria anti-IL17 in vitro en queratinocitos HaCaT. Los resultados de este estudio demostraron que el extracto acuoso de cortezas de la planta es rico en polifenoles y posee baja toxicidad sobre los queratinocitos con una acción anti-IL-17 superior a la de la dexametasona, un corticoide tópico utilizado para el tratamiento del psoriasis. A pesar de que estos resultados son promisorios y demuestran el potencial farmacológico antinflamatorio in vitro de las moléculas presentes en el extracto acuoso de esta planta, una evaluación detallada de su actividad antipsoriásica in vivo e in vitro resulta necesaria para el desarrollo farmacéutico de este extracto y de su metabolito mayoritario con vistas utilizarlo a nivel clínico en la psoriasis.

ANTECEDENTES. Esquivel García, R. (2020). Sostiene que la psoriasis es una enfermedad dermatológica incurable caracterizada por la presencia de placas rojizas bien delimitadas que afecta aproximadamente a 3 millones de mexicanos y aunque no es considerada una enfermedad mortal sus repercusiones sobre la calidad de vida de los pacientes se han comparado con las del cáncer y la hipertensión. García Pérez, M.E., et.al. (2019). Afirma que los habitantes de la Meseta Purépecha, localizada en el Estado de Michoacán, México, poseen un conocimiento heredado sobre plantas medicinales utilizadas para tratar afecciones dermatológicas. Muchas de estas plantas podrían ser utilizadas para el desarrollo de nuevos medicamentos destinados a tratar afecciones cutáneas sin cura como la psoriasis, una enfermedad inflamatoria que afecta en promedio al 3% de la población mundial.

OBJETIVO. Evaluar la actividad antipsoriásica in vivo del extracto acuoso de corteza de Amphipterygium adstringens, con el fin de determinar su potencial como tratamiento para la psoriasis.

OBJETIVOS PARTICULARES. Colectar la corteza de A. adstringens y obtener un extracto acuoso para su posterior liofilizado. Determinar el nivel de Fenoles, Flavonoides, proantocianidinas y ácidos hidroxicinámicos en el liofilizado de A. adstringens comparándolos contra un estándar. Analizar la influencia del extracto sobre la severidad del psoriasis en un modelo murino de psoriasis inducido con imiquimod.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se obtiene la corteza de A. adstringens en San Francisco, municipio de San Lucas, Michoacán México, se lleva a cabo una extracción acuosa en reflujo durante 1 hora con agua caliente en Soxhlet, seguida de una filtración a vacío y posterior liofilización del extracto. Se realizan análisis para determinar los niveles de fenoles, flavonoides, ácidos hidroxicinámicos y proantocianidinas comparándolos contra un estándar de oligopin®. Posteriormente se evalua el efecto antipsoriásico del extracto en un modelo in vivo de psoriasis

inducida con imiquimod en ratones de la cepa C57BL/6. Para lo que establece un grupo control, el grupo de tratamiento de A. adstringens a diferentes dosis (50, 100, 200 mg/kg), un control positivo con crema de pimecrolimus al 1%, y el grupo de aplicación únicamente de imiquimod, para lo cual en la piel dorsal del animal previamente rasurada se les administra la crema imiquimod al 5% durante 7 días excluyendo al grupo control. Durante los 7 días del tratamiento se evalúan a su vez conductas de dolor tales como "alodinia e hiperalgesia". Además, se evalúa el nivel de la severidad de la psoriasis (PASI), considerando la presencia de eritema, induración y descamación. Se lleva a cabo el sacrificio con anestesia, para obtener muestras de piel y sangre de los animales para realizar histologías y analizar la producción de citocinas proinflamatorias en homogenados de piel (IL-17, IL-23, TNF-α). Además, de determinar la actividad farmacológica del extracto sobre la activación de la vía NF-kB en queratinocitos HaCaT estimulados con IL-17.

RESULTADOS. Rendimiento del extracto liofilizado de *A. adstringens,* obteniendo un 27,56%.

Extracto	***Método de extracción***	***% de Rendimiento***
Amphipterygium adstringens	*Decocción acuosa*	*27,56 ± 0.03818*

Fig 1. *Rendimiento de extracción del extracto de cortezas de A. adstringens.*

Contenido de compuestos fenólicos totales, ácidos hidroxicinámicos, proantocianidinas y flavonoides.

Muestra	**Fenoles**	**Ác. Hidroxicinámicos**	**Proantocianidinas**	**Flavonoides**
A. adstringens	137.8 ± 1.72 mg GAE/g [b]	215.2 ± 4.18 mg ChAE/g [a]	8.00 ± 1.19 mg CChE/g [b]	9.546 ± 3.19 mg QE/g [b]
Oligopin®	386.6 ± 37.5 mg GAE/g [a]	218.8 ± 4.95 mg ChAE/g [a]	79.48 ± 1.19 mg CChE/g [a]	3.905 ± 0.28 mg QE/g [a]

Fig. 2 *Contenido de fenoles totales, ácidos hidroxicinámicos, proantocianidinas y flavonoides en el extracto de A. adstringens.*

Índice de Severidad de Psoriasis (PASI).
Los tratamientos se administraron en la piel dorsal desnuda de los ratones.

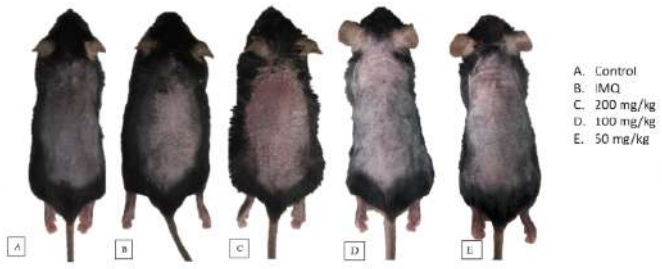


Fig. 3 *Apariencia de la piel de los ratones después de 7 días de tratamiento. A no se evidenció eritema, descamación ni induración. B se observa la presencia de eritema, descamación y mayor induración, características típicas de la psoriasis inducida. C se presentó un aclaramiento en la piel con aumento significativo de eritema y en la región expuesta al tratamiento, los vellos no volvieron a crecer. D se observa una disminución de induración y descamación. E, los ratones mostraron una mejoría notable, con descamación casi nula y mínima presencia de eritema e induración.*

Luego se evaluó la severidad de la psoriasis (PASI) en los grupos experimentales, considerando la presencia de eritema, inflamación y descamación.

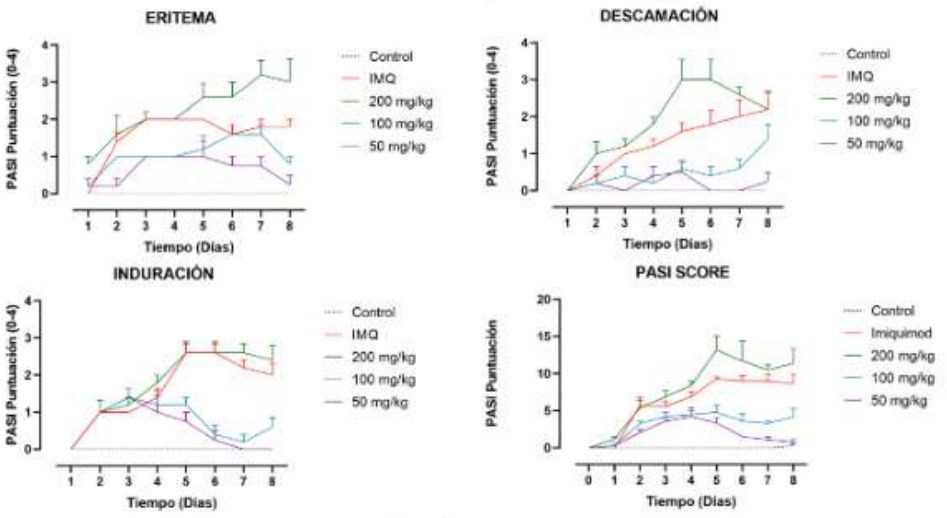


Fig 4. *Determinación de severidad de psoriasis mediante PASI (Psoriasis Area and Severity Index) incluyendo induración, eritema y descamación, así como el PASI score en los grupos experimentales.*

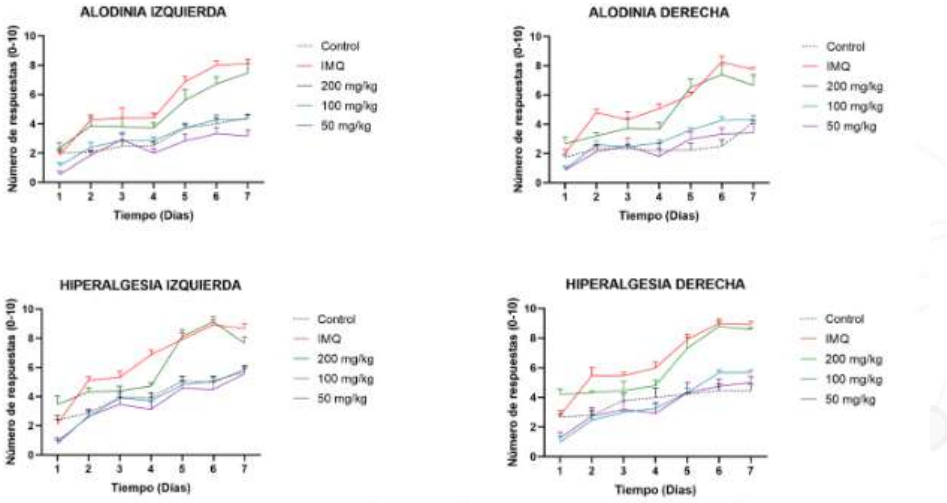


Fig 5. *Determinación de alodinia e hiperalgesia mediante estímulos con filamentos en las patas traseras de los ratones. Se muestra un incremento significativo de estas conductas en los grupos tratados con imiquimod y extracto.*

d. Análisis histológico mediante tinción de Hematoxilina/eosina.

E. Índice Esplénico.

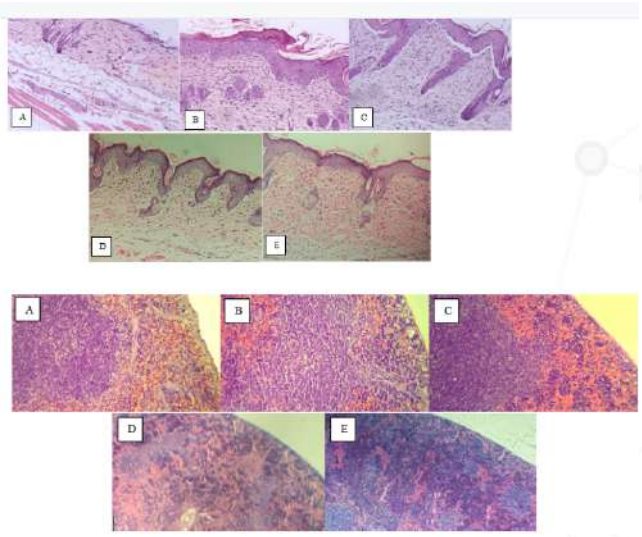


Fig 6. *Histología de piel. A. Grupo control, B. Grupo imiquimod, C. Grupo 200 mg/kg, D. Grupo 100 mg/kg y E. Grupo 50 mg/kg. Fig 7. Histología de bazo. A. Grupo control, B. Grupo imiquimod, C. Grupo 200 mg/kg, D. Grupo 100 mg/kg y E. Grupo 50 mg/kg.*

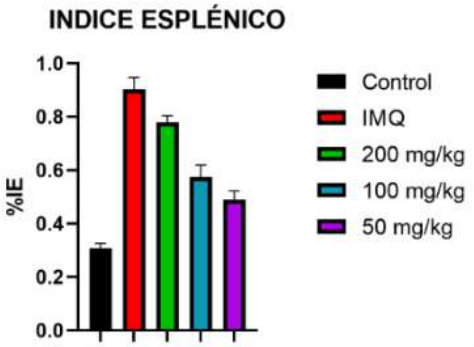


Fig 8. *Los resultados del índice esplénico indican que los grupos tratados con imiquimod y extracto presentaron un aumento en el tamaño del bazo en comparación con el grupo control. Sin embargo, el incremento fue menor en el grupo tratado con 50 mg/kg de extracto.*

CONCLUSIONES. El extracto estudiado a la dosis de 200 mg/kg exacerba el fenotipo psoriasiforme, lo que se refleja en un incremento en la severidad de la enfermedad a nivel histopatológico, sin afectar los comportamientos nociceptivos inducidos por el IMQ. Mientras que a dosis de 100 y 50 mg/kg reduce la severidad del psoriasis en el modelo, también presentan efectos sistémicos, evidenciados por la disminución de la esplenomegalia inducida por el IMQ y demostraron efecto analgésico que disminuye los comportamientos nociceptivos, siendo mayor este efecto en el grupo de 50 mg/kg. Por lo tanto, es crucial investigar con dosificaciones inferiores para confirmar si este producto natural a menores concentraciones continua con los efectos anti psoriásicos y analgésicos como potencial candidato terapéutico para tratar la psoriasis.

REFERENCIAS.

1. Esquivel-García R., Estevez-Delgado G., Rodríguez-Orozco A-R., et. Al. (2018). La psoriasis: de la investigación básica y clínica al desarrollo de nuevos tratamientos. Gac Med Mex 154:502-508. https://dio.org/10.24875/GGM.17003182
2. Esquivel García R (2020) Caracterización química, toxicidad y efecto antipsoriásico anti-IL17 del extracto acuoso, etanólico y de aceites pirolíticos de plantas usadas en la etnomedicina Purépecha
3. Griffiths C e.m., van der Walt j m., Ashcroft D m., et.al. (2017) The global átate of psoriasis diseñase epidemiology: a workshop report. British Jounal or Dermatology 177: e4-e7. https://dio.org/10.1111/bjd.15610

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524132

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS DE FRUTOS DE FRESA POSCOSECHA CON UN ALTO POTENCIAL PATOGÉNICO EN HUMANOS

Janet Karina Hernández Ramón[1], Alejandra Hernández García[1] Rafael Salgado Garciglia[1]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán México. 9700314d@umich.mx

Palabras Clave: Calidad microbiológica, Fresas, Patógenos.

RESUMEN. Dado que las fresas frescas pueden ser un riesgo para adquirir enfermedades infecciosas por microorganismos, se realizaron aislamientos de bacterias y levaduras siguiendo las metodologías de las normas NOM-110-SSA1-1994 y NOM-210-SSA1-2014. Se obtuvieron 82 aislados de fresas recolectadas en campos de cultivo, venta callejera y autorizada. A través de la caracterización microscópica se identificaron bacilos Gram negativos, bacilos Gram positivos, cocos Gram positivos y levaduras. Mediante pruebas bioquímicas y cromogénicas se identificaron E. coli, Salmonella spp., Klebsiella pneumoniae, Candida krusei y Candida kefyr.

INTRODUCCIÓN. Las fresas frescas son apreciadas por su sabor y valor nutricional, pero también pueden representan un riesgo para la salud pública debido a la contaminación con bacterias patógenas. Especies como Escherichia coli, Salmonella spp. y Listeria monocytogenes, entre otras, pueden contaminar las fresas frescas a lo largo de su cadena de producción y distribución. Factores como el agua de riego, el suelo contaminado, el manejo poscosecha y la manipulación durante la distribución y venta, son reconocidos como fuentes potenciales de contaminación bacteriana. La presencia de estas bacterias patógenas plantea un riesgo significativo para la salud, especialmente entre poblaciones vulnerables como niños, ancianos y personas con sistemas inmunitarios comprometidos, quienes son más susceptibles a desarrollar enfermedades graves tras el consumo de alimentos contaminados (Ortiz-Solà et al., 2020). El objetivo de esta investigación es determinar la calidad microbiológica de fresas frescas de acuerdo al nivel de manipulación.

ANTECEDENTES. Las fresas son frutos con un consumo significativo en todo el mundo y su creciente consumo ha llevado a la necesidad de mejorar la seguridad alimentaria en la industria de los productos frescos (Sospedra et al., 2013; Kong et al., 2014). Los estudios epidemiológicos de productos frescos y los brotes ocasionales demuestran el potencial de que amplias gamas de estos productos se contaminen con microorganismos patógenos. Patógenos bacterianos como Salmonella entérica (Oliveira et al., 2010; Holvoet et al., 2014), Escherichia coli O157:H7 (Ethelberg et al., 2010), Listeria monocytogenes (Jofré et al., 2016) y Pseudomonas spp. (Hamilton-Miller y Shah, 2001), son especialmente preocupantes debido a la presencia ambiental de estas bacterias. Los casos de enfermedades transmitidas por fresas frescas han sido documentados en varias ocasiones, destacando la vulnerabilidad de esta fruta a la contaminación microbiana. Oliveira et al. (2019) determinaron la calidad microbiológica de bayas crudas, obteniendo aislados de Bacilos Gram negativos y Cocos Gram Positivos en las muestras de frutos de fresa. En otro estudio, Buchholz et al. (2011) reportaron que más de 11,000 personas en

Alemania, principalmente escolares, se enfermaron debido a una infección por E. coli O104, asociada con el consumo de fresas frescas distribuidas en las escuelas.

OBJETIVO. Determinar la calidad microbiológica de fresas frescas de acuerdo al nivel de manipulación.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las blancas, algodonosas, rugosas y con bordes irregulares. Aislamientos bacterianos de frutos de fresa poscosecha. El muestreo de fresas frescas se realizó en las ciudades de Zamora y Morelia, Michoacán, en distintos puntos de venta: a granel, empacado informal y en sitios autorizados. Se recolectaron muestras de 1 kg, con tres repeticiones por sitio. El procesamiento de las muestras se realizó, de acuerdo a la norma NOM-110-SSA1-1994, diluyendo 10 g de frutos en 90 mL de Caldo Lauril Triptosa (CLT) hasta obtener una dilución de 10-4. Posteriormente, se aplicaron las metodologías de la NOM-210-SSA1-2014 para detectar bacterias coliformes mediante el método del Número Más Probable (NMP). La prueba presuntiva se hizo con diluciones 10-1 a 10-4, inoculando en caldo lactosado y verificando la producción de gas como indicativo de fermentación. Para confirmar Coliformes Fecales, se transfirieron muestras a caldo Verde Brillante Bilis (CVB) y medio E. coli (EC/MUG), evaluando la producción de gas y fluorescencia bajo luz ultravioleta.
Caracterización bioquímica de los aislados. Aislamiento de Escherichia coli. Para la identificación de E. coli en las muestras de fresa, se usaron los tubos de la prueba confirmatoria de NMP. Las muestras positivas en caldo EC/MUG se inocularon en agar Eosina y Azul de Metileno (EMB) y se incubaron a 35 ± 2 °C por 24 horas. Se seleccionaron cinco colonias compatibles con E. coli de cada placa y se caracterizaron mediante pruebas bioquímicas (Agar rojo de fenol con azúcares, Agar Hierro Lisina, Agar Citrato, Agar Sulfito Indol Motilidad) y tinción de Gram, siguiendo la norma NOM-210-SSA1-2014.
Aislamiento de Salmonella spp. Se tomaron 25 g de frutos de fresas frescas y se homogeneizaron con 225 mL de agua peptonada a pH neutro. Después, se dejó reposar 1 hora, ajustando el pH a 6.8 ± 0.2, y se incubó a 35 ± 2 °C por 24 h. Del cultivo pre-enriquecido, se transfirieron 0.5 mL a un tubo con caldo Vassiliadis-Rappaport, incubado nuevamente a 35 ± 2 °C por 24 h, y posteriormente se inocularon en Agar Salmonella-Shigella. Tras la incubación, se seleccionaron colonias presuntivas de Salmonella spp., se realizó tinción de Gram y pruebas bioquímicas (Agar rojo de fenol con azúcares, Agar Hierro Lisina, Agar Citrato, Agar Sulfito Indol Motilidad). Se estableció un patrón bioquímico y se comparó con la literatura según la norma NOM-210-SSA1-2014.
Aislamiento de Candida spp. Se utilizó el medio CromoCen® CND-C para el análisis de levaduras. Microscópicamente, los aislados se observaron como células ovaladas de 2 a 4 micrómetros con paredes finas (tinción de Gram). Para la interpretación de los resultados, el crecimiento típico de Candida albicans forma colonias verdes o verde azul, redondas y lisas; Candida tropicalis produce colonias azules, también redondas y lisas; Candida kefyr presenta colonias rosado violáceo bien definidas; mientras que Candida krusei muestra colon

RESULTADOS.
En este estudio, las muestras que tuvieron mayor manipulación son las que presentaron rangos más altos de contaminación, en la muestra obtenida de campo de cultivo se presentó crecimiento microbiano en la dilución 10-3, mientras que en las muestras de venta callejera a granel y empacadas, se presentó un crecimiento en la dilución 10-4 y no se presentó crecimiento en las muestras obtenidas de sitios autorizados para la venta de fresa empacada.

Con la caracterización microscópica y bioquímica para el aislamiento de bacterias de interés clínico, se obtuvieron aislamientos de los muestreos de frutos de fresa fresca, los cuales fueron seleccionados de colonias aisladas de los medios de cultivo diferenciales (EMB, Agar Salmonella-Shigella, Agar Oxford, Agar Cromocen CND-C) y no diferenciales (Agar Soya), de acuerdo a sus características de cultivo. Se obtuvieron 82 aislados preliminares y mediante análisis microscópico (Cuadro 1) se registraron un total de 14 aislados de la muestra recolectada en campo (M1), de los cuales, 11 son Bacilos Gram negativos y 3 aislados con morfología microscópica en forma de cocos Gram positivos. De la muestra obtenida de venta callejera a granel (M2), se obtuvieron 42 aislados en total, de los cuales 8 son Bacilos Gram positivos, 28 Bacilos Gram negativos, 3 Cocos Gram positivos y 3 Levaduras; de la muestra obtenida de fresas empacadas de venta callejera (M3), se aislaron 26 aislados de las cuales 4 son Bacilos Gram positivos, 18 Bacilos Gram negativos y 4 Cocos Gram positivos. No hubo crecimiento microbiano de la muestra obtenida de frutos de fresas frescas empacadas de venta autorizada (M4).

Muestra	Bacilos Gram Positivos	Bacilos Gram Negativos	Cocos Gram positivos	Levaduras
M1	0	11	3	0
M2	8	28	3	3
M3	4	18	4	0
M4	0	0	0	0

Cuadro 1. *Aislados microbianos de frutos de fresas frescas según las normas la NOM-110-SSA1-1994 y NOM-210-SSA1-2014.*

M1, Muestra recolectada en campo; M2, Muestra obtenida de venta callejera a granel; M3, Muestra obtenida de fresas empacadas de venta callejera; M4, Muestra obtenida de fresas frescas empacadas de venta autorizada.

Con los resultados del análisis de perfil bioquímico de los Bacilos Gram negativos, se identificaron aislados de interés clínico como E. coli (Figura 1A), Salmonella spp. (Figura 1B) y Klebsiella pneumoniae (Figura 1C), en las muestras M2 y M3 (Cuadro 2).

Prueba	E. coli	Salmonella spp.	K. pneumoniae
LIA	K/A	K/K H2S	K/K
Citrato de Simmons	-	+	-
Movilidad	+	+	-
Indol	+	-	-
Dextrosa	+	+	+
Maltosa	+G	+	+
Galactosa	+	+	+
Dulcitol	+	+	-
Manosa	+	+G	+
Lactosa	+G	-	+G
Fructosa	+G	+G	+
Inositol	-	-	+G
Sacarosa	+	-	+
Rafinosa	+	-	+G
Sorbitol	+G	+G	+

Arabinosa	+	+G	+
Xilosa	+	+G	+G

Cuadro 2. Identificación bioquímica de Bacilos Gram negativo de interés clínico aislados de frutos frescos de fresa

Descarboxilación de la lisina negativo (K/A), Descarboxilación positiva (K/K), H2S producción de ácido sulfhídrico, + prueba positiva, +G prueba positiva con producción de gas, - prueba negativa.



Figura 1. Pruebas bioquímicas: A) E. coli; B) Salmonella spp.; C) K. pneumoniae.

En el caso de las levaduras, la identificación por el método cromogénico dio como resultado de acuerdo a la pigmentación y morfología colonial, la identificación de aislados de Candida krusei (Figura 2A) y Candida kefyr (Figura 2B), las cuales son de interés clínico.

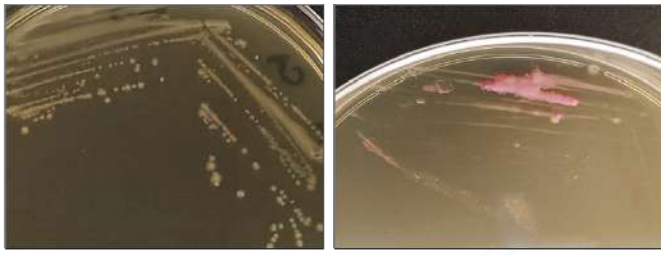


Figura 2. *Identificación de Candida en Agar ComoCen® CDN-C: A) Candida krusei; B) Candida kefyr.*

CONCLUSIONES. Se identificaron principalmente aislados de E. coli, Salmonella spp., Klebsiella pneumoniae, Candida krusei y Candida kefyr.

REFERENCIAS.

1. Ethelberg S., Lisby M., Böttiger B., Schultz A. C., Villif A., Jensen T., Olsen K.E., Scheutz F., Kjelso C., y Muller L. (2010). Outbreaks of gastroenteritis linked to lettuce, Denmark, January 2010. Euro Surveill. 15 (6), p. 19484. Accessed. http://www.eurosurveillance.org/images/dynamic/EE/V15N06/art19484.pdf
2. Hamilton-Miller J.M. y Shah S. (2001). Identity and antibiotic susceptibility of enterobacterial flora of salad vegetables. Int. J. Antimicrob. Agents 18, 81–83.
3. Holvoet K., Sampers I., Seynnaeve M., y Uyttendaele M. (2014). Relationships among hygiene indicators and enteric pathogens in irrigation water, soil and lettuce and the impact of climatic conditions on contamination in the lettuce primary production. Int. J. Food Microbiol. 171, 21–31.
4. Jofré A., Garriga M., Aymerich T., Pérez-Rodríguez F., Valero A., Carrasco E., y Bover-Cid S. (2016). Closing gaps for performing a risk assessment on Listeria monocytogenes in ready-to-eat (RTE) foods: activity 1, an extensive

literature search and study selection with data extraction on L. monocytogenes in a wide range of RTE food. EFSA Supporting Pub. 13 (12). EN-1141-184.
5. Kong Q., Wu A., Qi W., Qi R., Carter J. M., Rasooly R., y He X. (2014). Effects of electron beam irradiation on blueberries inoculated with Escherichia coli and their nutritional quality and shelf life. Postharvest Biol. Technol. 95, 28–35.
6. Li Y., y Wu C. (2013). Enhanced inactivation of Salmonella typhimurium from blueberries by combinations of sodium dodecyl sulfate with organic acids or hydrogen peroxide. Food Res. Int. 54, 1553–1559.
7. Oliveira M., Usall J., Viñas I., Anguera M., Gatius F., y Abadias M. (2010). Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. Food Microbiol. 27, 679–684.
8. Ortiz-Solà J., Viñas I., Colás-Medà P., Anguera M., y Abadias M. (2020). Occurrence of selected viral and bacterial pathogens and microbiological quality of fresh and frozen strawberries sold in Spain, International Journal of Food Microbiology, Volume 314, 2020, 108392, ISSN 0168-1605, https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108392.
9. Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial de La Federación, 5. http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html
10. Secretaría de Salud. (2015). Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. Diario Oficial de La Federación,
11. Sospedra I., Rubert J., Soriano J.M., y Mañes J. (2013). Survey of microbial quality of plant-based foods served in restaurants. Food Control 30, 418–422.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524133

MOTIVOS DE RETIRO TEMPRANO DEL IMPLANTE SUBDÉRMICO EN USUARIAS EN LA UMF 80

Alejandra Vargas-Arellano[1], Fanny Barrios-Yáñez[2], Laura M. Pérez-Flores[3], Gabriela A. Díaz-Herrera[4]

1Medica residente de la especialidad en Medicina Familiar. Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad de Medicina Familiar No.80, Instituto Mexicano del Seguro Social, ale_are28@live.com.mx

2Medica especialista en Medicina familiar. Unidad de Medicina Familiar No.80, Instituto Mexicano del Seguro Social, fannybarriosya@hotmail.com

3Medica especialista en Medicina familiar. Unidad de Medicina Familiar No.80, Instituto Mexicano del Seguro Social, Laura.perezfl@imss.com.mx

4Medica especialista en Medicina familiar. Unidad de Medicina Familiar No.80, Instituto Mexicano del Seguro Social, abiga1378@hotmail.com

Palabras Clave: anticonceptivos, etonogestrel, servicios de planificación familiar.

RESUMEN. Objetivo: identificar los principales motivos del retiro temprano del implante subdérmico con etonogestrel menor de 3 años de uso. Material y métodos: estudio transversal con muestra aleatoria estratificada de 153 pacientes usuarias del implante subdérmico de la Unidad de Medicina Familiar No. 80, en Morelia, Michoacán. En el periodo de enero a diciembre del 2021. Se utilizó X2 para comparación de porcentajes; Se analizaron diferentes datos, entre los que resaltan asociaciones con los datos sociodemográficos y los principales motivos de retiro temprano, considerando $p<0.05$ estadísticamente significativa. Resultados: la representación mayor de edad fue de 20-24 años 75.8 % (n=116), se determinaron las frecuencias del retiro temprano del implante subdérmico, por los efectos secundarios 61.7 % (n=55), deseo de embarazo 19.6% (n=20), recomendación médica 15.6% (n= 24) otros motivos 15% (n=23) la realización de un método definitivo como oclusión tubárica bilateral y vasectomía por parte de la pareja 13.6% (n=21) se descubrieron asociaciones entre variables destacándose, el retiro del implante subdérmico por efectos secundarios y el tiempo de uso, el estado civil, y el retiro por deseo de embarazo con el tiempo de uso ($p < 0.001$). Conclusiones: los efectos secundarios fueron el principal motivo de retiro temprano del implante subdérmico con etonogestrel.

INTRODUCCIÓN. Los servicios de planificación familiar permiten espaciar y planear los embarazos durante la edad reproductiva de la mujer1, ayudando a evitar embarazos no deseados. Debido a su importancia, la planificación familiar es un derecho de los seres humanos para determinar de manera libre y responsable2; les permite obtener información sobre los servicios necesarios de la sexualidad, como los anticonceptivos, y de acuerdo con la OMS, se define como objetivo del desarrollo sostenible3 en los programas y planes para 2030. En este sentido, la Secretaría de Salud del Estado de México4 describe que los métodos anticonceptivos, son sustancias, objetos o procedimientos que impiden que la mujer quede embarazada por lo que se consideran que son la clave para disminuir el crecimiento insostenible de la población y los efectos negativos que este conlleva en diversos sectores importantes de una nación como la economía y el medio ambiente; además, reduce la mortalidad materna. No obstante, Correa et al.5 señalaron que, aunque existe una amplia disposición segura y eficaz de los métodos anticonceptivos, universalmente se sigue presentando un alto porcentaje de embarazos no deseados, lo que significa un serio problema en la salud pública.

Los implantes subdérmico están compuestos por progestágenos. Su principal mecanismo de acción anticonceptiva es impedir el pico de la hormona LH, resultando en la anovulación; incrementa la viscosidad del moco cervical, dificultando el paso y la movilidad de los espermatozoides6. De esta forma, al obstaculizar el traslado de estos hacia la cavidad uterina, son un método de planificación familiar de larga duración y su eficacia no depende de la usuaria, por lo que son utilizados en diferentes países como programas de control de la natalidad7. Respecto a ello, Ramos et al.8 mencionaron que el implante subdérmico es una extraordinaria opción para la planificación familiar, con enfoque en personas de alto riesgo y población de escasos recursos, con pocas contraindicaciones y una eficacia según González et al.9, de un índice de Pearl de 0,38 embarazos por cada 100 mujeres en un año al utilizar este método10. Sin embargo, aunque presentan ventajas para las usuarias, con frecuencia su uso se interrumpe. Se cuenta, de forma general, con algunos estudios en donde muestran que el motivo más frecuente por el cual las usuarias solicitaban retirarse el implante subdérmico fue el sangrado transvaginal, seguido de cefalea. A pesar de la importancia de este tema, las investigaciones en México son escasas. Esto resalta la necesidad de realizar más estudios en el ámbito nacional a fin de mejorar la atención y la orientación de sus usuarias en el tema de planificación familiar de modo general. Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar e investigar los principales motivos del retiro temprano del implante subdérmico en usuarias adscritas a una unidad de medicina familiar.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un estudio transversal analítico por medio de la revisión de las bases de datos descritos en el expediente clínico de las usuarias del implante subdérmico con etonogestrel de la Unidad de Medicina Familiar (UMF) No. 80 del Instituto Mexicano del Seguro Social en Morelia, Michoacán, México, de enero de 2021 a diciembre de 2021. Se calculó el tamaño de muestra con datos proporcionados por el Área de Información Médica y Archivo Clínico (ARIMAC), obteniendo un total de 254. Posteriormente, se procedió a calcular el tamaño de la muestra mediante la fórmula para estimar la media con una N finita con resultado 153 participantes con retiro temprano del implante subdérmico.Los criterios de inclusión fueron usuarias del implante subdérmico con retiro temprano (menor a 3 años en el caso de Implanon) descrito en el expediente de enero a diciembre del 2021 y con descripción sociodemográfica completa. Se excluyeron a las usuarias cuyo motivo de retiro del implante sea por termino de durabilidad de la anticoncepción equivalente al uso por tres años. Los datos se ordenaron de la siguiente manera: sección I. Tiempo de uso del implante subdérmico (menor o igual a 6 meses, 7 a 11 meses, 12 a 24 meses, mayor de 24 y menor a 36 meses); sección II. Datos sociodemográficos (edad, ocupación, Edo. Civil, escolaridad, paridad); sección III. Motivos del retiro temprano del implante, presentación de efectos secundarios11 (amenorrea, hipermenorrea, spotting, peso, incremento, disminución, sin variación, cefalea, dismenorrea, alteración del carácter), deseo de embarazo, recomendación médica (recién diagnóstico de cáncer de hígado o cáncer de mama) y otros motivos de retiro (influencia de alguna persona cercana a la usuaria, familiar, o persona de autoridad, religión, que exprese malos comentarios sobre el uso del implante). El análisis estadístico se realizó con el software estadístico SPSS v. 23 para Windows. Se realizaron tablas de frecuencias para las variables sociodemográficas; la comparación de proporciones de variables cualitativas se llevó a cabo mediante la prueba X2. Un valor $p<0.05$ fue considerado estadísticamente significativo. El trabajo fue aprobado por el comité de ética e investigación del IMSS. No se requirió de consentimiento informado.

RESULTADOS. La muestra total fue de ciento cincuenta y tres usuarias con retiro temprano del implante subdérmico; las mujeres de 20 a 34 representaron 75.8% de la población. Respecto a la escolaridad, el predominio fue preparatoria con 40.5%; 45.1% refirió que estaba casada y 22.2 % en unión libre.

	Frecuencia	Porcentaje %
Características de la población		
Grupos de edad		
Hasta 19 años	12	7.8
20 a 34 años	116	75.8
35 y más años	25	16.3
Escolaridad		
Primaria	5	3.3
Secundaria	38	24.8
Preparatoria	62	40.5
Licenciatura	47	30.7
Posgrado	1	0.7
Estado civil		
Soltera	48	31.4
Casada	69	45.1
Unión libre	34	22.2
Divorciada	2	1.3
Paridad		
Nulípara	49	32
Primípara	51	33.3
Multípara	53	34.6
Ocupación		
Estudiante	24	15.6
Hogar	38	24.8
Trabajo	91	59.4

Tabla 1. *Características generales de la población*

El retiro temprano por efectos secundarios fue de un 36%, seguido del deseo de embrazo con un 19.6%; por recomendación médica un 15.6% y por otros motivos un 15%. Como hallazgo se encontró el deseo de un método permanente.

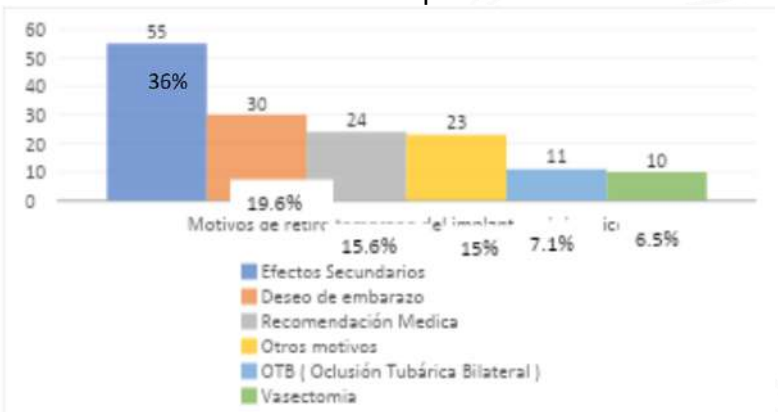


Figura 1. *Distribución de frecuencia del retiro temprano del implante subdérmico. *Oclusión Tubárica Bilateral (OTB)*

El efecto secundario más común consistió en las alteraciones menstruales con un total de 44.4%, seguido por la alteración del carácter con un 43.8%; en cuanto a la variable del peso, se encontró un 90.8% sin presentar variación.

Variable	Frecuencia	Frecuencia (%)
Retiro por efectos secundarios	55	61.7
Presentación de efectos secundarios		
Amenorrea	7	4.6
Hipermenorrea	22	14.4
Spotting	36	23.5
Peso		
Incremento	13	8.5
Disminución	1	0.7
Sin variación	139	90.8
Cefalea	55	35.9
Dismenorrea	38	24.8
Alteración del carácter	67	43.8

Tabla 2. *Presentación de efectos secundarios*

Se reportó el retiro temprano del implante subdérmico en las pacientes que usaron el implante por más de 24 meses; 43.7% (n=67) seguido de 12-24 meses con 32% (n= 49), de 7 a 11 meses con 12.4% (n= 19) y con retiro de los 6 meses se obtuvo un 11.7% (n=18). Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las variantes, efectos secundarios y con el tiempo de retiro p=0.001, siendo el tiempo más frecuente de retiro de los 12-24 meses tal como se observa en la Tabla 3. También se observó una asociación entre el retiro por efectos adversos con el estado civil p= 0.033, identificándose que el retiro ocurrió más en las pacientes solteras. Se observó que el retiro por deseo de embarazo se relacionó con la paridad p=0.004, las mujeres primíparas fueron las que presentaron mayor cantidad de retiro. Sin embargo, el resto de las variables estudiadas no demostraron asociación.

Tiempo de retiro (meses)							
Variable	< 6	7 -11	12-24	>24-36	Total	χ^2	P Valor
Causas de retiro							
Efectos Secundarios	10	9	24	12	55	17.16	.001*
Deseo de Embarazo	1	1	8	20	30	9.52	0.23
Recomendación Médica	3	5	7	9	24	1.96	0.57
Otros Motivos	2	4	5	12	23	2.08	0.55
OTB	1	1	1	8	11	6.12	0.41
Vasectomía	1	0	4	5	10		
Total	18	20	49	66	153		
Paridad							
Deseo de embarazo (n=30)	Nulípara	Primípara	Multípara	χ^2		P Valor	
	9	17	4	11.03		0.004*	
Estado civil							
Efectos Secundarios (n=55)	Soltera	Casada	Unión Libre	Divorciada	χ^2		P Valor

	24	17	13	1	8.71	0.033*

Tabla 3. *Análisis de la asociación entre factores sociodemográficos y motivos de retiro.*

CONCLUSIONES. Este proyecto de investigación tuvo como objetivo identificar los principales motivos de su retiro temprano en una unidad de medicina familiar. El motivo principal de retiro del implante subdérmico fue por efectos secundarios con un 36% de resultados que coinciden con el estudio de Gómez LM et al.12 en Uruguay publicado en el 2021.Respecto a los efectos secundarios, se encontró a las alteraciones menstruales como efecto predominante, semejante a los resultados del artículo de Calixto et al.13 en Boyacá, Colombia, encontrándose que el principal efecto secundario fue sangrado genital (74,5%), seguido de cefalea (71,7%) y continuando con los cambios en el estado de ánimo (57,6%); esto último a diferencia de nuestro estudio, donde la alteración del estado de ánimo se encontró en el segundo efecto predominante. También se encontraron datos similares a los resultados del estudio realizado en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) de García LF et al.10, en el cual la mayoría presentó alteración del ciclo menstrual en 36%.En cuanto al retiro por recomendación médica, se presentó en un 15.7% en la presente investigación, contrastando con los hallazgos de Martínez-Hernández et al.14 donde el porcentaje fue de 10.8 %; por otra parte, en el artículo de Vargas LA et al.15, se encontró 9% de retiro por este motivo.Con respecto al periodo donde más frecuentemente se retiró el implante, fue después de los 24 meses de su uso con un resultado de 43.8%. Datos similares se encontraron en el estudio de Ohazurike et al.16, que estima las causas por grupo de edad de manera acumulativa y por el deseo genésico de las participantes, encontrando mayor descontinuación de su uso respecto al tiempo transcurrido para todos los casos. La influencia de alguna persona cercana a la usuaria que refiera malos comentarios sobre el uso del implante categorizado en la investigación como “otros motivos de retiro” se presentó en 15.0%, respecto a este punto, la religión puede limitar el derecho de la mujer a decidir sobre sus embarazos y el uso de anticonceptivos17. Datos del INEGI18, indican que alrededor del 77,7% de la población mexicana se denominaba católica; no obstante, la religión católica, aunque sea predominante, no muestra relación significativa con el retiro temprano en contraste con el artículo publicado por Ohazurike et al.15, donde se observó mayor retiro en las mujeres de la religión católica respecto al islam.

El principal motivo de retiro temprano del implante subdérmico en la población estudiada fue por efectos secundarios, seguido por deseo de embarazo, se observó en menor medida por el motivo de recomendación médica y con poca diferencia por otros “otros motivos”. Como hallazgo se encontró que la realización de algún método definitivo por parte de la paciente o por la pareja, como la OTB y la Vasectomía también fue motivo de retiro temprano del implante subdérmico en un total de 21 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión.

REFERENCIAS.

1. Organización Mundial de la Salud. (2022). Planificación familiar/métodos anticonceptivos. URL http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs351/es/
2. Diario Oficial de la Federación. (2024). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. URL https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf
3. World Health Organization. (2022). Reproductive Health Indicators, Reproductive Health and Research Guidelines for their generation, interpretation and analysis for global monitoring. URL http://www.ossyr.org.ar/pdf/bibiliografía/2.22.pdf
4. Secretaría de Salud del Estado de México. (2022). Salud Edomex. URL https://salud.edomex.gob.mx/isem/metodos_anticonceptivos#:~:text=Los%20m%C3%A9todos%20anticonceptivos%2C%20son%20sustancias,que%20est%C3%A9n%20preparadas%20para%20ello.

5. Correa M, Machado J, Benítez A, Labarca L, y Romero N. (2017). Implante anticonceptivo subdérmico liberador de etonogestrel: Implante anticonceptivo subdérmico liberador de etonogestrel: Moda o solución a la disponibilidad de contraceptivos en Venezuela según sus propiedades farmacológicas (revisión). Academia Biomédica Digital. (72).
6. Pushpa B, Sangita N, Shivan A, Chitra T. Implanon ®. (2011). Subdermal removal contraceptive implant. The Journal of Obstetrics and Gynecology of India. 61(4), 422-5.
7. Araya C, Díaz SC, y Venega GP. (2021). Implante subdérmico: revisión bibliográfica.
8. Revisión bibliográfica. Revista Ciencia y Salud Integrando conocimientos. 5 (4).
9. Ramos G y Segovia R. (2011). Experiencia con el implante subdérmico en adolescentes en la catedra y servicio de ginecología y obstetricia. Medicina Clínica Social. 5 (2): 72-75.
10. González C y Miguel J. (2011). Manejo de los implantes subdérmico de etonogestrel en atención primaria. 4(2): 146-149.
11. García LF, López BV, De la Vega P, Medina RG, Ramírez DA, Uriarte OS. (2011). Frecuencia de efectos adversos en usuarias de implante subdérmico. Revista Enfermería Instituto Mexicano del Seguro Social 19 (1): 21-4.
12. Patiño A, del Rosario M, Villareal E, Martínez L, Galicia L, Vargas ER. (2006). Evolución a un año de los efectos adversos, en una cohorte de pacientes con implante subdérmico de desogestrel. Revista Chilena Obstetricia Ginecología 71(3): 170-173.
13. Gómez LM, Giorgetta R, Quartara F, Washinton L, Grazzia R. (2017). Efectos adversos y motivos de retiro de implante subdérmico Jadelle® en usuarias de Policlínica de Salud Sexual y Reproductiva del Hospital de Clínicas en período junio 2015-diciembre 2017. Revista Chilena Obstetricia Ginecología 86(1): 68-75. URL http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75262021000100068&lng=es. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75262021000100068.
14. Calixto MD, Ospina JM, Manrique G. (2015). Retiro temprano del implante subdérmico con etonogestre en usuarias de un programa de anticoncepción de Tunja-Boyacá, Colombia. Revista Universitaria Salud 17(2): 224-232.
15. Martínez-Hernández Y, Villarreal-Ríos E, Galicia-Rodríguez L, Cu-Flores L. (2023) .Costo del retiro anticipado de métodos de planificación familiar. Ginecologia Obstetricia México 91(2): 92-99. URL:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0300-90412023000200092&lng=es. https://doi.org/10.24245/gom.v91i2.8239.
16. Vargas LA, Cuervo PCE, Niño ACA. (2019) .Factores asociados al retiro temprano del Jadelle en un programa de planificación familiar. Revista Investigaciones. Andina. Colombia 21(38):153-66. URL https://revia.areandina.edu.co/index.php/IA/article/view/997.
17. Ohazurike E, Olamijulo JA, Ibisomi L, Olorunfemi G, Oluwole AA. (2020). Predictors of Discontinuation of Subdermal Levonogestrel Implants (Jadelle) at the Lagos University Teaching Hospital, Lagos, Nigeria: An Analytic Cohort Study. African Journal of Reproductive Health. 24 (2): 48-63.
18. Medicamentalia. (2022). El pecado de la anticoncepción URL https://medicamentalia.org/anticonceptivos/religion/
19. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022).URL https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Religion_Religion_01_a7ac48a2-4339-47d4-841e-f34d0d2b3382&idrt=135&opc=t

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524134

IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA Y RESISTENCIA ANTIBIÓTICA DE *Pseudomonas sp.* AISLADAS DE AGUA PURIFICADA DE DISPENSADORES AUTOMÁTICOS DE LA CIUDAD MORELIA, MICHOACÁN

Ricardo Jiovanni Soria-Herrera[1], Miriam Alejandra Sandoval-Pérez[2], Nancy Oshin Alonso-Valdés[3], José Rubén Ceja-Soria[4], Jorge Francisco Cerna-Cortés[5], Carlos Cortés-Penagos[6]

1Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH ricardo.soria@umich.mx;

2 Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH 2000189k@umich.mx;

3Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH 1645536d@umich.mx;

4Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH 212153q@umich.mx;

5 Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN jcernac@ipn.mx;

6 Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH carlos.cortes@umich.mx.

Palabras Clave: Agua purificada, contaminación, Pseudomonas, Resistencia antimicrobiana.

RESUMEN. A nivel mundial el agua es el recurso natural más importante, sin embargo, el agua potable distribuida en las redes domésticas, cuenta con una arraigada desconfianza por parte de la población, que considera al agua potable como insalubre por lo que recurre al consumo de agua purificada embotellada. Una de las alternativas que ha surgido para la distribución y venta de agua purificada es el uso de máquinas dispensadoras para rellenar envases de 1 a 20 litros. El costo de producción en más bajo que los envasados por las empresas refresqueras, sin embargo, las máquinas de autoservicio tienen mayor riesgo de contaminación microbiológica de organismos coliformes totales, fecales, Escherichia coli y especies de Pseudomonas, lo que genera riesgos para la población que los consume. En el presente trabajo se realizó un muestreo aleatorio en 20 dispensadores automáticos de agua purificada distribuidos en la ciudad de Morelia, Michoacán, se realizó el análisis microbiológico de muestras de agua purificada, donde se cuantificaron y aislaron siete cepas de especies de Pseudomonas, las cuales se identificaron con pruebas bioquímicas convencionales y se les realizó un perfil de antibiograma de acuerdo a la técnica de Kirby Bauer para determinar los patrones de susceptibilidad y resistencia a los antibióticos. Se identificaron cuatro cepas de Pseudomonas aeruginosa y el resto como Pseudomonas sp., los patrones de resistencia antibiótica demostraron que estos microorganismos son multirresistentes a 2 o más grupos de antibióticos.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad el agua es el recurso más importante para todos los seres humanos, el consumo de agua diario es indispensable para que se realicen todos los procesos biológicos vitales, el consumo diario se estima en al menos 2 litros para asegurar un buen estado de salud. (Bueno Lozano, Fleta Zaragozano, García Soler, Fleta Asín, & Serría Chueca, 2006).

El cambio climático y el aumento exponencial de la población ha generado una fuerte presión hídrica en las principales ciudades de todo el mundo. En México, como en otras grandes urbes enfrentan una considerable falta de agua principalmente en los sectores de más bajos ingresos los cuales son más vulnerables. (Martínez Austria & Patiño Gómez, 2012). Datos de la Organización mundial de la salud en 2022 reportan que en el mundo al menos 1700 millones de personas consumen agua contaminada con contaminación fecal, lo que conlleva a que cada año 505 000 personas mueran por procesos infecciosos diarreicos. (OMS, 2024).

ANTECEDENTES. El género Pseudomonas es un grupo de bacterias ampliamente distribuido en la naturaleza, sus requerimientos nutricionales son muy básicos y pueden crecer en un gran número de ambientes y ecosistemas. Son microorganismos que presentan una gran capacidad para adaptarse y sobrevivir gracias a la producción de biopeliculas y a los factores de virulencia que presentan como la capsula polisacárida, pilis, pigmentos y toxinas. (Koneman, y otros, 2018). Pseudomonas aeruginosa es el principal patógeno de este género y se asocia a infecciones en diferentes tejidos en humanos. Es frecuentemente aislado en ambientes nosocomiales en pacientes con ventilación mecánica, cateterizados, con tratamientos prolongados de antibióticos o quimioterapia y en pacientes con quemaduras, sin embargo, en pacientes ambulatorios causa infecciones de vías urinarias, foliculitis, otitis, conjuntivitis y con menos frecuencias sepsis, diarreas, endocarditis e infección primaria de sistema nervioso central. (Milagro Montero, 2012)
El agua y los alimentos han sido tradicionalmente vehículos de microorganismos patógenos, son frecuentemente reportados agentes como Escherichia coli, Salmonella spp., Campylobacter sp., Yersinia sp., Vibrio cholerae y Enterococcus faecalis y con menor frecuencias Pseudomonas sp., Aeromonas sp., y Klebsiella sp. La presencia de estos microorganismos ha sido reportada por diversas autoridades en México y en otros países, así como por la OMS como indicadores de contaminación y marcadores para determinar la calidad del agua y los alimentos. (Venegas, Tello-Hernández, Cepeda-Cornejo, & Molina-Romero, 2023)

OBJETIVO. Identificar la presencia de Pseudomonas sp. en agua purificada de dispensadores de autoservicio en la ciudad de Morelia, Michoacán. Cuantificar las Pseudomonas presentes mediante la técnica de NMP de acuerdo a la NOM-201-SSA1-2015. Realizar la caracterización bioquímica de los aislado de Pseudomonas sp. Determinar los patrones de susceptibilidad de los aislados de Pseudomonas sp. a antimicrobianos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un muestreo aleatorio en 20 máquinas automáticas expendedoras de agua purificada de diferentes marcas, donde se tomó la muestra posterior a su proceso de purificación, se utilizaron botellas de vidrio estériles de boca ancha de 1 litro de capacidad y se transportaron en hieleras con geles refrigerantes. A cada una de las muestras se les midió el cloro residual y se determinó el pH, posteriormente se inocularon 15 tubos de caldo asparagina en diluciones de cinco tubos con 10 ml, cinco tubos con 1 ml y cinco tubos con 0.1 ml, una vez inoculados se incubaron a 37 °C por 24 a 48 horas, posterior a la incubación se utilizó una lampara de luz de Wood para determinar la presencia de fluorescencia y con ello cuantificar los tubos positivos determinando el Número Más Probable (NMP) de acuerdo a las tablas de la norma NOM-201-SSA1-2015. De los tubos positivos con presencia de fluorescencia se inocularon en agar Cetrimida por estría cruzada, las cuales se llevaron a incubar a 37 °C por 24 horas, a partir del crecimiento de las colonias se pasó un inoculo medio basal Hugh-Leiffson con azucares al 1% (Glucosa, Lactosa, Maltosa, Fructosa, Manitol) Agar hierro lisina y agar bilis-esculina y se realizó la prueba de oxidasa, los medios fueron incubados a 37 °C por 24 horas y se reportaron

los resultado comparando los patrones bioquímicos con la literatura. A partir del inoculo del agar Cetrimida se inocularon de acuerdo a la técnica de Kirby-Bauer en caldos Mueller-Hinton hasta alcanzar una concentración igual al tubo 0.5 del nefelómetro de Mac Farland, una vez alcanzada la turbidez con un hisopo estériles de rayón y se inocularon por estría masiva placas con agar Mueller-Hinton posterior a esto se colocaron sensidiscos en las placas (Ciprofloxacino 5 µg, Imipenem 10 µg, Meropenem 10 µg, Amikacina 30 µg, Cefepime 30 µg, Trimetroprim/Sulfametoxazol 1.25/23.75 µg y Tobramicina 10 µg) las placas se llevaron a incubar a 37 °C por 24 horas y utilizando un calibrador vernier se midieron los halos y se reportaron los resultados comparándolas con las tablas del CLSI.

RESULTADOS. De las veinte muestras analizadas, provenientes de diferentes dispensadores de agua purificada, siete de ellas mostraron la presencia de *Pseudomonas*. La cuantificación del valor NMP y la identidad de las cepas aisladas se muestran en la tabla I. Las cepas de *Pseudomonas* aisladas en Agar Cetrimida e identificadas bioquímicamente. Cada una de las cepas fue ensayada para determinar la resistencia antibiótica (Tabla I).

Muestra	**NMP** [número/100ml]	**Cepa**	**Resistencia**
M1	17	*P. aeruginosa*	Imipenem, Meropenem, Amikacina, Cefotaxima, Trimetroprim/Sulfametoxazol y Tobramicina.
M4	11	*P. aeruginosa*	Ciprofloxacina, Amikacina, Cefotaxima, Trimetroprim/Sulfametoxazol Meropenem y Tobramicina.
M5	22	*Pseudomonas sp.*	Ciprofloxacina, Cefotaxima, Imipenem, Trimetroprim/Sulfametoxazol y Tobramicina.
M12	27	*P. aeruginosa*	Meropenem, Trimetroprim/Sulfametoxazol y Tobramicina.
M13	84	*P. aeruginosa*	Imipenem, Cefotaxima, Meropenem, Trimetroprim/Sulfametoxazol y Tobramicina.
M14	95	*Pseudomonas sp.*	Imipenem, Meropenem, Cefotaxima, Trimetroprim/Sulfametoxazol y Tobramicina.
M19	350	*Pseudomonas sp.*	Amikacina, Meropenem, Ciprofloxacina, Trimetroprim/Sulfametoxazol y Cefotaxima.

***Tabla 1**. Resultado cuantitativo de NMP de Pseudomonas y la cepa identificada.*

Cuatro de las cepas aisladas fueron identificadas como *Pseudomonas aeruginosa*, las cepas restantes requieren pruebas bioquímicas y/o moleculares adicionales que permitan su identificación. Las pruebas de resistencia antibiótica realizados a las siete cepas arrojaron perfiles de multirresistencia a los antibióticos ensayados. Las muestras número 4 y 5 fueron resistentes a cuatro grupos de antibióticos diferentes.

CONCLUSIONES. La presencia de microorganismos indicadores de contaminación microbiológica en el agua purificada es un riesgo para la población. El agua purificada y expendida en máquinas de autoservicio es una de las opciones más económicas para la población, sin embargo, la presencia de microorganismos como Pseudomonas aeruginosa con una alta resistencia a los antimicrobianos genera riesgos para el consumo.

REFERENCIAS.

1. Bueno Lozano , M., Fleta Zaragozano, J., García Soler, S., Fleta Asín, B., & Serría Chueca, A. (2006). El Agua y su regulación en el cuerpo humano. Requerimientos y tipos de agua bebida. Bueno, L. M., Fleta, Z. J., García, S. S., Fleta, A. B., & Sarría, C. A. (2006). El Agua y su regulación en el cuerpo humano. Requerimientos y tipos de agua bebida. In Anales de la Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud de Zaragoza (Vol. 9, pp. 7–3, 7-33.
2. Koneman, E. W., Procop, G. W., Hall, G. S., Janda, W. M., Schreckenberger, P. C., & Woods, G. L. (2018). Konema, Diagnóstico Microbiológico, Texto y Atlas. En Capitulo 7 - Bacilos gramnegativos no fermentadores (págs. 328-350 7a. Edición). Philadelphia, PA.: Wolters Kluwer.
3. Martínez Austria, P. F., & Patiño Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. Tecnología y Ciencias Del Agua, 5-20 .
4. Milagro Montero, M. (2012). Pseudomonas aeruginosa multirresistente: Aspectos epidemiológicos, Clínicos y Terapéuticos . Barcelona, España: Universidad Autonoma de Barcelona.
5. OMS. (14 de 09 de 2024). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water
6. Venegas, B., Tello-Hernández, M. A., Cepeda-Cornejo, V., & Molina-Romero, D. (2023). Calidad microbiológica: detección de Aeromonas sp y Pseudomonas sp en garrafones provenientes de pequeñas plantas purifi cadoras de agua. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, 17 (2) 146-164 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i2.1728.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524137

DETECCIÓN DE OLIGODENDROCITOS EN CORTEZA MOTORA E HIPOCAMPO DE RATAS HEMBRA ADULTAS

Itzel Yunuen Ortiz Amezcua, Andrea Urieta Cedeño, Ana Rosa Pardo Ortiz, Angela Itziry Sánchez Valdez, Luz Torner

Palabras Clave: Estrés, Oligodendrocitos, Hipocampo, Corteza motora, inmunohistoquímica.

RESUMEN. Los oligodendrocitos (OL) son células gliales que interaccionan con el soma y el axón de las neuronas del SNC. Su principal característica es su capacidad de formar las vainas de mielina esenciales para el aislamiento de los axones y la correcta conducción saltatoria de los impulsos eléctricos. Los OL maduros se desarrollan a partir de células precursoras de oligodendrocitos (OPC), conocidas como células NG2. Las OPC están ampliamente distribuidas por el cerebro y son capaces de proliferar y diferenciarse a lo largo de toda la vida. Las glías NG2 son ampliamente abundantes (comprometen el 5-8% de la población glial total en el cerebro adulto) dentro del SNC. Nuestro objetivo es optimizar la detección de los precursores de oligodendrocitos en las zonas del hipocampo y la corteza cerebral, para su análisis posterior en ratas bajo condiciones de estrés. Para ello realizamos tinciones por inmunohistoquímica usando como anticuerpo primario anti-Olig2 (EPR2673 Olig-2, Abcam, USA) en cortes cerebrales de 40 µm de ratas hembra adultas Sprague Dawley. Se emplearon diluciones 1/500, 1/1000, 1/3000 y 1/5000 del anticuerpo. Tras la incubación con anticuerpos primarios y secundarios, los cortes cerebrales fueron revelados con Diaminobencidina, y se tomaron microfotografías de las regiones de corteza e hipocampo. Posteriormente, las imágenes obtenidas fueron analizadas para evaluar la intensidad y la especificidad de la tinción en cada una de las diluciones. Como resultado observamos que todas las diluciones de olig-2 tiñen células NG2+ tanto en la corteza motora como en el hipocampo, pero la detección óptima se obtiene con la dilución 1/3000, ya que permite visualizar de forma clara y precisa los oligodendrocitos. En conclusión, la detección de precursores de oligodendrocitos se optimizó en 2 zonas cerebrales para su utilización posterior.

INTRODUCCIÓN. Los oligodendrocitos (OL) son células gliales esenciales en el sistema nervioso central (SNC), responsables de la formación de vainas de mielina alrededor de los axones neuronales. Este proceso de mielinización es crucial para el aislamiento de los axones y la conducción saltatoria de los impulsos eléctricos, lo que permite una transmisión rápida y eficiente de la información neuronal. Los OL maduros se desarrollan a partir de las células precursoras de oligodendrocitos (OPC), también conocidas como células NG2, que están ampliamente distribuidas en el cerebro y tienen la capacidad de proliferar y diferenciarse durante toda la vida.

Las células gliales NG2 constituyen entre el 5% y el 8% de la población glial total en el cerebro adulto, lo que destaca su abundancia y posible relevancia en los procesos de mantenimiento y reparación del tejido neural. Por lo tanto, la detección precisa de las regiones cerebrales donde residen los precursores de oligodendrocitos, particularmente en áreas como el hipocampo y la corteza motora, es fundamental para comprender mejor su función y comportamiento en diferentes condiciones, incluido el estrés oxidativo siendo ovacionado por un desequilibrio entre la producción de moléculas inestables conocidas como radicales libres que pueden dañar células, proteínas y ADN al “robar” electrones de estas mismas, también haciendo una pérdida de la

capacidad del cuerpo para neutralizarlos con antioxidantes. Este tipo de estrés puede afectar negativamente a los oligodendrocitos y a las células precursoras de oligodendrocitos, comprometiendo su capacidad de proliferación y diferenciación, lo que a su vez puede impactar la mielinización y la salud neuronal en general. En este estudio, se utilizaron técnicas de inmunohistoquímica para detectar OPC en cortes cerebrales. Se empleó el anticuerpo primario anti-Olig2 que tiñe específicamente los precursores de oligodendrocitos al unirse a la proteína Olig2, un factor de transcripción crucial en la diferenciación de las OPC en oligodendrocitos maduros. Tras la incubación con anticuerpos primarios y secundarios, los cortes cerebrales se revelaron con diaminobencidina y se tomaron microfotografías de las regiones de la corteza y el hipocampo. Las imágenes obtenidas fueron analizadas para evaluar la intensidad y especificidad de la tinción en cada una de las diluciones.

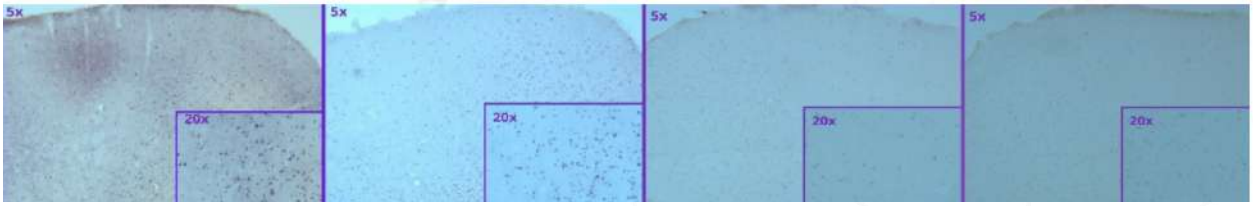
ANTECEDENTES. Steven M. Wellman (2018), describe a los oligodendrocitos y sus precursores como facilitadores gliales críticos de la neurofisiología, que es responsable de la cognición y el comportamiento. Múltiples estudios han avanzado en el desarrollo de oligodendrocitos (OL) a partir de sus células precursoras, conocidas como células NG2 u OPC (células precursoras de oligodendrocitos). Estas células, como señalan Nishiyama et al. (2009), retienen su capacidad de proliferar y diferenciarse durante toda la vida y están ampliamente distribuidas en el cerebro. Tradicionalmente, se ha investigado el papel de los oligodendrocitos en enfermedades desmielinizantes como la esclerosis múltiple (Franklin y Ffrench-Constant, 2008), pero estudios recientes han ampliado este enfoque para explorar la participación de las OPC en la plasticidad y la regeneración neuronal. Por ejemplo, Mangin y Gallo (2011) demostraron que las OPC pueden responder a lesiones del SNC mediante la proliferación y diferenciación hacia oligodendrocitos maduros, lo que contribuye a la reparación del daño neuronal. Asimismo, Young et al. (2013) señalaron que estas células tienen un papel importante en la respuesta a lesiones traumáticas en áreas como el hipocampo y la corteza motora, subrayando su potencial en la recuperación funcional tras el daño cerebral. Para avanzar en la comprensión de las OPC, es crucial su detección precisa en regiones clave del cerebro. El uso de anticuerpos específicos, como el anti-Olig2 en técnicas de inmunohistoquímica, ha facilitado la localización y visualización de estas células. Ligon et al. (2006) describen a Olig2 como un factor de transcripción indispensable en la diferenciación de OPC hacia oligodendrocitos maduros, y su estudio ha permitido avances en la caracterización de estos procesos.

OBJETIVO. Optimizar la detección de OPC en el hipocampo y la corteza cerebral. Evaluar la intensidad y especificidad de la tinción en diferentes diluciones de anticuerpos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se emplearon ratas hembra adultas de la cepa Sprague Dawley, las cuales fueron mantenidas bajo condiciones controladas de temperatura y ciclo luz/oscuridad, con libre acceso a agua y alimento. Todos los procedimientos experimentales fueron realizados de acuerdo con las normativas éticas para el manejo de animales de laboratorio. Para la identificación de células precursoras de oligodendrocitos (OPC), se realizaron tinciones inmunohistoquímicas en cortes cerebrales de 40 µm de grosor. El anticuerpo primario empleado fue el anti-Olig2 (EPR2673 Olig-2, Abcam, USA), que reconoce específicamente la proteína Olig2, un marcador característico de las OPC. Los cortes se incubaron con el anticuerpo en varias diluciones (1/500, 1/1000, 1/3000 y 1/5000) durante toda la noche a 4°C. Las diluciones del anticuerpo primario se prepararon en una solución de bloqueo compuesta de suero normal de caballo y Tritón en buffer de fosfatos (PB). Se probaron las diferentes concentraciones para

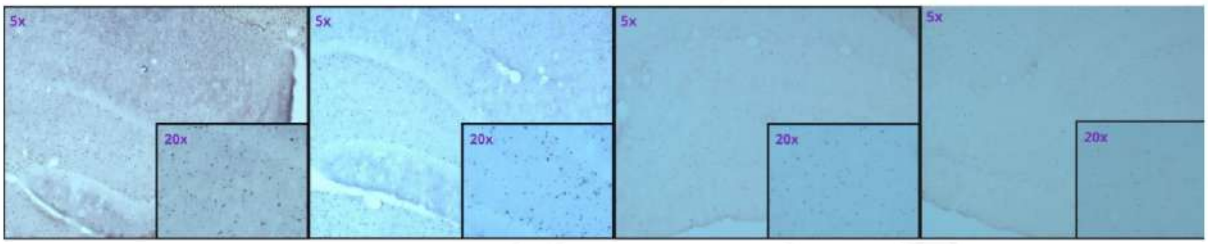
determinar la dilución que proporciona una señal clara y precisa de los oligodendrocitos. Posteriormente, los cortes cerebrales se lavaron con PB y fueron incubados con un anticuerpo secundario biotinilado anti-conejo durante 2 horas a temperatura ambiente. A continuación, se aplicó el complejo avidina-biotina (AB) y se utilizó diaminobencidina (DAB) como revelador para visualizar la señal. Las células positivas para Olig2 mostraron una coloración característica tras la reacción con DAB. Se tomaron microfotografías de las regiones de la corteza motora e hipocampo utilizando un microscopio óptico acoplado a una cámara digital. Las imágenes se analizaron mediante software especializado para evaluar tanto la intensidad como la especificidad de la tinción en cada una de las diluciones, permitiendo así determinar la concentración óptima del anticuerpo primario.

RESULTADOS. En la detección de los oligodendrocitos se observaron en todas las diluciones administradas del anticuerpo anti-Olig2 (1/500, 1/1000, 1/3000 y 1/5000) fueron efectivas para teñir células NG2+ tanto en la corteza motora como en el hipocampo.



1/500 1/1000 1/3000 1/5000

Figura 1. *Microfotografías del tejido corteza motora en diferentes diluciones a 5X y 20X.*



1/500 1/1000 1/3000 1/5000

Figura 2. *Microfotografías del tejido hipocampo en diferentes diluciones a 5X y 20X*

Esto indica que el anticuerpo anti-Olig2 es adecuado para la detección de células precursoras de oligodendrocitos en estas regiones cerebrales.

CONCLUSIONES. En este estudio, se lograron optimizar las condiciones para una detección eficiente de OPC, destacando la importancia de estas células en la respuesta reparadora frente a lesiones cerebrales. Entre las diferentes diluciones probadas, la dilución 1/3000 del anticuerpo anti-Olig2 resultó ser la más efectiva. Esta dilución permitió una visualización clara y precisa de los oligodendrocitos, proporcionando una señal intensa y específica que facilitó la identificación de las células NG2+ en los cortes cerebrales. Los hallazgos obtenidos refuerzan el papel de las OPC en diversas condiciones patológicas y sugieren que su estudio podría facilitar el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas. Esto es especialmente relevante en el contexto de la regeneración neuronal, abriendo nuevas posibilidades para tratamientos orientados a mejorar la recuperación funcional en pacientes con daño cerebral.

REFERENCIAS.

1. Wellman, S. M., Cambi, F., & Kozai, T. D. (2018). El papel de los oligodendrocitos y sus progenitores en la tecnología de interfaz neuronal: una nueva perspectiva sobre la regeneración y reparación de tejidos. Biomateriales, 183, 200–217. https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2018.08.046
2. [Sienes Bailo, P., Llorente Martín, E., Calmarza, P., Montolio Breva, S., Bravo Gómez, A., Pozo Giráldez, A., Sánchez-Pascuala Callau, J. J., Vaquer Santamaría, J. M., Dayaldasani Khialani, A., Cerdá Micó, C., Camps Andreu, J., Sáez Tormo, G., & Fort Gallifa, I. (2022). Implicación del estrés oxidativo en las enfermedades neurodegenerativas y posibles terapias antioxidantes. Advances in Laboratory Medicine, 3(4), 351–360. https://doi.org/10.1515/almed-2022-0022
3. Nishiyama, A., Komitova, M., Suzuki, R., & Zhu, X. (2009). Polydendrocytes (NG2 cells): multifunctional cells with lineage plasticity. Nature Reviews Neuroscience, 10(1), 9-22. https://doi.org/10.1038/nrn2495
4. Franklin, R. J., & Ffrench-Constant, C. (2008). Remyelination in the CNS: from biology to therapy. Nature Reviews Neuroscience, 9(11), 839-855. https://doi.org/10.1038/nrn2480
5. Mangin, J. M., & Gallo, V. (2011). The curious case of NG2 cells: transient trend or game changer? Neuron, 70(4), 624-638. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.05.001
6. Young, K. M., Psachoulia, K., Fairn, G. D., et al. (2013). Oligodendrocyte dynamics in the healthy adult CNS: evidence for myelin remodeling. Neuron, 77(5), 873-885. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.01.006
7. Ligon, K. L., Fancy, S. P. J., Franklin, R. J., & Rowitch, D. H. (2006). Olig gene function in CNS development and disease. Glia, 54(1), 1-10. https://doi.org/10.1002/glia.20371

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524138

ANÁLISIS DEL PERFIL CUANTITATIVO DE TLRS INTRACITOPLÁSMICOS Y MYD88 EN SUBPOBLACIONES DE LINFOCITOS B EN PACIENTES COMO PREDICTORES DE RESPUESTA RENAL EN NEFROPATÍA LÚPICA

Montserrat Pérez[1], Jennifer Tiaré Balderas[2], Yatzil Reyna[3], Beatriz Alcalá[4], Karina Santana[5], José Jiram Torres[6], Diana Gómez[7]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2024062c@umich.mx

2Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; jenni00bamj@gmail.com

3Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; yatzilreyna@gmail.com

4Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; amarielith@gmail.com

5Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; karina.santana.de.anda@gmail.com

6Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; jiram_torres@hotmail.com

7Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; d_gomar@hotmail.com

Palabras Clave: TLRs, MyD88, linfocitos B, nefropatía lúpica.

RESUMEN. El lupus eritematoso generalizado (LEG) es una enfermedad autoinmune que afecta principalmente a mujeres jóvenes, afroamericanas, hispanas y asiáticas. Se caracteriza por una apoptosis aumentada. Esto que genera complejos inmunes (antígeno-anticuerpo antinuclear) que se depositan en órganos vitales, como los riñones, ocasionando nefropatía lúpica (NL). Estos complejos son detectados por los linfocitos B que a su vez activan receptores intracitoplásmicos TLR-7 y TLR-9, desencadenando una cascada inflamatoria que lleva a la producción de citocinas proinflamatorias y al daño renal. Dichos linfocitos B estimulan la expresión de receptores y perpetúan la inflamación. A demás las células asociadas a la edad (CAE) y sus subpoblaciones se encuentran aumentadas en el LEG. Este estudio analiza los niveles de los receptores TLR-7, TLR-9 y MyD88 en CAE en pacientes con NL antes y después del tratamiento. La sobreexpresión de estos receptores se ha relacionado con una mayor producción de autoanticuerpos y una progresión más severa de la enfermedad. Se realizará un estudio de cohorte con 30 pacientes con NL activa, midiendo los niveles de estos receptores y correlacionándolos con la respuesta al tratamiento. Este enfoque podría mejorar el entendimiento de los mecanismos de la NL y ayudar a identificar marcadores pronósticos para optimizar el tratamiento. Se espera que los receptores TLR-7, TLR-9 y MyD88 en las células B asociadas a la edad (CAE) antes y después del tratamiento de inducción en pacientes con nefropatía lúpica (NL) revelen una reducción significativa en la expresión de estos receptores tras la terapia, lo cual llevaría a la mejoría de la función renal. En cuanto a las subpoblaciones de linfocitos B, se espera una disminución en los niveles de CAE, así como de las células DN2 (CD19+, IgD-, CD27-, CXCR5-, T-bet+), sugiriendo su relación directa con la actividad patológica de la NL.

INTRODUCCIÓN. El lupus eritematoso generalizado (LEG) es una enfermedad autoinmune crónica que afecta principalmente a mujeres en edad reproductiva, entre los 15 y 45 años, y es más prevalente en ciertas poblaciones, como afroamericanos, hispanos y asiáticos [1]. El LEG se caracteriza por una disfunción en el proceso de apoptosis, lo que lleva a la liberación de antígenos

nucleares por parte de las células. Estos antígenos son reconocidos por anticuerpos anti-nucleares, generando complejos inmunes de antígeno-anticuerpo que circulan en el torrente sanguíneo y se depositan en órganos vitales como lo son los riñones, afectando áreas mesangiales, subendoteliales y, en fases avanzadas, la membrana basal y zonas subepiteliales del glomérulo renal [2]. Estos complejos inmunes son reconocidos por la fracción cristalizable (Fc) de los linfocitos B y células dendríticas, lo que activa los receptores TLR-7 y TLR-9, desencadenando una respuesta inflamatoria a través de la producción de interferón alfa (IFN-α) [3]. La activación de estos receptores inicia una cascada de señalización intracelular que involucra a la proteína adaptadora MyD88, la cual interactúa con las quinasas IRAK1/4 y con TRAF6 para formar un complejo molecular. Este complejo se disocia posteriormente, permitiendo la activación del factor de transcripción NF-κB, un regulador clave de la inflamación que promueve la producción de citocinas y quimiocinas proinflamatorias como IL-6 e IL-12 [1]. La inflamación prolongada puede progresar a nefropatía lúpica (NL), una de las manifestaciones más graves del lupus, que frecuentemente culmina en insuficiencia renal terminal, contribuyendo de manera significativa a la morbilidad y mortalidad en pacientes con LEG [5]. En el LEG, los linfocitos B presentan una vida media extendida y sobreexpresión de receptores como TLR-7, TLR-9, MyD88 y NF-κB, lo que amplifica la producción de autoanticuerpos y perpetúa la inflamación inicial [1,2]. Asimismo, se observa una acumulación excesiva de células B asociadas a la edad (CAE), una subpoblación de linfocitos B particularmente reactiva a estímulos innatos como los ligandos de TLR-7. Las CAE no solo producen citocinas inflamatorias como TNF-α e IFN-ɣ, sino que también son capaces de inducir apoptosis en linfocitos B jóvenes, bloqueando su regeneración, y promoviendo la rápida producción de anticuerpos autorreactivos IgG, lo que agrava la enfermedad. Entre las CAE se encuentran subpoblaciones clave denominadas como DN2 (CD19+, IgD-, CD27-, CXCR5-, T-bet+), que juegan un rol central en la patogenia del LEG [4].
Dado el papel central de los linfocitos B, los receptores TLR-7 y TLR-9, y MyD88 en la patogenia del LEG y la NL, así como su influencia sobre las CAE, este estudio propone analizar el perfil cuantitativo de TLRs en las CAE antes y después del tratamiento de inducción en pacientes con NL, evaluando su posible relación con la respuesta al tratamiento.

ANTECEDENTES. El lupus eritematoso generalizado (LEG) es una enfermedad autoinmune crónica que afecta principalmente a mujeres en edad reproductiva, entre los 15 y 45 años, y es más prevalente en ciertas poblaciones, como afroamericanos, hispanos y asiáticos [1]. El LEG se caracteriza por una disfunción en el proceso de apoptosis, lo que lleva a la liberación de antígenos nucleares por parte de las células. Estos antígenos son reconocidos por anticuerpos anti-nucleares, generando complejos inmunes de antígeno-anticuerpo que circulan en el torrente sanguíneo y se depositan en órganos vitales como lo son los riñones, afectando áreas mesangiales, subendoteliales y, en fases avanzadas, la membrana basal y zonas subepiteliales del glomérulo renal [2]. Estos complejos inmunes son reconocidos por la fracción cristalizable (Fc) de los linfocitos B y células dendríticas, lo que activa los receptores TLR-7 y TLR-9, desencadenando una respuesta inflamatoria a través de la producción de interferón alfa (IFN-α) [3]. La activación de estos receptores inicia una cascada de señalización intracelular que involucra a la proteína adaptadora MyD88, la cual interactúa con las quinasas IRAK1/4 y con TRAF6 para formar un complejo molecular. Este complejo se disocia posteriormente, permitiendo la activación del factor de transcripción NF-κB, un regulador clave de la inflamación que promueve la producción de citocinas y quimiocinas proinflamatorias como IL-6 e IL-12 [1]. La inflamación prolongada puede progresar a nefropatía lúpica (NL), una de las manifestaciones más graves del lupus, que frecuentemente culmina en insuficiencia renal terminal, contribuyendo de manera

significativa a la morbilidad y mortalidad en pacientes con LEG [5]. En el LEG, los linfocitos B presentan una vida media extendida y sobreexpresión de receptores como TLR-7, TLR-9, MyD88 y NF-κB, lo que amplifica la producción de autoanticuerpos y perpetúa la inflamación inicial [1,2]. Asimismo, se observa una acumulación excesiva de células B asociadas a la edad (CAE), una subpoblación de linfocitos B particularmente reactiva a estímulos innatos como los ligandos de TLR-7. Las CAE no solo producen citocinas inflamatorias como TNF-α e IFN-ɣ, sino que también son capaces de inducir apoptosis en linfocitos B jóvenes, bloqueando su regeneración, y promoviendo la rápida producción de anticuerpos autorreactivos IgG, lo que agrava la enfermedad. Entre las CAE se encuentran subpoblaciones clave denominadas como DN2 (CD19+, IgD-, CD27-, CXCR5-, T-bet+), que juegan un rol central en la patogenia del LEG [4].
Dado el papel central de los linfocitos B, los receptores TLR-7 y TLR-9, y MyD88 en la patogenia del LEG y la NL, así como su influencia sobre las CAE, este estudio propone analizar el perfil cuantitativo de TLRs en las CAE antes y después del tratamiento de inducción en pacientes con NL, evaluando su posible relación con la respuesta al tratamiento.

OBJETIVO. Estudiar el perfil cuantitativo de TLRs en las CAE pre y post tratamiento de inducción en sujetos con NL. Determinar si existe una relación entre el perfil cuantitativo de TLRs en las CAE y la respuesta al tratamiento en pacientes con NL.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para este estudio se propone el diseño de una cohorte prospectiva con 30 pacientes con nefropatía lúpica (NL) activa, documentada mediante biopsia renal percutánea o a través de criterios bioquímicos (índice proteinuria/creatinuria >500 mg/día, sedimento urinario activo o deterioro de la función renal). Se recolectarán 10 ml de sangre venosa al momento del diagnóstico de actividad renal y otra muestra 6 meses después del tratamiento de inducción para NL. Se excluirán aquellos pacientes con antecedentes de tratamiento con fármacos anti-CD20 o inmunoglobulina intravenosa (IgIV). Las células mononucleares se aislarán mediante gradiente de densidad con Ficoll-paque. Posteriormente, las células se permeabilizarán con True Nuclear de Biolegend y se procederá a la tinción con el marcador de viabilidad Zombie UV, así como con anticuerpos conjugados a fluorocromos: BUV-CD19, APC-Fire750-CD21, PE-dazzle594-CD11c, BV412-Tbet, PE-TLR7, APC-TLR9 y FITC-MyD88. La expresión de TLR7, TLR9 y MyD88 será determinada mediante positividad por inmunofluorescencia (Fig. 1). Las muestras serán procesadas en un citómetro BD-FortessaLSR II. Para cada muestra, se calcularán el porcentaje y número absoluto de células positivas, así como la intensidad media de fluorescencia de TLR7, TLR9 y MyD88 en las CAE. El análisis estadístico de las variables clínicas, paraclínicas de actividad renal, terapéuticas e inmunológicas se llevará a cabo mediante la prueba U de Mann-Whitney y el coeficiente de correlación de Spearman."

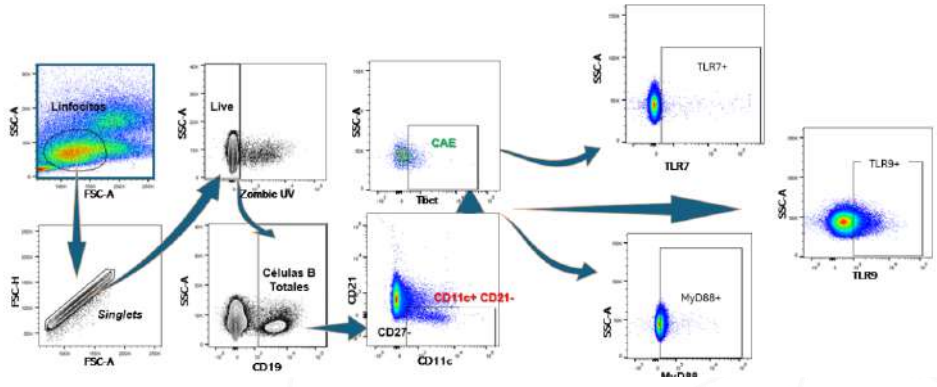


***Figura 1**: Estrategia de gating para la determinación de las células B asociadas a la edad (CAE) y la evaluación de los receptores TLR-7, TLR-9 y MyD88.*

RESULTADOS. Se espera que los análisis de los perfiles cuantitativos de los receptores TLR-7, TLR-9 y MyD88 en las células B asociadas a la edad (CAE) antes y después del tratamiento de inducción en pacientes con nefropatía lúpica (NL) revelen una reducción significativa en la expresión de estos receptores tras la terapia. Se anticipa que esta disminución esté correlacionada con la mejoría clínica en los parámetros renales, incluyendo la reducción de la proteinuria, la normalización del sedimento urinario y la estabilización o mejora de la función renal. En cuanto a las subpoblaciones de linfocitos B, se espera una disminución en los niveles de CAE, así como de las células DN2 (CD19+, IgD-, CD27-, CXCR5-, T-bet+), sugiriendo su relación directa con la actividad patológica de la NL. Además, el análisis estadístico podría revelar correlaciones significativas entre la reducción de los receptores TLRs en CAE y la respuesta terapéutica, lo que fortalecería la hipótesis de que estas células y vías de señalización juegan un rol clave en la patogenia de la NL.

CONCLUSIONES. Los resultados de este estudio podrían proporcionar evidencia robusta sobre el papel central de los receptores TLR-7, TLR-9 y MyD88 en la patogenia de la nefropatía lúpica, particularmente en la activación y perpetuación de la inflamación mediada por células B asociadas a la edad. La identificación de una disminución en la expresión de estos receptores tras el tratamiento de inducción indicaría una respuesta favorable al tratamiento inmunosupresor y podría sugerir que estas vías de señalización son dianas terapéuticas potenciales. Además, la disminución de las células DN2 y CAE podría consolidar su uso como biomarcadores pronósticos en la evolución y respuesta terapéutica de los pacientes con NL. Esto permitiría el desarrollo de estrategias más personalizadas y precisas para el manejo de esta complicación grave del lupus eritematoso generalizado, mejorando así el pronóstico y la calidad de vida de los pacientes afectados.

REFERENCIAS.

1. Pacheco, G. V., Novelo Noh, I. B., Velasco Cárdenas, R. M., Angulo Ramírez, A. V., López Villanueva, R. F., Quintal Ortiz, I. G., Alonso Salomón, L. G., Ruz, N. P., & Rivero Cárdenas, N. A. (2016). Expression of TLR-7, MyD88, NF-kB, and INF-α in B Lymphocytes of Mayan Women with Systemic Lupus Erythematosus in Mexico. Frontiers in immunology, 7, 22. https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00022
2. Yuan, Y., Yang, M., Wang, K., Sun, J., Song, L., Diao, X., Jiang, Z., Cheng, G., & Wang, X. (2017). Excessive activation of the TLR9/TGF-β1/PDGF-B pathway in the peripheral blood of patients with systemic lupus erythematosus. Arthritis research & therapy, 19(1), 70. https://doi.org/10.1186/s13075-017-1238-8
3. Almaani, S., Meara, A., & Rovin, B. H. (2017). Update on Lupus Nephritis. Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN, 12(5), 825–835. https://doi.org/10.2215/CJN.05780616
4. Sachinidis, A., Xanthopoulos, K., & Garyfallos, A. (2020). Age-Associated B Cells (ABCs) in the Prognosis, Diagnosis and Therapy of Systemic Lupus Erythematosus (SLE). Mediterranean journal of rheumatology, 31(3), 311–318. https://doi.org/10.31138/mjr.31.3.311
5. Jenks, S. A., Cashman, K. S., Zumaquero, E., Marigorta, U. M., Patel, A. V., Wang, X., Tomar, D., Woodruff, M. C., Simon, Z., Bugrovsky, R., Blalock, E. L., Scharer, C. D., Tipton, C. M., Wei, C., Lim, S. S., Petri, M., Niewold, T. B., Anolik, J. H., Gibson, G., Lee, F. E., … Sanz, I. (2018). Distinct Effector B Cells Induced by Unregulated Toll-like Receptor 7 Contribute to Pathogenic Responses in Systemic Lupus Erythematosus. Immunity, 49(4), 725–739.e6. https://doi.org/10.1016/j.immuni.2018.08.015

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524140

PREVALENCIA DE ASCARIS LUMBRICOIDES EN NINOS DE EDAD ESCOLAR EN UNA PRIMARIA RURAL DEL MUNICIPIO DE MORELIA: FACTORES DE RIESGO Y RECOMENDACIONES

Litzy Maydelly Albarrán Pérez[1], David Tafolla Venegas[1]
1 Laboratorio de Parasitología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av Francisco J. Múgica S/N, Colonia Felícitas del Río. C. P. 58030. Morelia, Michoacán, México; 1646819f@umich.mx; david.tafolla@umich.mx

Palabras Clave: Ascariasis, parasitosis intestinal, prevalencia, higiene, niños.

RESUMEN. El agente etiológico de la ascariasis, es causada por el parásito Ascaris lumbricoides; Un nematodo intestinal cosmopolita y uno de los helmintos más comunes que parasitan al hombre. Es una infección parasitaria que afecta de manera significativa a la población mundial con una prevalencia aproximada del 25%. En México se estima que el 33% de la población infantil se encuentra parasitada, y el 6% presenta parasitosis masiva. El diagnóstico de la ascariasis se puede realizar mediante la identificación de huevos en las heces, la capacidad de una hembra adulta de producir hasta 200,000 huevos diarios permite utilizar el conteo de huevos para dar un estimado de la intensidad de la infección. Este estudio evaluó la prevalencia de Ascaris lumbricoides en niños de una escuela primaria rural en la Tenencia Morelos, Morelia, Michoacán, y se centró en el impacto de actividades educativas para mejorar la higiene. Se realizó un estudio descriptivo entre abril y julio de 2024, analizando muestras fecales de 40 niños. Se utilizó el método de concentración triplicado y se observó que el 30% de los niños presentaba ascariasis, se brindó tratamiento antiparasitario a los infectados y se implementaron actividades educativas que incluyeron dinámicas, juegos y cuestionarios para promover prácticas de higiene. Se observó un aumento significativo en el conocimiento de medidas preventivas, con el 85% de los niños comprendiendo la importancia del lavado de manos al finalizar las sesiones, frente al 45% inicial. Estos resultados destacan la efectividad de métodos educativos interactivos en la mejora de la higiene y la prevención de infecciones parasitarias en áreas rurales.

INTRODUCCIÓN. Ascaris lumbricoides es uno de los parásitos intestinales más comunes en el mundo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que más de la tercera parte de la población mundial está infectada y representa un problema significativo de salud pública, afectando principalmente a niños en edad escolar, especialmente en áreas rurales y en desarrollo. El agente etiológico de la ascariasis, es causada por el parásito Ascaris lumbricoides, este nematodo se transmite principalmente por la ingesta de huevos presentes en alimentos o agua contaminados con heces humanas que han pasado previamente una temporada en tierra. Los infantes de edad escolar son particularmente vulnerables debido a su contacto frecuente con suelos contaminados y la falta de prácticas adecuadas de higiene. Es una infección parasitaria que afecta de manera significativa a la población mundial con una prevalencia aproximada del 25%. En México se estima que el 33% de la población infantil se encuentra parasitada, y el 6% presenta parasitosis masiva. El diagnóstico de la ascariasis se puede realizar mediante la identificación de huevos en las heces. La capacidad de una hembra adulta de producir hasta 200,000 huevos diarios permite utilizar el conteo de huevos para dar un estimado de la intensidad

de la infección. Por otra parte, Michoacán sigue siendo un estado de la Republica Mexicana con una gran cantidad de localidades considerados rurales. En varios de estos los servicios de saneamiento básicos son típicamente limitados; los infantes suelen integrarse a las actividades económicas de la familia, lo que resulta en poco tiempo para el cuidado de la salud familiar. Por esta razón, las parasitosis continúan teniendo niveles de prevalencia considerables y más la ascariasis.

ANTECEDENTES. Ascaris lumbricoides es uno de los parásitos intestinales más comunes en el mundo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que más de la tercera parte de la población mundial está infectada y representa un problema significativo de salud pública, afectando principalmente a niños en edad escolar, especialmente en áreas rurales y en desarrollo. El agente etiológico de la ascariasis, es causada por el parásito Ascaris lumbricoides, este nematodo se transmite principalmente por la ingesta de huevos presentes en alimentos o agua contaminados con heces humanas que han pasado previamente una temporada en tierra. Los infantes de edad escolar son particularmente vulnerables debido a su contacto frecuente con suelos contaminados y la falta de prácticas adecuadas de higiene. Es una infección parasitaria que afecta de manera significativa a la población mundial con una prevalencia aproximada del 25%. En México se estima que el 33% de la población infantil se encuentra parasitada, y el 6% presenta parasitosis masiva. El diagnóstico de la ascariasis se puede realizar mediante la identificación de huevos en las heces. La capacidad de una hembra adulta de producir hasta 200,000 huevos diarios permite utilizar el conteo de huevos para dar un estimado de la intensidad de la infección. Por otra parte, Michoacán sigue siendo un estado de la Republica Mexicana con una gran cantidad de localidades considerados rurales. En varios de estos los servicios de saneamiento básicos son típicamente limitados; los infantes suelen integrarse a las actividades económicas de la familia, lo que resulta en poco tiempo para el cuidado de la salud familiar. Por esta razón, las parasitosis continúan teniendo niveles de prevalencia considerables y más la ascariasis.

OBJETIVO. Evaluar la prevalencia de infecciones por A. lumbricoides en la población infantil de la escuela primaria Revolución, de la localidad de la Tenencia Morelos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS. Determinar la presencia de A. lumbricoides. En heces fecales de la población infantil. Determinar si existe una diferencia en la prevalencia de infecciones según el sexo o la edad de los niños. Proponer estrategias preventivas y educativas para reducir la incidencia de esta parasitosis en la población escolar.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio se realizó en una escuela primaria rural de la Tenencia Morelos del municipio de Morelia, Michoacán, como en muchas áreas rurales y periurbanas de México, es común encontrar una significativa cantidad de calles no pavimentadas, lo que refleja ciertas carencias en la infraestructura urbana, existen áreas con carencias en servicios básicos y oportunidades económicas limitadas, lo que afecta la calidad de vida de sus habitantes. Se realizó un estudio descriptivo, no invasivo, entre los meses de abril y julio de 2024, donde se analizaron muestras fecales de un total de 40 niños. Las muestras fueron recolectadas por sus tutores y posteriormente llevadas al laboratorio de parasitología de la UMSNH, donde se aplicó el método de concentración triplicado por medio de un examen coproparasitoscópico. Para el análisis, se utilizó solución de Lugol para realizar las tinciones de las muestras fecales, lo que permitió su observación bajo el microscopio. Una vez identificados los casos de parasitosis

intestinal, se brindó tratamiento antiparasitario a los niños infectados, siguiendo los protocolos establecidos por la Secretaría de Salud, ajustando las dosis y la edad de los niños. Además, se implementaron actividades educativas para la comunidad escolar con el objetivo de mejorar el conocimiento sobre medidas preventivas esenciales de higiene y el correcto lavado de manos, estas actividades incluyeron dinámicas, juegos y la aplicación de cuestionarios que permitieron evaluar lo aprendido por los niños.

RESULTADOS. Como resultado de las muestras coproparasitoscópicas estudiadas del total de 40 niños, 12 presentaron parasitosis y la prevalencia de ascariasis obtenida fue de 30%. Como se muestra en la Figura 1, hubo un predominio de ascariasis en el sexo masculino, que representó el 18%, frente al 12% en el sexo femenino. Además, se identificó poliparasitismo en el 5% de los estudiantes que ya presentaban ascariasis, siendo más frecuente en niños de 10 años y en varones.

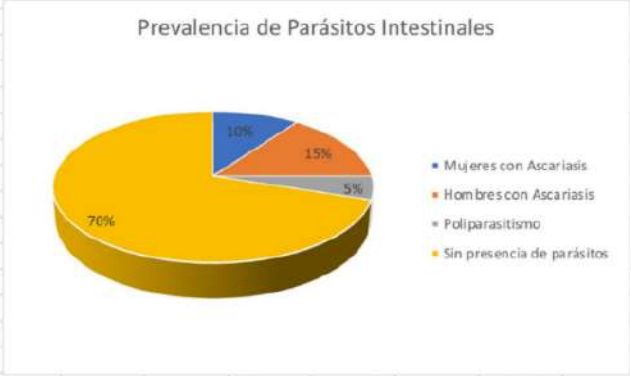


Fig. 1. *Prevalencia de parasitosis de acuerdo al sexo.*

Las dinámicas y juegos diseñados para enseñar el correcto lavado de manos, el uso adecuado de baños y la importancia de consumir agua potable fueron recibidos de manera entusiasta por los estudiantes. La participación activa de los niños permitió un aprendizaje más efectivo de las medidas preventivas contra infecciones parasitarias. A través de estos métodos interactivos, se observaron los siguientes resultados: Al inicio de las actividades, solo el 45% de los niños conocía la importancia de lavarse las manos antes de comer o después de usar el baño. Al finalizar las sesiones, esta cifra aumentó al 85%, durante los juegos educativos, el 90% de los estudiantes mostró una comprensión clara de cómo las manos sucias pueden ser un vehículo de transmisión de parásitos.

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de dinámicas, juegos y cuestionarios como herramientas educativas fue efectiva para mejorar el conocimiento de los niños sobre medidas preventivas de higiene en la escuela primaria rural. El enfoque lúdico permitió un aprendizaje participativo y práctico, lo que resultó en un aumento significativo en la comprensión y aplicación de prácticas higiénicas esenciales, como el correcto lavado de manos y el consumo de agua potable. Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar enfoques educativos dinámicos en los programas de salud pública dirigidos a la infancia, especialmente en áreas rurales vulnerables.

REFERENCIAS.

1. Pacheco Torres, P. A. (2017). Caracterización de pacientes con áscaris lumbricoides en niños y niñas de 2 a 5 años en Hospital General de Acapulco (Trabajo de grado de especialización). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de https://repositorio.unam.mx/contenidos/203723
2. Scott, M. E. (2008). Ascaris lumbricoides: Una revisión de su epidemiología y su relación con otras infecciones. Annales Nestlé (Ed. española), 66(1), 8.
3. Trujillo, V. M. G., Martínez, M. M. R., Aragón, P. O. E., et al. (2022). Parasitosis intestinales y anemia en niños de una comunidad rural del estado de Chiapas, México. Enfermedades Infecciosas y Microbiología, 42(1), 16.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524142

LA COMBINACIÓN METFORMINA-MELATONINA PRESENTA EFICACIA ANTINOCICEPTIVA EN RATONES

Luis Angel Quiroz García[1], Jenyfer Kassandra Labrada Marines[2], Karina Bonifacio Hernández[3], Carmen Judith Gutiérrez García[4], Marcia Yvette Gauthereau Torres[1], Luis Fernando Ortega Varela[1]

1División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", UMSNH. 1419278f@umich.mx, marcia.gauthereau@umich.mx.

2Facultad de Medicina, Universidad de Sonora. kassandramarines77@gmail.com

3Facultad de Medicina, Benemérita Universidad de Puebla. karina.bonifacioh@alumno.buap.mx.

4Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, TecNM/Instituto Tecnológico de Morelia. carmen.gg@morelia.tecnm.mx.

5Facultad de Salud Pública y Enfermería, UMSNH. luis.ortega@umich.mx.

Palabras Clave: Dolor, Analgesia, Metformina y Melatonina.

RESUMEN. El dolor es una sensación compleja, desagradable y debilitante; que involucra una afección física, emocional y psicológica que genera una disminución significativa de calidad de vida. Según el INEGI, 37% de mexicanos refieren tener dolor. La combinación de medicamentos es altamente utilizada en la terapia analgésica, para mejorar los efectos analgésicos y disminuir sus efectos adversos. Existen fármacos pleiotrópicos como la metformina (antihiperglucemiante) y la melatonina (regulador del sueño) que además han observado potencial analgésico. Reportes previos de nuestro equipo de trabajo han mostrado que la combinación de metformina y melatonina presenta efectos antinociceptivos en varios modelos de dolor en rata. Para determinar si la combinación de metformina-melatonina presenta efectos antinociceptivos en un modelo agudo que detecta electrónicamente el umbral de estimulación de nociceptores mecánicos (en g de presión), se emplearon ratones hembra (Mus musculus CD4, 28-52g) con agua y alimentos ad-libitum. Se administraron las DE50 de metformina (947.46 ± 242.6 mg/kg), melatonina (126.86 ± 37.98 mg/kg) y la combinación de ambos fármacos (537.15 ± 122.76 mg/kg), por vía oral en una solución de carboximetil celulosa al 1%. Se realizaron mediciones con el dispositivo electrónico (0, 15, 30 y 45 minutos). Los datos se presentan como el promedio +/- ee de 4 animales por grupo. Las diferencias se establecieron con una ANOVA de dos vías, una $p \leq 0.05$ y una prueba post hoc (Tuckey). Los resultados mostraron un efecto antinociceptivo de la melatonina a los 30 y 45 minutos, pero no de la metformina. La combinación mostró un efecto significativamente superior a partir de los 15 minutos, que se mantuvo durante el resto de la prueba, mostrando que la combinación metformina-melatonina presenta eficacia analgésica en distintas especies. Sugiriendo que esta combinación podría tener empleo en el tratamiento del dolor en humanos.

INTRODUCCIÓN. El dolor es una sensación compleja, desagradable y debilitante; que involucra una afección física, emocional y psicológica que genera una disminución significativa de calidad de vida (Zanetti et al., 2020). Las estimaciones sugieren que 1 de cada 5 adultos sufren de dolor y 1 de cada 10 es diagnosticado por algún tipo de dolor crónico cada año (Zúñiga-Romero et al., 2014). El dolor crónico es un problema que afecta de 25 a 29 por ciento de la población mundial.

Las secuelas más graves son depresión, relaciones sociales interrumpidas, disminución de las capacidades físicas, alteraciones del sueño, en conclusión, una mala calidad de vida. Con base en lo anterior, el dolor crónico es la principal causa de ausencia laboral y discapacidad a nivel mundial, generando grandes costos para los servicios de salud (Hatch et al., 2018). Según el INEGI, 37% de mexicanos refieren tener dolor (INEGI, 2018).

ANTECEDENTES. Cuando el dolor es sostenido, algunos de los analgésicos convencionales (AINEs y opioides) no resultan eficaces, por ello es necesaria la búsqueda de otras opciones terapéuticas dentro de las que se encuentra el empleo de fármacos pleiotrópicos, es decir, capaces de presentar otros efectos farmacológicos, diferentes al de su mecanismo principal (Hybiak et al., 2020). La metformina forma parte de la familia de las biguanidas, siendo el medicamento de primera elección de tratamiento para la diabetes, su efecto es disminuir la gluconeogénesis y aumenta la recaptura de glucosa en músculo (Rodulfo et al., 2017). Además, se le han encontrado o atribuido más beneficios a su uso, en 1998 se realizaron varios estudios sobre los efectos de la metformina, en pacientes con sobrepeso y obesidad, hígado graso, cardiovascular y cáncer (Augusto et al., 2019). Zhou y colaboradores reportaron que la activación de la proteincinasa activada por Adenosin Monofosfato (AMPK) estaba asociada con los efectos pleiotrópicos de la metformina (Zhou et al., 2001). Los principales efectos metabólicos de la metformina son: hipoglucemiantes, protector antidiabético, antiobesidad, antilipidémico, hepatoprotector y cardioprotector (Rodulfo et al., 2017; Zhou et al., 2001). La melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina), es una hormona sintetizada y secretada por la glándula pineal. La función principal es transmitir la información de los ciclos diarios de luz y oscuridad al organismo. La melatonina está involucrada en una amplia variedad de funciones cómo la regulación circadiana y estacional, regulación del sueño, sistema inmune, inhibición del crecimiento tumoral, regulación de la temperatura corporal, regulación de la presión arterial y atrapamiento de radicales libres (Tricoire et al., 2002); encontrando efectos antinociceptivos, antidepresivos, ansiolíticos, antineófobos, reguladores de la actividad locomotora, neuroprotectores, antiinflamatorios, moduladores del dolor, retinianos, vasculares, antitumorales y antioxidantes (Ambriz-Tututi et al., 2009). La melatonina produce antinocicepción periférica y central. La melatonina puede aumentar los efectos de la beta endorfina y la antinocicepción inducida por agonistas del receptor opioide delta (Mantovani et al., 2006). Reportes previos de nuestro laboratorio han mostrado que la combinación de metformina y melatonina presenta efectos sinérgicos antinociceptivos al ser administrada en rata (Martínez-Guillén et al., 2022).

OBJETIVO. Determinar el efecto antinociceptivo de metformina y melatonina administradas de manera individual o en combinación en ratón.

MATERIALES Y MÉTODOS. El tipo de estudio fue exploratorio, analítico y experimental. Se utilizaron ratones (Mus musculus) hembra de la cepa CD4 (28-52 g de peso), con periodos de luz-oscuridad de 12/12 h, agua y alimento ad libitum, que se manejaron con pleno respeto a la NOM-062 -ZOO-1999.



***Figura 1**. Uso del Analgesímetro Algokit-bioseb en ratón.*

Para determinar los efectos antinociceptivos de metformina y melatonina administradas de manera individual o en combinación se hicieron pruebas en un modelo agudo que detecta electrónicamente el umbral de estimulación de nociceptores mecánicos (en g de presión), se administraron las Dosis Efectivas del 50% (DE_{50}) de metformina (947.46 ± 242.6 mg/kg), melatonina (126.86 ± 37.98 mg/kg) y la combinación de ambos fármacos (537.15 ± 122.76 mg/kg), por vía oral en una solución de carboximetil celulosa al 1% (Martínez-Guillén et al., 2022). Se realizaron mediciones con el dispositivo electrónico algokit-bioseb (Kashiwadani et al., 2017) a diferentes tiempos (0, 15, 30 y 45 minutos). Los datos se presentan como el promedio +/- ee de 4 animales por grupo. Las diferencias se establecieron con una ANOVA de dos vías, una p≤ 0.05 y una prueba post hoc (Tukey).

RESULTADOS. La administración oral de las dosis teóricas del 50% presentó un efecto antinociceptivo para la melatonina a los 30 y 45 minutos, pero no para el caso de la metformina. La combinación mostró un efecto significativamente superior a partir de los 15 minutos, que se mantuvo durante el resto de la prueba (Fig. 2), implicando la presencia de sinergismo.

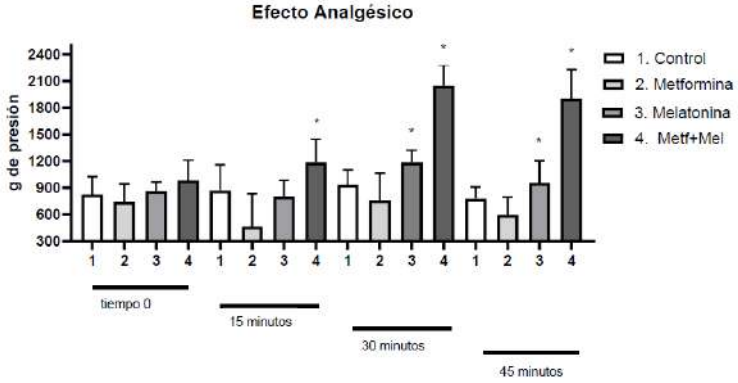


***Figura 2.** Efecto de la administración oral las DE_{50} de metformina, melatonina y la combinación metformina-melatonina en un modelo de estimulación nociceptiva aguda por presión. Las barras representan la media ± e.e de los gramos de presión tolerados antes del retiro de 4 animales por grupo. La combinación mostró un efecto significativamente superior al control a partir de los 15 minutos de administración. Las diferencias se establecieron por una prueba de ANOVA de una vía seguido por una prueba de Tukey con una *p <0.05.*

CONCLUSIONES. Al realizar pruebas de estimulación mecánica en ratón, la combinación presentó un efecto antinociceptivo de carácter sinérgico, mostrando que la combinación presenta eficacia en distintas especies. Los datos sugieren que esta combinación podría tener empleo en el tratamiento del dolor en humanos.

AGRADECIMIENTOS. El presente trabajo se realizó con apoyo de los proyectos ICTI-PICIR23-058, CIC-UMSNH-18099 e IBRO/DANA BAW-3828071075. El Programa Delfín permitió la incorporación a este protocolo de dos estudiantes de Medicina, externas a la UMSNH

REFERENCIAS.

1. Ambriz-Tututi, M., Rocha-González, H. I., Cruz, S. L., & Granados-Soto, V. (2009). Melatonin: A hormone that modulates pain. Life Sciences, 84(15–16), 489–498. https://doi.org/10.1016/J.LFS.2009.01.024
2. Augusto, P. S. A., Braga, A. V., Rodrigues, F. F., Morais, M. I., Dutra, M. M. G. B., Batista, C. R. A., Melo, I. S. F., Costa, S. O. A. M., Goulart, F. A., Coelho, M. M., & Machado, R. R. (2019). Metformin antinociceptive effect in models of nociceptive and neuropathic pain is partially mediated by activation of opioidergic mechanisms. European Journal of Pharmacology, 858, 172497. https://doi.org/10.1016/J.EJPHAR.2019.172497
3. Hybiak, J., Broniarek, I., Kiryczyński, G., Los, L. D., Rosik, J., Machaj, F., Sławiński, H., Jankowska, K., & Urasińska, E. (2020). Aspirin and its pleiotropic application. European Journal of Pharmacology, 866, 172762. https://doi.org/10.1016/J.EJPHAR.2019.172762
4. Hatch, M., Cushing, T., Carlson, GD. Chang, E. (2018). Neuropathic pain and SCI: Identification and treatment strategies in the 21st century. Journal of the Neurological Sciences, 384, 75–83. https://doi.org/10.1016/J.JNS.2017.11.018
5. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2017. Tabulados básicos. 2018. Disponible en:
6. https://www.inegi.org.mx/programas/enh/2017/default.html#Tabulados
7. Kashiwadani H, Kanmura Y, Kuwaki T. (2017) Application of calibrated forceps for
8. assessing mechanical nociception with high time resolution in mice. PLoS ONE 12(2): e0172461. doi:10.1371/journal.pone.0172461
9. Mantovani, M., Kaster, M. P., Pertile, R., Calixto, J. B. A., Rodrigues, A. L., & Santos, A. R. S. (2006). Mechanisms involved in the antinociception caused by melatonin in mice. Journal of Pineal Research, 41(4), 382–389. https://doi.org/10.1111/J.1600-079X.2006.00380.X
10. Martínez Guillen JS, Gauthereau Torres MY & Ortega Varela L. (2022). Efecto antinociceptivo de la combinación metformina-melatonina en el modelo inflamatorio. Memorias del 17 Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación. ICTI-Michoacán. Pp 501-506. Disponible en: https://drive.usercontent.google.com/download?id=1HnipdamWpl0dDZUtkwBvUGwMj9qIVj62&export=download&authuser=1
11. NOM 062 ZOO 1999. (2001). Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Disponible en: https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-062-zoo-1999?state=published
12. Rodulfo, J. I. A., Blanco, T. M. N., Aure, G., & Palacios, A. (2017). Metformina, el fármaco paradigma del siglo XXI. Medicina Interna, 33(1), 4–18. https://www.svmi.web.ve/ojs/index.php/medint/article/view/409
13. Tricoire H, Locatelli A, Chemineau P, Malpaux B. (2002). Melatonin Enters the Cerebrospinal Fluid through the Pineal Recess, Endocrinology, Volume 143, Issue 1, Pages 84–90. https://doi.org/10.1210/endo.143.1.8585
14. Zaneti Díaz, Patricia, Martínez Triana, Raúl, & Castillo González, Dunia. (2020). El dolor: algunos criterios desde la Psicología. Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia, 36(2), Epub 01 de octubre de 2020. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892020000200004&lng=es&tlng=es.
15. Zhou, W., Jin, Y., Meng, Q., Zhu, X., Bai, T., Tian, Y., Mao, Y., Wang, L., Xie, W., Zhong, H., Zhang, N., Luo, M., Tao, W., Wang, H., Li, J., Li, J., Qiu, B., Zhou, J., Li, X., … Zhang, Z. (2019). A neural circuit for comorbid depressive symptoms in chronic pain. Nature Neuroscience 2019 22:10, 22(10), 1649–1658. https://doi.org/10.1038/s41593-019-0468-2
16. Zúñiga-Romero, A., Ponce-Chávez, M.K., Gauthereau-Torres, M.Y. and Ortega-Varela, L.F. (2014), Diacerhein and Antiepileptics in Formalin Test. Drug Dev. Res., 75: 510-520. https://doi.org/10.1002/ddr.21232

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524143

EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Bauhinia variegata* EN LA CONDUCTA DE RATAS VIEJAS

J. Francisco Guillén Sosa[1], Asdrúbal Aguilera Méndez[2], Salvador Manzo Avalos[3], María Esther Olvera Cortes[4], Maribel Huerta Cervantes[5]*, Alfredo Saavedra Molina[6]*

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jorgeguillen881@mail.com

2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; amendez@umich.mx

3universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; smanzo@umich.mx

4Centro de Investigación Biomédica de Michoacán; maesolco@yahoo.com

*5*Centro Universitario de Los Lagos UdG; marzy112@yahoo.com.mx*

*6*Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; francisco.saavedra@umich.mx*

Palabras Clave: Envejecimiento, antioxidantes, mitocondrias, aprendizaje, ansiedad.

RESUMEN. El envejecimiento es proceso natural e irreversible donde ocurren alteraciones en las funciones biológicas y mentales. El envejecimiento normal es aquel libre de enfermedades crónico degenerativas y con un déficit cognitivo de nulo a leve donde van ocurriendo alteraciones mentales y biológicas en el organismo independientes del estado de salud. Una de estas alteraciones fundamenta la teoría del envejecimiento por radicales libres (Harman, 1956) la cual menciona que el envejecimiento es consecuencia de un desbalance entre la producción de especies reactivas de oxígeno y los sistemas de defensa antioxidante, que tiene como consecuencia daños oxidantes a nivel tisular done el cerbero resulta especialmente susceptible. Se propone que el exacto etanólico de Bauhinia variegata previene el daño oxidante gracias a su alta capacidad antioxidante atribuida a sus metabolitos secundarios como los flavonoides. En la presente investigación se estudian los efectos que el extracto etanólico de Bauhinia variegata en el envejecimiento normal en un modelo de 24 ratas macho Sprague-Dawley: 8 ratas viejas (24 meses) y 6 ratas jóvenes (6-8 meses) divididas en grupos controles y grupos con tratamiento, a estas últimas se les administro por vía oral una dosis de 200 mg/kg peso corporal por 30 días, durante los cuales se registró el peso corporal. Se realizaron pruebas antioxidantes in vitro al extracto: el radical DPPH y ABTS. Para la evaluación de las funciones cognitivas, en conducta tipo ansiosa se utilizó el laberinto elevado en cruz (LEC) y para evaluar la memoria de referencia espacial se empleó el laberinto acuático de Morris (LAM). Los resultados de las pruebas in vitro evidenciaron la capacidad antioxidante del extracto con resultados semejantes entre ellas. Por otro lado, en el LEC se observó un aumento en la conducta tipo ansiosa de los grupos tratados con el extracto y en el LAM se observó una tendencia a la preservación de la memoria de los grupos tratados con el extracto.

INTRODUCCIÓN. El envejecimiento es el resultado de la acumulación de una gran variedad de daños moleculares y celulares a lo largo del tiempo, lo que lleva a un descenso gradual de las capacidades físicas y mentales. (OMS, 2022). Desde un punto de vista clínico-práctico, se acostumbra a diferenciar el “envejecimiento normal” debido al transcurrir de los años, del “envejecimiento patológico” que se atribuye a causas originadas por enfermedades agudas y/o crónicas, factores ambientales. Ambos tipos de envejecimiento hacen referencia a los cambios físicos, bioquímicos, funcionales, psicológicos y cognitivos que se producen, con mayor o menor rapidez, a partir de los 50 años de edad y en todas las personas. Con el envejecimiento ocurre una disminución en el volumen cerebral y en el número de neuronas, además de una disminución de los procesos sinápticos y la velocidad de conducción nerviosa aunado a una reducción de los procesos de adquisición y retención de información. (Caballero, 2007). En las últimas décadas ha surgido diversas teorías que intentan explicar el proceso de envejecimiento, una de ellas es la teoría de los radicales libres, la cual propone que debido a las alteraciones de los mecanismos

antioxidantes se generan y acumulan radicales libres que producen un estrés oxidante que daña estructuras celulares lo cual conduce a la muerte celular (Velázquez 2004) y a la pérdida neuronal asociada al envejecimiento. Los cambios cerebrales que se observan a distintos niveles se traducen finalmente en un deterioro cognitivo que se manifiesta con la perdida de la memoria, la atención y la velocidad de procesamiento de información (Borras, 2016). Por su lado, ña memoria es la capacidad de los organismos para adquirir, retener y utilizar conocimiento o información, mientras que el aprendizaje es un proceso de adquisición de conocimientos y destrezas a partir de experiencias. Existen diferentes tipos de memoria, como lo es la memoria de trabajo la cual consiste en una representación consciente y temporal de la información necesaria para realizar actividades complejas como el lenguaje y es mediada por la corteza prefrontal. La memoria espacial es otro tipo de memoria que codifica, almacena y recupera información sobre el entorno espacial y esta modulada en mayor parte por el hipocampo (Olivares, 2015). Por otra parte, a lo largo del tiempo se han utilizado remedios herbolarios como auxiliares terapéuticos para diferentes patologías, aprovechando las propiedades benéficas de distintas especies vegetales. Bauhinia variegata es una planta popularmente utilizada para en el tratamiento de la diabetes, dolor e inflamación. Dichas propiedades son atribuidas a los numerosos compuestos fitoquímicos que posee, como los flavonoides, entre los que se encuentran: la rutina, la quercetina y el kaempferol, entre otros (Shahana, 2017). Los flavonoides son compuestos presentes en una gran variedad de especies vegetales, existe un creciente interés en estos compuestos debido a su amplia actividad farmacológica, donde se han descrito efectos protectores en diversas patologías, recientemente se han asociado como alternativa para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. El potencial neuro protector se ha demostrado sobre dos mecanismos principales: el estrés oxidante y la neuro inflamación. Las evidencias indican que los flavonoides son capaces de mantener la integridad y funcionalidad de las neuronas mediante la regulación de las especies reactivas de oxígeno y la peroxidación de lípidos en el hipocampo de ratas (Limón, 2010).

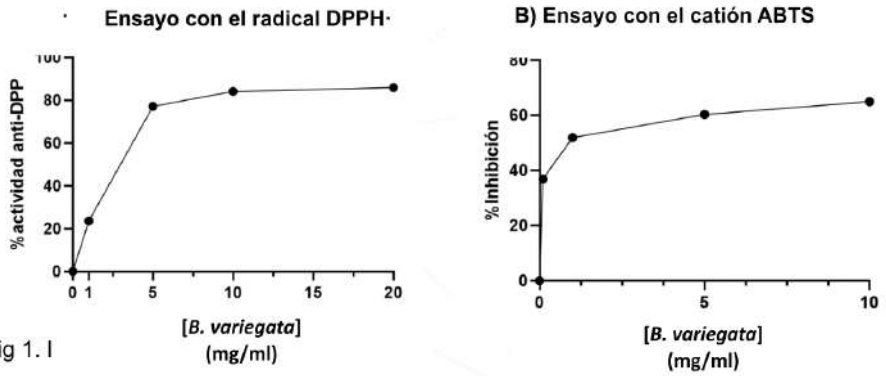
ANTECEDENTES. Estudios recientes como el de Laddha y colaboradores (2021) han observado el efecto que tiene la planta sobre la neuropatía diabética, demostrando un efecto positivo en la velocidad de conducción del nervio motor (síntoma de la neuropatía diabética donde la velocidad de la propagación de los impulsos eléctricos nerviosos se ve disminuida) en grupos de ratas administrados con extracto acuoso y etanólico de B. variegata. En el mismo contexto, el estudio realizado por Khare y colaboradores en el 2021 compara el efecto que tiene el extracto etanólico de B. variegata en ratones frente a un daño neurológico inducido con colchicina, y un grupo control positivo administrado con picaretam. Los ratones fueron sometidos a la prueba de LAM donde los resultados demuestran que la administración del extracto de B. variegata tiene efectos muy similares al piracetam como neuro protector ya que mejoró el desempeño de los ratones en los ensayos del LAM. También se ha observado que con el transcurso de la edad se ve una disminución en la función mitocondrial en ratas mayores a 12 meses que traen como consecuencia disminución en la producción de ATP y aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno de mitocondrias sinápticas de hipocampo. Dichas disfunciones se vieron reflejadas en el desempeño de las ratas viejas en la prueba del LAM, obteniendo una latencia de escape y distancia recorrida significativamente mayor que las ratas jóvenes (Olesen, 2020), lo que demuestra que las funciones cognitivas se ven mermadas con el paso del tiempo.

OBJETIVO. Evaluar el efecto del extracto etanólico de Bauhinia variegata en la preservación de las funciones cognitivas durante el envejecimiento normal en ratas viejas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron ratas machos Sprague Dawley viejas de 24 meses de edad (n=8) y jóvenes de 6-8 meses (n=6) las cuales se dividieron en 4 grupos: ratas viejas control (VC, n=4), ratas viejas con administración del extracto (VB, n=4), ratas jóvenes control (JC, n=3) y ratas jóvenes con administración del extracto (JB, n=3). Se mantuvo una dieta estándar. con alimento y agua ad libitum con ciclos de luz y oscuridad de 12 hrs, a una temperatura de 23°C ± 1°C. Para la obtención del extracto etanólico, se recolectaron las hojas de árboles de Bauhinia variegata y se dejaron secar por 15 días a temperatura ambiente, posteriormente se trituraron y se preparó un macerado etanólico al 10% el cual se dejó reposar en refrigeración. Finalizado un periodo de reposo de 15 días se realizó una destilación por arrastre de vapor con un equipo Rotavapor R-300 hasta obtener los metabolitos secundarios. Al extracto obtenido se le realizo una prueba antioxidante in vitro con el radical 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), y se midió la absorbancia espectrofotométricamente a 517 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 18 UV-VIS. Adicionalmente, se le realizó una prueba con el radical 2,2´-azino-bis-3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio (ABTS) con una solución de ABTS 7 mM. Se midió la absorbancia espectrofotométricamente a 734 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 18 UV-VIS. Una vez obtenido el extracto y evaluado su actividad antioxidante, se procedió a administrar por vía oral a una dosis de 200 mg/kg de peso corporal por 30 días, durante los cuales se registró su peso corporal. Terminado el periodo de administración se evaluó la conducta tipo ansiosa para lo que se empleó el laberinto elevado en cruz (LEC) el cual consta de 2 brazos cerrados y 2 brazos abiertos. El roedor se coloca en el centro del laberinto y se registra el tiempo que pasa en los brazos abiertos y cerrados. Se realizo un único ensayo de 10 minutos. Para evaluar la memoria de referencia espacial se utilizó el laberinto acuático de Morris (LAM) que consiste en una tina circular con agua teñida con violeta de genciana mantenida a una temperatura de 27 ± 2 °C. La tina se dividió en 4 cuadrantes y la plataforma se colocó en uno de ellos a 2 cm por debajo del nivel del agua, siendo el cuadrante objetivo. Se colocaron señales visuales distintivas en el cuarto de registro. La rata se colocó en el agua desde un punto de salida variable a lo largo de los días y se registró el tiempo y la distancia que tardó en encontrar la plataforma. Se realizaron dos ensayos de 60 segundos por rata, con un intervalo de 20 minutos entre cada ensayo, durante 8 días. Al octavo día, se realizó una prueba de transferencia en la que se retiró la plataforma de la tina y se evaluó el tiempo y la distancia que el animal pasó en el cuadrante objetivo donde se encontraba la plataforma previamente. Se realizo un único ensayo de 30 segundos.

RESULTADOS. En los ensayos antioxidantes (Fig. 1) se observó la alta capacidad antioxidante que posee el extracto a distintas concentraciones obteniendo resultados semejantes en ambas pruebas. Por otro lado, se aprecia una notable disminución del peso corporal (Fig. 2 A) en el grupo de ratas viejas con el tratamiento comparado con su grupo control, mientras que respecto a los grupos jóvenes no hay diferencia entre ellos. En la evaluación para la conducta tipo ansiosa (Fig. 2 B) se aprecia un menor tiempo transcurrido en el brazo abierto de los grupos con tratamiento (JB y VB) respecto sus grupos control (VC y JC) lo que sugiere que hay correlación del efecto del extracto con un aumento de la conducta ansiosa. En el caso de memoria de referencia espacial se observa una tendencia de todos los grupos a mejorar la distancia que recorren (es decir una menor distancia se traduce en mejor desempeño) para encontrar la plataforma con el paso de los días, siendo más evidente en los grupos administrados con el extracto (VB y JB) en el séptimo día, lo cual indica un mejor rendimiento en sus capacidades de memoria. En la prueba de transferencia en el LAM se evidencia que las ratas jóvenes con

tratamiento (JB) recorrieron una mayor distancia dentro del cuadrante objetivo, lo que indicaría una mejor retención de la información adquirida durante los ensayos, mientras que en los grupos de ratas viejas (VC y JC) no hay diferencia significativa entre ellos considerándose como una baja retención de la información.



ig 1. I

Fig 1. *Ensayos antioxidantes in vitro*

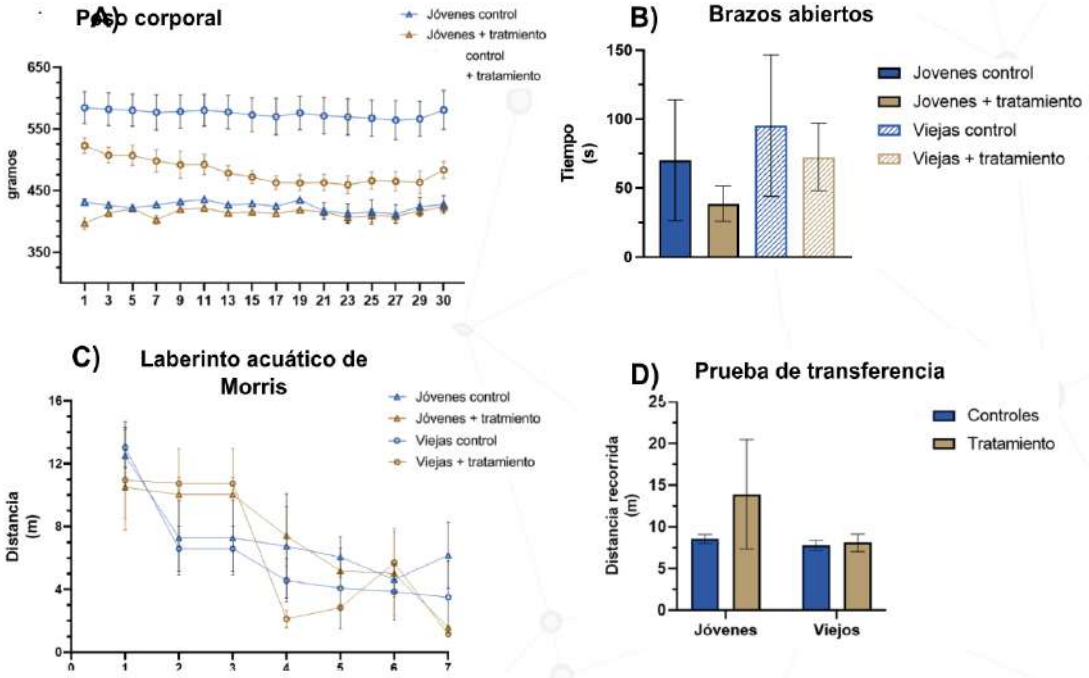


Fig.2: *A) Registro del peso corporal durante el periodo de administración. B) Registro del tiempo que las ratas gastaron en los brazos abiertos en el LEC. C) Distancia recorrida hasta encontrar la plataforma en LAM. D) Distancia recorrida dentro del cuadrante objetivo en la prueba de transferencia. Todas las gráficas representan la media de los datos ± el E.E. Grupos de ratas control: n=3 Grupos de ratas viejas: n= 4.*

CONCLUSIONES. El extracto etanólico de Bauhinia variegata exhibe una notable capacidad antioxidante, lo cual denota una tendencia hacia la preservación de la memoria de referencia espacial en ratas jóvenes y viejas. Además, se ha observado un incremento de la conducta tipo

ansiosa en ratas jóvenes y viejas administradas con el extracto lo que sugiere una posible relación entre la actividad antioxidante y la conducta tipo ansiosa.

REFERENCIAS.

1. Gutiérrez L. M. “El proceso del envejecimiento humano: implicaciones asistenciales y para la prevención” Universidad Autónoma del Estado de México. Rev. Papeles de población vol. 5 núm. 19. (1999). Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/112/11201908.pdf
2. Caballero García J. C. “Aspectos generales del envejecimiento normal y patológico: fisiología y fisiopatología” Rev. de Geriatría. Centro de Salud Deusto-Arangoiti. Osakidetza. Bilbao (2007) Recuperado de: EnvejecimientoFisiologicoyPatologico.pdf (rackcdn.com)
3. Borrás Blasco C. y Viña Ribes J. “Neurofisiología y envejecimiento. Concepto y bases fisiopatológicas del deterioro cognitivo” Rev. Española de geriatría y gerontología. (2016)
4. Olivares Hernández J.D. et al., “El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje” Rev. Med. Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Veracruzana (2015)
5. Limón D. et al. “Los flavonoides: mecanismo de acción,
6. Neuro protección y efectos farmacológicos” Rev. Mensaje bioquímico Vol. XXXIV Universidad Nacional Autónoma de México 2010. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/259344548_LOS_FLAVONOIDES_MECANISMO_DE_ACCION_NEUROPROTECCION_Y_EFECTOS_FARMACOLOGICOS
7. Anna PG et al., Brief Review on Bauhinia variegata: Phytochemistry, Antidiabetic and Antioxidant potential. American Jornal of PharmTech Research 2017.
8. Velázquez M. et al., “El envejecimiento y los radicales libres” Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe núm. 075 Universidad Autónoma del Estado de México recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/644/64407506.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524145**

CONDUCTAS DE SOCIALIZACIÓN DE RATAS MACHOS ADULTAS PREVIAMENTE EXPUESTAS A SEPARACIÓN MATERNAL

Mario Alberto Martínez-Hernández[1]*, Rosalio Mercado-Camargo[2]**, Luz Torner[3]*

*1Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, UMSNH.*1353540c@umich.mx*

*2Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH.** rosalio.mercado@umich.mx*

*3Centro de Investigación Biomédica de Michoacán, IMSS, México***luz_torner@yahoo.com*

Palabras Clave: Estrés, conducta, ansiedad.

RESUMEN. La exposición a estresores en las primeras etapas de la vida en forma de violencia familiar, negligencia infantil e infecciones inmunitarias crónicas están relacionadas con alteraciones en el cerebro, principalmente en zonas implicadas en la regulación del estrés como la corteza prefrontal (PFC). Además, dado que la PFC se encarga de procesar e integrar la información social, alteraciones en esta zona podrían estar relacionados con trastornos afectivos en la edad adulta. En este estudio se evaluaron los efectos de la separación maternal (SM) de ratas neonatas sobre las conductas relacionadas con la interacción social, la novedad social y la conducta relacionada a la ansiedad en la edad adulta. Se utilizó un grupo de ratas adultas Sprague Dawley machos con SM (días posnatales 1-14, 3h/día), más un grupo control. La conducta de ansiedad se evaluó con la prueba de campo abierto. Los comportamientos sociales se monitorearon en una caja de tres cámaras que contenía en un extremo una rata desconocida (intruso 1) y al otro extremo un objeto o una segunda rata (intruso 2). Los resultados mostraron que tanto el grupo de SM y el control presentaban preferencias significativas por la interacción y la novedad social, así como una tendencia en el número de entradas en el compartimento con el intruso 1 y en el centro. En la prueba de campo abierto no encontramos diferencias significativas entre ambos grupos. En conclusión, la SM no afectó la conducta de socialización de las ratas.

INTRODUCCIÓN. El estrés en las primeras etapas de la vida (ELS por sus siglas en inglés), que comprende la infancia y la adolescencia puede ser un importante factor de riesgo que puede modular o programar la trayectoria de desarrollo del sistema nervioso central (SNC) a un estado neuroinflamatorio que a largo plazo pueden desencadenar algunas psicopatologías (Nemeroff, 2016), tales como la ansiedad y la depresión (Heim & Nemeroff, 2001). Se sabe que las personas que padecen algunas de estas psicopatologías exhiben cambios repentinos en su personalidad, su estado de animo y en su comportamiento en general. Afectando de esta manera su forma diaria de coordinar actividades tales como trabajar, interaccionar con un conespecífico, dormir, comer entre otras funciones (First, 2022). En humanos, el ELS puede presentarse en forma de violencia familiar, abuso físico/sexual, negligencia infantil, infecciones inmunitarias (Heim & Nemeroff, 2001; Nemeroff, 2016). Esto lo convierte en un importante factor de riesgo para el deterioro del desarrollo cerebral principalmente en zonas que están íntimamente ligadas a la respuesta al estrés como la corteza prefrontal (Arnsten, 2009), el hipocampo e hipotálamo (Ulrich-Lai & Herman, 2009), lo que puede influir en las funciones cognitivas y emocionales en la edad adulta. Por otra parte, en animales principalmente roedores se han ido modelando distintos métodos que asemejen estas condiciones y que puedan ser estudiados, tal es el caso de la separación maternal (SM). Este modelo consiste en separar a las crías de la madre y de sus hermanos en el periodo de “hiporrespuesta al estrés” que comprende las primeras dos semanas de vida y que se caracteriza por niveles basales bajos en la concentración de las hormonas del estrés, así como una baja sensibilidad de respuesta al estrés (Levine, 2001). Algunos estudios que han utilizado este modelo han informado de importantes cambios en el SNC, en cuanto a alteraciones en la sobrevivencia de células gliales (Banqueri et al., 2019; Saavedra et al., 2018, 2021), neuronales (Majcher-Maślanka et al., 2019), aumentos en la concentración de ciertas

citocinas de tipo proinflamatorio (Banqueri et al., 2019), así como cambios en el comportamiento. Lo que indica que la SM tiene un importante efecto a nivel cerebral con disfunciones de comportamiento, que puede incluir deterioro de la memoria, déficit social comportamientos similares a la ansiedad y depresión. En humanos y muchas otras especies sociales, el desarrollo y mantenimiento del comportamiento y la fisiología normal, depende ampliamente de las interacciones entre congéneres (Clipperton-Allen & Damon, 2023). Por el contrario, la salud y el bienestar se ve comprometida en gran medida por no poder participar en la sociedad, como se observa en numerosos trastornos psiquiátricos (Kentrop et al., 2018). Por ello, en el presente estudio se evaluaron los efectos de la separación maternal (SM) de ratas neonatas sobre las conductas relacionadas con la interacción social, la novedad social y la conducta relacionada a la ansiedad en la edad adulta.

ANTECEDENTES. Un estudio previo del laboratorio informó que ratas machos adultas que fueron expuestas a separación maternal de 3 h/día del día DPN 1-14 no mostraron cambios en el comportamiento relacionados a la ansiedad, utilizando la prueba de campo abierto (Saavedra et al., 2021). Así, como lo informado por Shalef y Kafkafi en el 2002 que también utilizando la prueba de campo abierto evaluaron los efectos de la SM (3h/día, DPN 3-14). En cuanto a las pruebas de interacción y novedad social, un estudio que evaluó los efectos de SM de un solo episodio de 24 h en el día posnatal 3, informaron que las ratas con SM no mostraron una preferencia significativa por ninguno de los compartimentos de la arena de prueba (Kentrop et al., 2018). Sin embargo, otro estudio similar que utilizo ratas con SM de 6 h/día durante los DPN 2-18, reportaron que estas ratas presentaron una disminución en la preferencia por la interacción social en comparación con los controles, pero curiosamente también informaron que las ratas con SM presentaban una tendencia mayor en la preferencia por la novedad social cuando se les presentaba un segundo conespecífico (Mavrenkova et al., 2023).

OBJETIVO. Evaluar los efectos de la separación maternal (SM) de ratas neonatas sobre las conductas relacionadas con la interacción social, la novedad social y la conducta relacionada a la ansiedad en la edad adulta.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron crías de ratas Sprague Dawley machos con una n de 9 por grupo, que corresponden al grupo de SM y grupo control. La SM consistió en separar a las crías de su mamá y sus hermanos por un periodo de 3 h/día desde el día posnatal (DPN) 1 al 14. En cambio, las crías del grupo control permanecieron en todo momento en el nicho materno hasta el destete en el DPN 22. En el DPN 60 se iniciaron las pruebas de comportamiento que consistieron en pruebas de campo abierto seguido de las de interacción social y la novedad social. En la prueba de campo abierto los animales fueron colocados en una arena rectangular (90x60 cm) que se encontraba dividida en 9 cuadrantes con una intensidad de luz de 40 lux en el cuadrante central. Sus movimientos se monitorearon durante 10 min, y se evaluaron el tiempo total que pasaba en el cuadrante central y el número de cruces en el centro. En cuanto a las pruebas de interacción y la novedad social, se utilizó un ruedo rectangular (90x60 cm) dividido en tres compartimentos por láminas de acrílicas transparentes, dos jaulas de madera (20x19 cm) con rendijas que permitía la interacción olfativa, visual y táctil entre las ratas. Las ratas utilizadas como intruso fueron del mismo sexo y tamaño a la rata de prueba. Estas se habituaron en dos sesiones de 10 minutos, dos días previos a las pruebas para que se acostumbraran a permanecer en las jaulas. Al iniciar la prueba de interacción social, la rata de prueba se le dejó explorar (habituación) el ruedo durante 5 min, al finalizar la habituación la rata se devolvió al centro del

compartimento y en uno de los extremos del compartimento se colocó en una de las jaulas un conespecífico (intruso 1) y del otro extremo del compartimento se coloco otra jaula similar, pero sin el conespecífico dentro de la jaula. Los comportamientos de la rata de prueba se monitorearon durante 10 minutos, evaluando el tiempo que pasaba interaccionando con el intruso1, la jaula vacía o si permanecía en el centro del compartimento (espacio neutral), así, como la frecuencia de entradas en cada compartimento. Inmediatamente al finalizar esta prueba, la rata de prueba se colocó al centro, se bloquearon las puertas que permitían la entrada a los compartimentos de al lado y se colocó un segundo conespecífico (intruso2) en la jaula que permanecía vacía, se retiraron las puertas y se monitoreó el comportamiento por otros 10 min, evaluado el tiempo que pasaba interaccionando con el intruso1 que previamente había conocido o si prefería interaccionar con el intruso2 (novedad social), así como la frecuencia en cada compartimento. Al finalizar la prueba, el ruedo y las jaulas se limpiaron con una solución de agua con detergente seguido de solo agua para la siguiente rata. Para el análisis estadístico se realizaron comparaciones de medias utilizando la prueba de t-student a una probabilidad menor a 0.05 ($P<0.05$).

RESULTADOS. En la prueba de campo abierto para evaluar los cambios en el comportamiento relacionados a la ansiedad, los resultados mostraron que el tiempo reducido que pasaron en el cuadrante central las ratas con SM respecto al grupo control no presentaban diferencias estadísticamente significativas ($P=0.10$), así, como tampoco la frecuencia de entradas en el cuadrante central ($P=0.44$) (figura1, a y b).

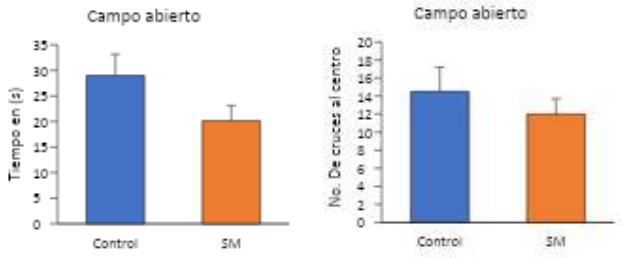


Figura 1. *Efectos de la SM en el comportamiento similar a la ansiedad de ratas adulta en la prueba de campo abierto. a) muestra las diferencias en cuanto al tiempo en segundos que las ratas de los dos grupos pasaban en el cuadrante central, b) muestra las diferencias de ambos grupos (SM vs control) en cuanto al número de cruces al cuadrante central.*

De forma similar, en los resultados en la prueba de interacción social utilizando la prueba de tres cámaras, las diferencias entre el grupo SM respecto al grupo control no mostraron cambios estadísticamente significativos en cuanto al tiempo que pasaban interaccionando con el conespecífico_1 ($P=0.37$), el objeto ($P=0.45$) o en el compartimento central $P=0.69$ (figura 2, a y b). Curiosamente, en el número de entradas realizadas en el compartimento central y en donde se encontraba solo el objeto, presentaron una tendencia a la significancia con un valor (centro: $P=0.05$ y objeto: $P=0.06$). Además, en las comparaciones dentro del mismo grupo, los resultados mostraron que en ambos grupos las ratas presentaban preferencias significativas a un $P< 0.05$ por la interacción social, (figura 2, c y d).

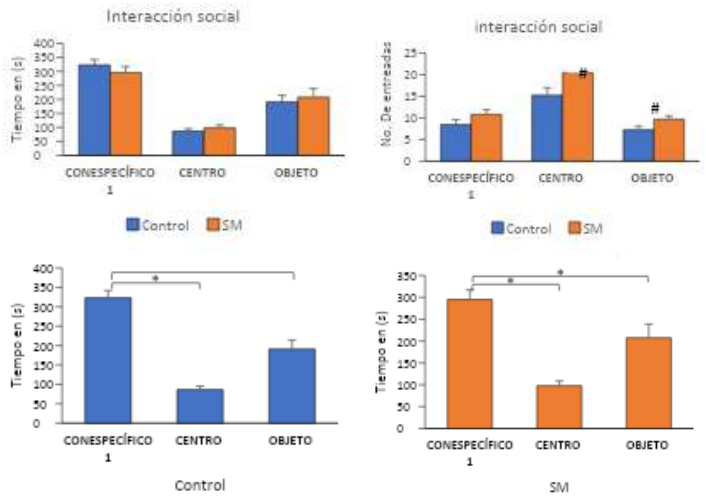


FIGURA 2, *Efectos de la SM vs control y dentro del mismo grupo en la prueba de interacción socia. a) diferencia en el tiempo de interacción en segundos (s), b) frecuencia de entradas en los compartimentos, c) diferencia en el tiempo de interacción en s dentro del grupo control y d) dentro del grupo separación maternal (SM) *P<0.05, #P=0.05.*

Finalmente, en la prueba por la novedad social, las comparaciones entre el grupo SM vs control, no mostraron cambios estadísticamente significativos a una P<0.05 en el tiempo que pasaron interaccionando con el conespecífico_2, 1 o en el compartimento central (figura 3, a y b). Sin embargo, hubo una tendencia con una P=0.06, en el número de entradas en el compartimento que se encontraba el conespecífico_1. Ahora, en cuanto a las comparaciones dentro del mismo grupo, ambos presentaron un aumento en la preferencia en la interacción por la novedad social (conespecífico_2), figura 4, c y d.

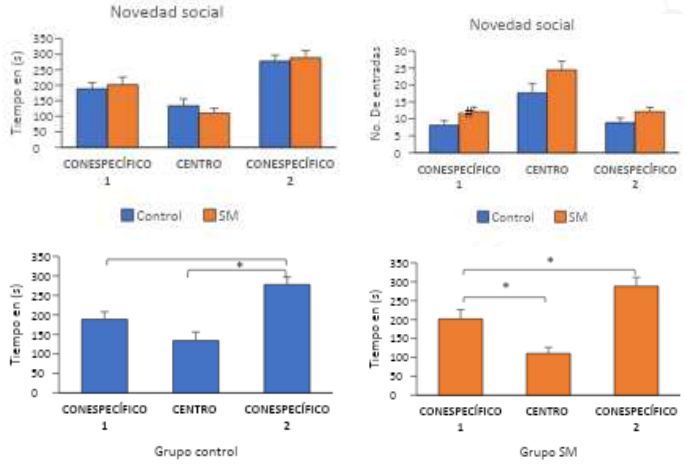


FIGURA 3, *Efectos de la SM vs control y dentro del grupo en la prueba de novedad social. a) diferencia en el tiempo de interacción en segundos (s), b) frecuencia de entradas en los compartimentos, c) diferencia en el tiempo de interacción en s dentro del grupo control y d) dentro del grupo separación maternal (SM) *P<0.05, #P=0.05.*

CONCLUSIONES. Los modelos de estrés en los primeros años de vida en especial la separación maternal es considerada un factor importante que aumenta el riesgo de desarrollar trastornos psiquiátricos, con impactos negativos en el comportamiento social. Aun cuando, en nuestro estudio no encontramos cambios significativos en la conducta relacionados a los efectos de la

SM. Pero si, observamos que dentro del mismo grupo tanto las ratas con SM y control presentaban una preferencia por la interacción y novedad social en general y que no se vio afectada por la privación materna.

REFERENCIAS.

1. Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. Nature Reviews Neuroscience, 10(6), 410–422. https://doi.org/10.1038/nrn2648
2. Banqueri, M., Méndez, M., Gómez-Lázaro, E., & Arias, J. L. (2019). Early life stress by repeated maternal separation induces long-term neuroinflammatory response in glial cells of male rats. Stress, 22(5), 563–570. https://doi.org/10.1080/10253890.2019.1604666
3. Clipperton-Allen, A.E., Page, D.T. (2023). Social Behavior Testing in Mice: Social Interest, Recognition, and Aggression. In: Harro, J. (eds) Psychiatric Vulnerability, Mood, and Anxiety Disorders. Neuromethods, vol 190. Humana, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2748-8_14
4. First, M. B. (2022). Cambios en la personalidad y el comportamiento. Columbia University. Recuperdos de: https://www.msdmanuals.com/es-mx/hogar/trastornos-de-la-salud-mental/introducci%C3%B3n-al-cuidado-de-la-salud-mental/cambios-en-la-personalidad-y-el-comportamiento
5. Heim, C., & Nemeroff, C. B. (2001). The role of childhood trauma in the neurobiology of mood and anxiety disorders: Preclinical and clinical studies. Biological Psychiatry, 49(12), 1023–1039. https://doi.org/10.1016/S0006-3223(01)01157-X
6. Kentrop, J., Smid, C. R., Achterberg, E. J. M., van IJzendoorn, M. H., Bakermans-Kranenburg, M. J., Joëls, M., & van der Veen, R. (2018). Effects of Maternal Deprivation and Complex Housing on Rat Social Behavior in Adolescence and Adulthood. Frontiers in behavioral neuroscience, 12, 193. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00193
7. Levine, S. (2001). Primary social relationships influence the development of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the rat. Physiology and Behavior, 73(3), 255–260. https://doi.org/10.1016/S0031-9384(01)00496-6
8. Majcher-Maślanka, I., Solarz, A., & Chocyk, A. (2019). Maternal separation disturbs postnatal development of the medial prefrontal cortex and affects the number of neurons and glial cells in adolescent rats. Neuroscience, 423(November), 131–147. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.10.033
9. Mavrenkova, P. V., Khlebnikova, N. N., Alchinova, I. B., Demorzhi, M. S., Shoibonov, B. B., & Karganov, M. Y. (2023). Effects of Maternal Separation and Subsequent Stress on Behaviors and Brain Monoamines in Rats. Brain sciences, 13(6), 956. https://doi.org/10.3390/brainsci13060956
10. Nemeroff, C. B. (2016). Paradise Lost: The Neurobiological and Clinical Consequences of Child Abuse and Neglect. Neuron, 89(5), 892–909. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.01.019
11. Saavedra, L. M., Hernández-Velázquez, M. G., Madrigal, S., Ochoa-Zarzosa, A., & Torner, L. (2021). Long-term activation of hippocampal glial cells and altered emotional behavior in male and female adult rats after different neonatal stressors. Psychoneuroendocrinology, 126(January). https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2021.105164
12. Saavedra, L. M., Navarro, B. F., & Torner, L. (2018). Early Life Stress Activates Glial Cells in the Hippocampus but Attenuates Cytokine Secretion in Response to an Immune Challenge in Rat Pups. NeuroImmunoModulation, 24(4–5), 242–255. https://doi.org/10.1159/000485383
13. Shalev, U., & Kafkafi, N. (2002). Repeated maternal separation does not alter sucrose-reinforced and open-field behaviors. Pharmacology, biochemistry, and behavior, 73(1), 115–122. https://doi.org/10.1016/s0091-3057(02)00756-6
14. Ulrich-Lai, Y. M., & Herman, J. P. (2009). Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses. Nature Reviews Neuroscience, 10(6), 397–409. https://doi.org/10.1038/nrn2647

EFECTO DE LA FRACCIÓN INSAPONIFICABLE DEL ACEITE DE AGUACATE SOBRE MARCADORES DE ESTRÉS OXIDATIVO Y LA ACTIVIDAD DEL COMPLEJO II EN MITOCONDRIAS DE HÍGADO Y RIÑÓN DE RATAS CON UNA DIETA ALTA EN GRASA Y CARBOHIDRATOS

María Guadalupe Cuiniche-Méndez[1], Mariana Cuiniche-Méndez[2], Marcela González-Montoya[3], Claudia Isabel García-Berumen[3], Christian Cortés-Rojo[3]

1 Facultad de Químicofarmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1900220g@umich.mx

2Universidad Tecnológica de Morelia, Campus Morelia; utm210048qmbt@ut-morelia.edu.mx

3Instituto de Químico biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marceglezmon@gmail.com ,christian.cortes@umich.mx, claudiaberumen07@gmail.com

Palabras Clave: Aceite de aguacate, fracción insaponificable, hígado, riñón, mitocondria, complejo II, peroxidación, cardiolipina

RESUMEN. Las dietas altas en grasas y altas en carbohidratos (AGAC) son precursoras de enfermedades crónico-degenerativas (ECD), como diabetes tipo II, hiperglucemias, insuficiencia renal, entre otras, afectando directamente al hígado y riñón. Las dietas AGAC aumentan la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO), incrementando los niveles de estrés oxidativo, mismos que dan inicio a la peroxidación lipídica y a la inhibición de la actividad del complejo II de la cadena de transporte de electrones (CTE), afectando también los componentes estructurales de la membrana interna mitocondrial. Se ha reportado que el aceite de aguacate mejora la función mitocondrial, sin embargo, no se ha evaluado si los compuestos minoritarios presentes en la fracción insaponificable del aceite de aguacate (FIAA) son responsables de dichos efectos.

INTRODUCCIÓN. La mitocondria tiene como función la producción de ATP mediante la CTE conformada por los complejos mitocondriales. El complejo II está compuesto por 5 grupos prostéticos y 4 subunidades proteicas, que cataliza la reacción del fumarato a succinato por la enzima succinato deshidrogenasa, utilizando el FADH y la ubiquinona reducida (QH2), para la translocación de electrones de un complejo a otro. Las ERO desencadenan el estrés oxidativo, que disminuye el potencial de la membrana e impide el correcto transporte de electrones. También inician la peroxidación lipídica de las membranas, proceso que autooxida radicales libres como el ·O2, ·OH, H2O2, produciendo malonaldehído (MDA) y 4-hidroxinonenal (4-HNE). Por otra parte, la cardiolipina es un fosfolípido de la membrana interna mitocondrial, que se ve afectado por el daño mitocondrial. Por ello la cuantificación de MDA y de cardiolipina se han usado como marcadores de estrés oxidativo.

ANTECEDENTES. El exceso de energía proveniente de una dieta AGAC, conlleva a una disfunción mitocondrial (García-Berumen et al., 2019). Ante esto se ha estudiado los efectos de la fracción insaponificable del aceite de aguacate, en donde se ha demostrado que sus compuestos minoritarios también ejercen un efecto favorecedor en la salud del consumidor, aminorando padecimientos relacionados con las ECD. En la FIAA se encuentran compuestos

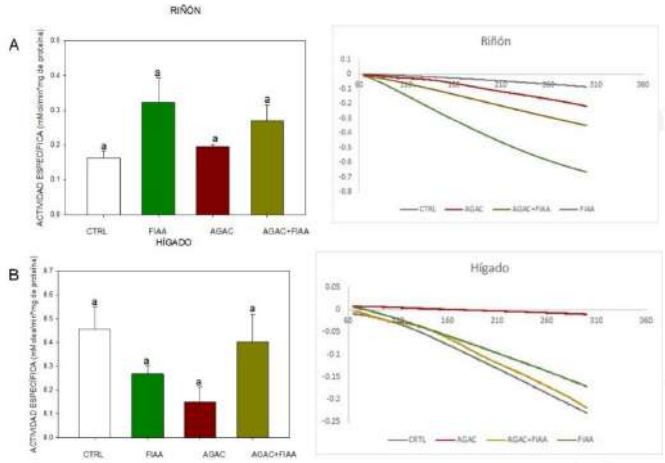
alifáticos saturados, como el undecano, dodecano y tridecano que poseen propiedades antiinflamatorias, antialérgicas e inmunosupresoras, así como antioxidantes y quelantes de metales. También están presentes benzofuranonas, moléculas heterocíclicas antioxidantes. La tangeraxantina, otro compuesto encontrado es descrita como una astaxantina, asociada a la mejora del daño hepático y la disfunción mitocondrial (González-Montoya et al., 2024).

OBJETIVO. Determinar el efecto de la administración de la FIAA en la actividad enzimática del complejo II de la CTE de mitocondrias de riñón e hígado. Determinar el efecto de la administración de la fracción insaponificable del aceite de aguacate (FIAA) en la peroxidación de lípidos en mitocondrias de riñón e hígado expuestas a diferentes concentraciones de Fe2+. Determinar el efecto de la administración de FIAA en los niveles de cardiolipina de mitocondrias de riñón e hígado.

MATERIALES Y MÉTODOS. Aislamiento de mitocondrias. Después de 12 semanas de tratamiento, las ratas se ayunaron 12 h y fueron eutanasiadas por decapitación. Las mitocondrias de hígado y riñón se aislaron por centrifugación diferencial. **Preparación de FIAA.** Se realizó una mezcla con 100 ml de aceite de aguacate (Chosen Foods, San Diego, CA, EE.UU.) en etanol-agua (3:1 v/v, 400 ml) y KOH (70g), que se expuso a reflujo 2 h, a la parte no saponificable se le agregó en volúmenes iguales, agua y n-hexano, mismo que se eliminó por evaporación rotativa, finalmente se almacenó a 4°C (González-Montoya, et al. 2024). **Diseño experimental.** Se utilizaron ratas machos Wistar, con un peso aproximado de 250- 300g, durante 12 semanas, el cuidado y manejo de los animales se apegó a la NOM-062-ZOO-1999. Se clasificaron en cuatro grupos de cuatro ratas, Grupo CTRL: dieta con pienso estándar para roedores; Grupo FIAA: dieta con pienso estándar para roedores y 100 mg/kg p.v. de FIIA; Grupo AGAC: dieta alta en grasas y alta en carbohidratos con el 25% de fructosa en el agua de bebida; Grupo AGAC + FIAA: dieta alta en grasa y carbohidratos con el 25% de fructosa en el agua de bebida y 100 mg/kg de FIAA. La fracción se disolvió en una solución de gelatina al 10% utilizada como vehículo mientras que a los grupos de control se les administró el vehículo (González-Montoya et, al. 2024). **Determinación de la actividad del complejo II.** Se permeabilizaron mitocondrias con buffer de solubilización 50mM y tritón 10x, centrifugando a 12,400rpm por 15min a 4°C, al termino se agregó buffer de fosfatos 50mM, para la determinación de Biuret. Se añadieron antimicina (1mg/ml), KCN (0.75mM), DCIP (80mM) y succinato (10mM) y se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 600nm (Cortés-Rojo et al., 2009). **Técnica de peroxidación lipídica.** Se suspendieron mitocondrias (0.5 mg/ml) en 1 ml de tampón 50 mM KH_2PO_4 (pH 7.6) y se incubaron por 30 min con concentraciones de Fe^{2+} (25 □M, 50 □M y 100 □M) para inducir estrés oxidativo. Mediante una reacción en condiciones ácidas con 1-metil-2-fenilindol y ácido metanosulfónico, se formó un cromóforo que se detectó por el espectrofotómetro a 586 nm (González-Montoya et, al. 2024). **Cuantificación de cardiolipina.** Se agregaron mitocondrias (1 mg/ml), naranja de acridina (150 □M) y buffer Tris 50 mM, se incubaron durante 10 min y se centrifugaron a 12,000 rpm por 10 min. Se rescató el sobrenadante y realizó la lectura a 495 nm. Como el naranja de acridina es sensible a la luz, se preparó una solución madre con etanol, antes de su utilización (Petit, et al. 1992).

RESULTADOS.

Figura 1. *Efecto de la FIAA sobre la actividad del complejo II en mitocondrias de riñón (A) e hígado (B) así como sus trazos representativos en la pendiente de reducción del DCIP usando succinato como sustrato. Los datos se presentan como promedios y E.E. Al mostrarse letras iguales, no hay una diferencia significativa (p<0.5) ANOVA de 1 vía, con una n=3.*



En la Fig. 1A, se observó que la actividad del complejo II en mitocondrias de riñón, el grupo CTRL no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al AGAC y los grupos con la FIAA, sin embargo, en sus trazos representativos, se observa una tendencia en la mejora de la actividad del complejo II en los grupos AGAC+FIAA y FIAA. De la misma forma, en la Fig. 1B, se observó que en mitocondrias de hígado el grupo CTRL no presentó diferencias estadísticamente significativas respecto al AGAC y los grupos con la FIAA, sin embargo, en sus trazos representativos, se observa una tendencia en la disminución de la actividad del complejo II en el grupo AGAC y en contraparte, en los grupos a los que se les administró la FIAA, presentaron una mejora en la actividad del complejo II.

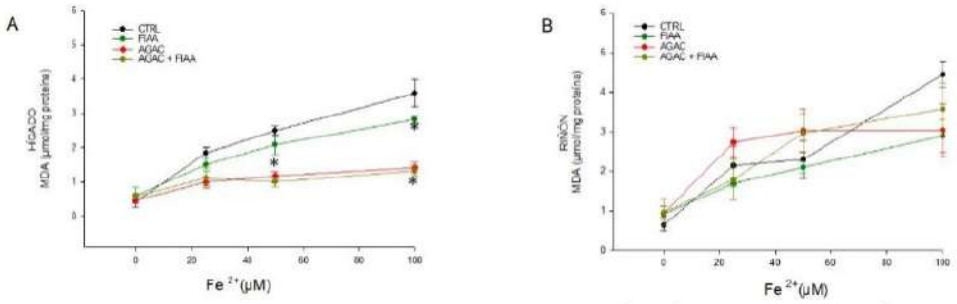


Figura 2.- *Efectos de la FIAA sobre la peroxidación de lípidos en mitocondrias de hígado (A) y riñón (B) expuestas diferentes concentraciones de Fe^{2+} (25 ⌠M, 50 ⌠M y 100 ⌠M) para inducir estrés oxidativo. Los datos se presentan como promedios y E.E. los asteriscos indican diferencia significativa entre grupos por cada concentración (p<0.5) ANOVA de 1 vía. N=4*

En la Fig. 2A, se observa que, en hígado, el grupo CTRL y en el grupo IFAA las concentraciones de MDA son mayores en comparación con los grupos AGAC y en el AGAC+FIAA, esto puede deberse al daño a nivel hepático por las ERO aún no sea tan evidente, por lo que se podrían estar activando los mecanismos de compensación endógenos de sobreexpresión de enzimas antioxidantes como el superóxido dismutasa, catalasa y el glutatión peroxidasa. En la Fig. 2B, se observan las concentraciones de MDA en riñón en el cual a concentraciones de 25 ⌠M y 50 ⌠M de Fe^{2+} se presenta tendencia de mayor producción de MDA en los grupos AGAC y en AGCA + FIAA, en comparación con los grupos CTRL y FIAA sin diferencia estadísticamente significativa, esto podría estar relacionado con una protección antioxidante por parte de la FIAA ante la presencia de estrés oxidativo inducido por hierro.

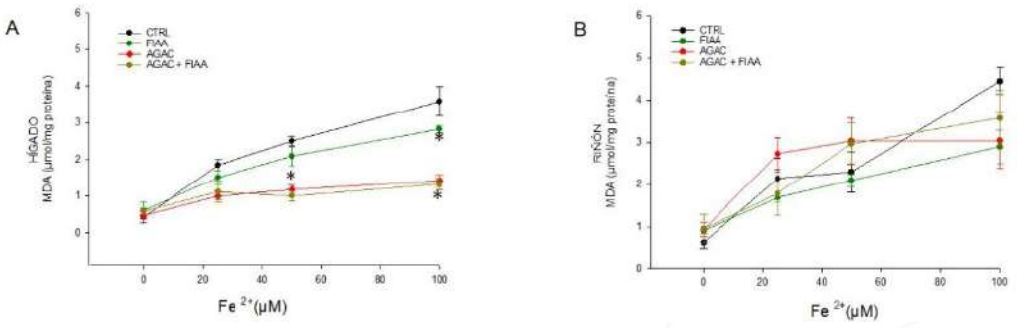


Figura 3.- *Efectos de la FIAA sobre la cuantificación de cardiolipina unida a la naranja de acridina en relación 1:2 en la mitocondria. Los datos se presentan como promedios y E.E. ANOVA de 1 vía. N=3*

En la Fig. 3A, no se observaron cambios significativos en el grupo control con respecto a los demás grupos en la cantidad de cardiolipina unida a la NA, esto podría deberse a que aún no es notable el daño causado por las provenientes de la dieta o que aún no se producen en suficiente cantidad para generar estrés oxidativo, posiblemente como en el caso de la determinación de la peroxidación de lípidos, también se deba esto a que las enzimas antioxidantes endógenas en este órgano están compensando el efecto de la dieta. En la Fig. 3B, se observó que en riñón el grupo CTRL si muestra mayores niveles de cardiolipina unidos a NA lo que indica que no hay un daño en la estructura de la cardiolipina, sin embargo, tanto el grupo AGAC como los de la FIIA, mostraron una disminución, indicando un posible daño a nivel de la membrana mitocondrial.

CONCLUSIONES. La actividad del complejo II tendió a disminuir en ratas con dieta AGAC tanto en hígado como en riñón, a comparación de los animales administrados con la FIAA en donde no se presentaron cambios. Respecto a la peroxidación lipídica inducida con Fe2+, se presentó un efecto protector por parte de FIAA ante el incremento estrés oxidativo en mitocondrias de riñón a diferencia de hígado donde no se mostraron cambios, posiblemente por la activación de mecanismos compensatorios enzimáticos. Para cardiolipina, en mitocondrias de hígado no se observaron cambios, mientras que en mitocondrias de riñón se observó una cuantificación disminuida en ratas con dieta AGAC y en animales tratados con la FIAA, debido a un posible daño estructural en la membrana mitocondrial.

REFERENCIAS.

1. García-Berumen CI, Vargas-Vargas MA, Ortiz-Ávila O, Piña-Zentella RM, Ramos-Gómez M, Figueroa-García MC, Mejía-Zepeda R, Rodríguez-Orozco AR, Saavedra-Molina A, Cortés-Rojo C. (2022). Avocado oil alleviates non-alcoholic fatty liver disease by improving mitochondrial function, oxidative stress and inflammation in rats fed a high fat-High fructose diet. Frontiers in pharmacology. DOI: 10.3389/fphar.2022.1089130.
2. González-Montoya, M.; Vargas-Vargas, M.A.; Torres-Isidro, O.; García-Berumen, C.I.; Cuiniche Méndez, M.G.; Saavedra-Molina, A.; Ontiveros-Rodríguez, J.C.; García Gutiérrez, H.A.; Calderón-Cortés, E.; Cortés-Rojo, C. (2024). Evaluation of Unsaponifiable Fraction of Avocado Oil on Liver and Kidney Mitochondrial Function in Rats Fed a High-Fat and High-Carbohydrate Diet. Metabolites 2024, 14, 431. https://doi.org/10.3390/ metabo14080431
3. Grotto, D., Santa María L., Valentini J., Paniz C., Schmitt G., García S. (2009). Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects for malondialdehyde quantification. Quim. Nova, Vol.32, No. 1, pp. 169-174.
4. Mathews, C., Van Holde. K., Ahern, K., (2002). Editorial PEARSON EDUCACIÓN. S.A., Madrid, España. pp. 585-625. ISBN: 978-84-832-2694-0.
5. Petit J., Maftah A., Ratinaud M., Julien R. (1992). 10N-Nonyl acridine orange interacts with cardiolipin and allows the quantification of this phospholipid in isolated mitocondria. Eur. J. Biochem. No. 209, pp. 267-273.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524148**

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN MITOCONDRIAL DE HÍGADO EN UN MODELO DE INSUFICIENCIA CARDIACA CON FRACCIÓN DE EYECCIÓN PRESERVADA EN RATONES

Cecilia Avellaneda Medina[1], Luis Alberto Luévano Martínez[3], Gerardo de Jesús García Rivas[2], Christian Cortés Rojo[2]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0702653h@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; christian.cortes@umich.mx

3Tecnológico de Monterrey; gdejesus@tec.mx

4Tecnológico de Monterrey; aluevano@tec.mx

Palabras Clave: Insuficiencia cardiaca, enfermedad de hígado graso, mitocondrias.

RESUMEN. La insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada (ICFEp) es un síndrome clínico caracterizado por anomalías de la reserva diastólica, sistólica y disfunción auricular. Esta patología podría tener una conexión con la enfermedad hepática no alcohólica (EHNA), la cual se caracteriza por esteatosis, inflamación y fibrosis en ausencia de consumo excesivo de alcohol. Se ha hipotetizado que, al disminuir el flujo sanguíneo venoso en el hígado hacia la vena cava, esto compromete el funcionamiento cardiaco, contribuyendo junto con otros factores al desarrollo de ICFEp. Por otro lado, uno de los principales factores que contribuyen al desarrollo de EHNA es la disfunción mitocondrial y el estrés oxidativo mitocondrial, por lo que la mejora del funcionamiento mitocondrial podría atenuar el desarrollo de ICFEp. El objetivo del presente trabajo es determinar si la ICFEp induce disfunción mitocondrial en hígado mediante la inhibición de la actividad del complejo I por pérdida de cardiolipina, disminución de la oxidación del NADH y de la actividad de SIRT3. Se utilizaron ratones machos C57BL/6 los cuales se distribuyeron en grupos Control e ICFEp. Al grupo ICFEp se le administró Nω-nitro-L-arginina metil éster (L-NAME) y dieta alta en grasa por 12 semanas, mientras que el grupo control fue alimentado con dieta estándar. Los ratones del grupo ICFEp desarrollaron obesidad, disminución de la tolerancia oral a la glucosa y alteraciones hepáticas macroscópicas. Sin embargo, las mitocondrias de hígado del grupo ICFEp mostraron un incremento en la velocidad de respiración, aunque menor acoplamiento de la fosforilación oxidativa, sin cambios en el potencial de membrana y contenido de cardiolipina. Esto sugiere que, a las 12 semanas de inducción de la ICFEP, se establece una respuesta compensatoria en respuesta al incremento de grasa en la dieta, por lo que cabe la posibilidad que la disfunción mitocondrial se produzca en un plazo más largo.

INTRODUCCIÓN. La insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada (ICFEp) y la enfermedad hepática no alcohólica (EHNA) son dos entidades clínicas frecuentes y complejas, con una creciente prevalencia en la población adulta. Ambas se caracterizan por un proceso inflamatorio crónico de bajo grado y alteraciones mitocondriales. La ICFEp se define por una disfunción diastólica y sistólica del corazón, a pesar de una fracción de eyección ventricular izquierda normal o elevada (Salah et al., 2021). La insuficiencia cardiaca tiene una prevalencia en la población general de 2.3 % y de este porcentaje el 67.5 % corresponde a ICFEP. Esta

enfermedad no solamente es frecuente, sino que su incidencia aumenta a razón de 1 % por año. (López & Ángel, 2020). La EHNA, por su parte, abarca un espectro de afecciones hepáticas, desde la esteatosis simple hasta la esteatohepatitis no alcohólica, esta última asociada a una mayor progresión hacia fibrosis y cirrosis. La prevalencia de EHNA es de hasta el 30% de la población en los países desarrollados (Salah et al., 2021). La producción excesiva de especies reactivas del oxígeno (ERO) en la mitocondria es un mecanismo clave en la patogénesis de ambas enfermedades. Se ha demostrado que las ERO pueden estimular la producción de citocinas proinflamatorias y contribuir a la disfunción celular. Además, la acetilación del proteoma mitocondrial, regulada por la sirtuina 3 (SIRT3), puede afectar la función mitocondrial y contribuir a la inflamación (García-Berumen et al., 2019). Además, se ha sugerido una relación entre la EHNA y la ICFEp, ya que la primera podría predisponer a la aparición de la ICFEp debido a que la EHNA puede alterar el flujo sanguíneo a través de las sinusoides hepáticas, lo que comprometería el flujo sanguíneo hacia el corazón, contribuyendo a una remodelación del tejido cardiaco que favorecería el desarrollo de ICFEp (Salah et al., 2021). Este estudio se busca evaluar si existe una disminución de la actividad de la cadena de transporte de electrones (CTE) mitocondrial, asociada a un aumento de la acetilación del proteoma mitocondrial y una disminución de los niveles de SIRT3 en hígado de ratones cuando la ICFEp ya se ha establecido. Dichas alteraciones se presentan en el desarrollo de la EHNA (García-Berumen et al., 2019). Por lo tanto, la disminución de la disfunción mitocondrial durante la EHNA podría tener valor terapéutico al atenuar la progresión de la EHNA, mejorando la circulación entre el hígado y el tejido cardiaco y disminuyendo la predisposición a sufrir ICFEp.

ANTESCEDENTES. La coexistencia de la EHNA y la ICFEp es significativamente más frecuente que en pacientes con insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida. Estudios como el CARDIA han demostrado que pacientes con EHNA presentan mayor presión de llenado y remodelación cardíaca en pacientes con ICFEp, comparado con pacientes sin EHNA (Salah et al. 2021). El estudio de la ICFEp y sus enfermedades asociadas ha sido difícil debido a la ausencia de modelos experimentales que repliquen su fisiopatología de. Sin embargo, un modelo de ICFEp desarrollado recientemente en roedores (Schiattarella et al. 2019) ha permitido replicar las características clínicas y fisiopatológicas de la ICFEp humana, por lo que este modelo puede ser útil para caracterizar el desarrollo de EHNA asociado a ICFEp. Los hallazgos preliminares de nuestro equipo de trabajo en este modelo animal confirman el deterioro de la función diastólica, alto índice de rigidez arterial y congestión pulmonar y la presencia de congestión pulmonar en ratones con ICFEp (Fernández et al. 2024). Sin embargo, no se ha comprobado si este modelo de ICFEp desarrolla EHNA debido a alteraciones en el funcionamiento mitocondrial e incremento del estrés oxidativo en el hígado.

OBJETIVO. Determinar si los ratones con ICFEp presentan disfunción mitocondrial en hígado.

OBJETIVO PARTICULARES. Evaluar la fosforilación oxidativa en mitocondrias de hígado de ratones con ICFEp. Analizar la actividad de complejo I en mitocondrias de hígado de ratones con ICFEp. Evaluar los niveles de cardiolipina en mitocondrias de hígado de ratones con ICFEp.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el comité de uso y cuidado de animales de la Facultad de Medicina del Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León.

Modelo biológico. Se asignaron aleatoriamente ratones macho C57BL/6 de tres meses de edad (n=40) y se repartieron aleatoriamente en 2 grupos: Control e ICFEp. Los animales se mantuvieron en un bioterio con temperatura y humedad controlada y ciclos de 12h luz/12h oscuridad. Para establecer el modelo de ICFEp, a los ratones se les administró L-NAME (0.5 g/L) a través del agua potable ad libitum y se administró una dieta con un contenido de 60% de grasa saturada obtenido de Research Diets. Los animales fueron manejados de acuerdo con lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. El peso de los animales se determinó de manera semanal desde el inicio del experimento hasta las 12 semanas.
Prueba de tolerancia oral a la glucosa. Se realizó mediante la administración de glucosa al 30% después de un ayuno de 12 horas. Los niveles de glucosa en sangre se midieron con un glucómetro Accucheck Instant.
Aislamiento de mitocondrias hepáticas. Al cumplirse las 12 semanas de tratamiento los ratones se sacrificaron por dislocación cervical. Posterior al sacrificio, se extrajo el hígado, se preparó un homogenado y las mitocondrias se aislaron por centrifugación diferencial (García- Berumen et al., 2019). La concentración de proteína mitocondrial se determinó por el método de Biuret.
Determinación de la función mitocondrial. La fosforilación oxidativa se evaluó midiendo la velocidad de respiración mitocondrial con un electrodo de oxígeno tipo Clark acoplado a un monitor biológico de oxígeno YSI5300 y una laptop para la adquisición de datos. Se uso como sustrato del complejo I de la CTE 10 mM de glutamato/malato y se midió la velocidad de respiración en estado basal (estado 2) durante 90 s. Posteriormente, se adicionó 300 µM de ADP para inducir el estado fosforilante (estado 3) de la respiración. Finalmente, la velocidad de respiración en estado no fosforilante (estado 4) se evaluó mediante la adición de 5 µg de oligomicina. El cociente respiratorio, una medida de la capacidad de las mitocondrias para responder a un incremento en la demanda de ATP, se determinó dividiendo la velocidad de respiración en estado 3 entre la velocidad en estado 4. La actividad del complejo I se evaluó en mitocondrias permeabilizadas por choque osmótico evaluando la oxidación de 1 mM de NADH a 260 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV2550 en presencia de un exceso de ferricianuro de potasio como aceptor de electrones. Los niveles de cardiolipina se evaluaron mediante la adición de 100 µM del colorante naranja de acridina a una suspensión mitocondrial. Este colorante se une estequiométricamente a la cardiolipina de la membrana interna mitocondrial. La concentración de naranja de acridina libre en el sobrenadante se evaluó espectrofotométricamente. La concentración de cardiolipina se calculó restando la concentración total de naranja de acridina añadida al principio del experimento menos la naranja de acridina del sobrenadante.

RESULTADOS. Los ratones que fueron alimentados con una dieta alta en grasa y L-NAME durante 12 semanas desarrollaron alteraciones presentes en la ICFEp clínica. El grupo ICFEp presentó una ganancia de peso acelerada respecto al grupo control a partir de la semana 4, llegando a tener un peso 45% mayor al final de las 12 semanas de tratamiento (Fig. 1). Por otro lado, el grupo de ICFEp desarrolló tolerancia oral a la glucosa (Fig. 2), mostrando niveles de prediabetes de 148 mg/dL en el tiempo 0 del experimento, mientras que el grupo control tuvo niveles de aprox 100 mg/dL. Después de añadida la carga de glucosa, los niveles de glucosa llegaron regresaron a 100 mg/dL en las ratas control, después de 2 h, mientras que a ese tiempo en el grupo ICFEp permanecieron en aprox. 190 mg/dL.

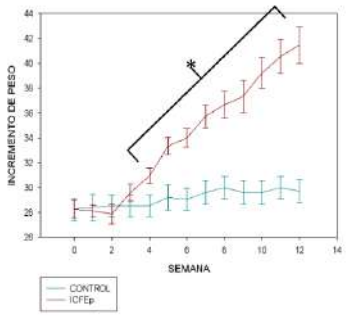


Figura 1 **|** *Incremento de peso corporal de ratones entre las semanas 1 a 12 administrados con L-NAME y dieta alta en grasa (dieta ICFEp) y ratones con alimento estándar (dieta control). Los resultados se expresan como el promedio ± el error estándar de n=8 (*p<0.05, t de Student)*

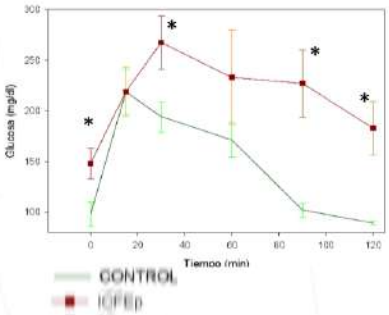


Figura 2 **|** *Curva de tolerancia oral a la glucosa en animales con dieta control y dieta ICFEp. Los resultados se expresan como el promedio ± el error standard de n=8 (*p<0.05, t de Student)*

En cuando a la función mitocondrial del hígado, las mitocondrias de los ratones con ICFEp presentaron un incremento en la velocidad de respiración en estado 3 y estado 4 en comparación con el grupo control (Fig. 3). Sin embargo, el cociente de respiratorio tuvo una tendencia a disminuir en el grupo ICFEp, debido a un aumento en la velocidad de respiración en estado 4, lo que indica un desacoplamiento de la fosforilación oxidativa (Fig. 4). Respecto a los niveles de cardiolipina, no se observaron diferencias entre los grupos control e ICFEp (Fig. 5).

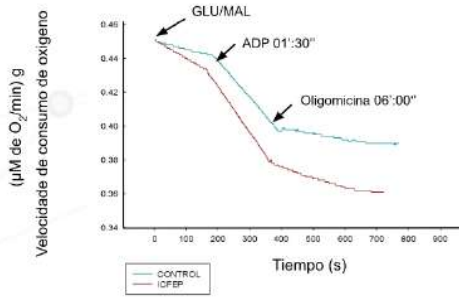


Figura 4 **|** *Trazos representativos de respiración en presencia de glutamato malato (GLU/MAL) como sustrato respiratorio. La respiración en estado 3 se estimuló mediante la adición de ADP. La respiración en estado 4 se indujo mediante la adición de oligomicina, un inhibidor de la F_1F_0-ATP sintasa. Se muestran trazos representativos de n=6*

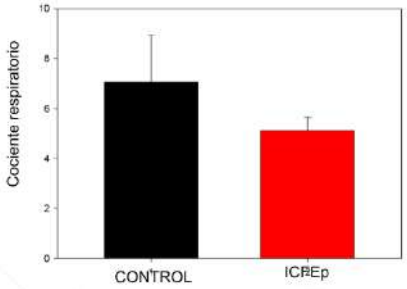


Figura 3 **|** *Cociente respiratorio de mitocondrias de hígado de ratón alimentado con dieta control y dieta ICFEp. Los resultados representan el promedio ± el error estándar de n = 11.*

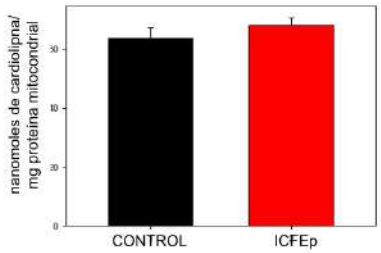


Figura 5 **|** *Concentración de cardiolipina en mitocondrias de ratones alimentados con dieta control y dieta ICFEp. Los resultados se expresan como el promedio ± el error estándar de n= 6.*

CONCLUSIONES. Los resultados sugieren que una vez que la ICFEp se ha establecido en la semana 12, la EHNA y la disfunción mitocondrial podría encontrarse en etapas tempranas de desarrollo, como lo sugiere tanto el desarrollo de intolerancia a la glucosa, lo cual puede deberse al desarrollo de resistencia hepática a la insulina debido a esteatosis y supresión ineficiente de la gluconeogénesis, así como el ligero desacoplamiento de la fosforilación oxidativa, lo cual podría ser un mecanismo adaptativo para conservar un flujo de electrones en la CTE y evitar el exceso de producción de ROS, explicando la preservación de los niveles de cardiolipina. Esto garantiza que se llevan a cabo estudios con un mayor tiempo de ICFEp para establecer el momento en el que ocurre la EHNA en este modelo de ICFEp.

REFERENCIAS.

1. García- Berumen et al. (2019). The severity of rat liver injury by fructose and high fat depends on the degree of respiratory dysfunction and oxidative stress induced in mitochondria. Lipids in Health and Disease, 78(18), 1-11. Obtenido de https://doi.org/10.1186/s12944-019-1024-5
2. López & Ángel. (2020). Falla cardiaca con fracción de eyección preservada: generalidades y aproximación en el perioperatorio. Revista Med, 28(2), 49-69.
3. Salah et al. (2021). Relationship of nonalcoholic fatty liver diasese and heart failure with preserved ejection fraction. Basic to Translational Science, 6(11), 918-932.
4. Schiattarella et al. (2019). Nitrosative stress drives heart failure with preserved ejection fraction. Nature, 568(7752), 351-356.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524149

ANÁLISIS DE LA PROTEÍNA E-CADHERINA EN PACIENTES CON CÁNCER DE MAMA Y SU RELACIÓN CON FACTORES CLÍNICOS

Jared Israel Chavez Urrutia[1], Susana Itzel Jiménez Sánchez[2], Mayra Carolina Valle Bailón[3], Anel Gómez García[4], Sergio Gutiérrez Castellanos[5], Sandra Guadalupe Sánchez Ceja[6]

1. *Laboratorio de Investigación en Patología, Facultad de Químico Farmacobiología – UMSNH. 1638919q@umich.mx*
2. *Laboratorio de Investigación en Patología, Facultad de Químico Farmacobiología – UMSNH. 2000439e@umich.mx*
3. *Laboratorio de Investigación en Patología, Facultad de Químico Farmacobiología – UMSNH. 1831596f@umich.mx*
4. *Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Cavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; anel.gomez@imss.gob.mx*
5. *Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; sergio.gutierrez@umich.mx*
6. *Laboratorio de Investigación en Patología, Facultad de Químico Farmacobiología – UMSNH. sandra.sanchez@umich.mx*

Palabras Clave: e-cadherina, sobre-expresión, cáncer de mama.

RESUMEN. El cáncer de mama es el tipo más frecuente y la causa más común de muerte por cáncer en mujeres a nivel mundial. Las Américas representaron casi una cuarta parte de los nuevos casos de cáncer de mama en 2020. En América Latina y el Caribe, la proporción de mujeres afectadas por la enfermedad antes de los 50 años (32%) es mucho mayor que en América del Norte (19%), las características que se asocian con un mayor riesgo de desarrollar cáncer de mama incluyen la obesidad, consumo de alcohol, antecedentes familiares de cáncer de mama, exposición a radiación, antecedentes reproductivos y hormonales y consumo de tabaco. Alrededor de la mitad de los casos se desarrollan en mujeres sin factores de riesgo identificados además de ser mujeres con 40 años de edad o más. El cáncer de mama surge en las células de revestimiento de los conductos (85%) o lóbulos (15%) del tejido glandular de la mama. Las células cancerosas se pueden propagar al tejido mamario cercano principalmente a nódulos linfáticos (invasión) y a otros órganos (metástasis). La transición epitelial-mesenquimal es un proceso mediante el cual las células tumorales pierden sus marcadores epiteliales y facilita la migración a órganos distantes. En este proceso intervienen diversas proteínas de adhesión celular, tales como la E-cadherina.

INTRODUCCIÓN. El cáncer de mama (adenocarcinoma) es una enfermedad maligna en donde la proliferación acelerada, desordenada y no controlada de células pertenecientes a distintos tejidos de la glándula mamaria forman un tumor que invade los tejidos vecinos y hace metástasis a órganos distantes del cuerpo. En México el cáncer de mama es la tercera causa de muerte en mujeres, de acuerdo con el instituto mexicano de seguro social (IMSS), en 2014 se detectaron un promedio de 11 nuevos casos de cáncer de mama al año, sin embargo, el año pasado se registraron 28,000 nuevos casos. La sociedad americana contra el cáncer de mama señala que el riesgo de padecer cáncer de mama podría estar relacionado con los siguientes factores: mala alimentación, falta de ejercicio, sobrepeso u obesidad, no haber tenido hijos o no haber lactado, adicción al tabaco o al alcohol, implantes de seno, predisposición genética, entre otros. La molécula de interés de este estudio es una cadherina, las cuales son moléculas consideradas

glicoproteínas transmembranales dependientes del calcio y encargadas de mantener la unión entre células que permiten mantener la integridad de los tejidos en los animales. Existen más de 20 tipos diferentes de cadherinas, todas con cerca de 750 aminoácidos, y que son específicas de distintos tipos de células que es encargada de mantener la unión entre células lo que permite mantener la integridad de los tejidos, entre las cadherinas más conocidas se encuentran la E-cadherina, N-cadherina y B-catenina, la molécula de interés en este estudio es la E-cadherina la cual juega un papel importante durante el desarrollo embrionario (morfogénesis), así como en el mantenimiento de la estructura de los tejidos tanto en la etapa embrionaria como en la vida adulta. El mal funcionamiento de la E-cadherina está asociado al desarrollo de distintos tipos de cáncer, esto puede deberse a modificaciones en la expresión de las cadherinas, así como la activación de señales que impiden la unión de las células, al fallar esta unión permite que las células tumorales aumenten su motilidad y sean liberadas, para invadir tejidos adyacentes a través de los nódulos linfáticos y/o vasos sanguíneos.

ANTECEDENTES. El cáncer es una enfermedad por la que algunas células del cuerpo se multiplican descontroladamente y se diseminan a tejidos adyacentes formando tumores. Estos tumores cancerosos son capaces de viajar más lejos a otras partes del cuerpo y formar tumores en un proceso denominado metástasis. El proceso por el cual las células normales se transforman en cancerosas se denomina carcinogénesis; se propone que la transformación progresiva de células normales a derivados altamente malignos se origina por alteraciones en el material genético (mutaciones). Estas mutaciones le confieren a una célula la capacidad de dividirse a una tasa mayor que su cohorte y generar clonas que conservan esta mutación. El rol de las alteraciones genéticas en la carcinogénesis fue puesto de manifiesto en el descubrimiento de los protooncogenes en células humanas, los cuales se relacionan con el crecimiento y proliferación de las células normales. Cuando se encuentra una mutación que altera la expresión de estos genes en una célula cancerosa y su mutación es de tipo dominante, se denominan oncogenes.
Sin embargo, este padecimiento no es reciente ya que se remonta hasta la civilización egipcia, quienes documentaron por primera vez el caso y el procedimiento contra tumores en la mama en el papiro ahora nombrado Edwin Smith Surgical Papyrus. Sin embargo, tuvo que pasar mucho tiempo para que Hipócrates (460-370 a.C.) formulará su teoría de los cuatro humores, en la cual postuló que los seres vivos están formados por sangre, bilis amarilla, bilis negra y flema, y aseguró que la salud dependía del equilibrio de estos cuatro componentes. A su vez, creía que el aumento de la bilis negra era la causa de los tumores mamarios y de no ser tratada podría haber una ruptura del tumor, lo cual liberaría la bilis al resto del cuerpo. Con el tiempo surgieron nuevos conocimientos. En el año 200 d.C., el médico griego Claudius Galenus (131-203 d.C.) hizo una descripción detallada de los tumores mamarios y los definió como crecimientos anormales de la mama, los cuales era más común encontrarlos en mujeres que en hombres, sobre todo en aquellas cuyo ciclo menstrual fuera anormal o nulo; además, concluyó que el cáncer no era específico de la mama, sino que podría aparecer en cualquier parte del cuerpo. Durante el primer siglo, los médicos romanos trataban los tumores extrayendo el músculo pectoral en su totalidad. Este método abrumador, debido a que se practicaba con un cauterio caliente y sin anestesia, no pasó desapercibido para Galenus, quien propuso un tipo de lumpectomía en la cual se realizaba una incisión alrededor del tumor y se retiraba solamente esa parte; sin embargo, los médicos de la época se rehusaron a la propuesta de Galenus y la remoción del pectoral se siguió practicando durante toda la edad media.

OBJETIVO. Determinar la asociación entre la expresión de E-cadherina y las variables clínicas y biológicas de pacientes con cáncer de mama.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para realizar este estudio se incluyeron 282 casos de cáncer de mama del hospital general No. 1 del instituto mexicano del seguro social (IMSS) y del Hospital civil Dr. Miguel Silva de la SSM del periodo 2015 al 2017. Se obtuvo el reporte histopatológico e inmunohistoquímico de los laboratorios de patología y las características clínicas se obtuvieron del expediente clínico. Se elaboraron microarreglos de tumores y se determinó la expresión de E-cadherina mediante inmunohistoquímica. La construcción de microarreglos se realizó concentrando los bloques de tejido de las pacientes con diagnóstico de cáncer de mama, a los que se les domino bloque donador, se revisaron al microscopio las laminillas teñidas con hematoxilina-eosina correspondientes a cada caso, se identificaron y marcaron 3 zonas con tejido tumoral y 1 con tejido adyacente al tumor, es decir no maligno. Luego, se diseñó un mapa que contenía el número de registro de cada caso y el número consecutivo correspondiente y por triplicado, así como los tejidos adyacentes al tumor. De esta manera se establecieron las coordenadas de cada caso en el microarreglo de tejido. En seguida, se preparó el equipo Chemicon Advanced Tissue Arrayer (ATA-100) semiautomático (Biomedical Imaging Facility BMIF, Sídney Australia), colocando la laminilla previamente marcada en el microscopio del microarreglador, su respectivo bloque donador y un bloque receptor de parafina virgen, en las áreas correspondientes del equipo, que los posiciona en forma paralela. Se identificó el área marcada de la laminilla, lo que, al movimiento de la platina el bloque donador se movió paralelamente al de la laminilla, lo que permitió colocarlo al centro de una aguja de alta precisión de 1mm de diámetro. Luego, se puncionó el bloque donador para obtener la muestra y simultáneamente otra aguja del mismo calibre puncionó el bloque receptor. Se movió la aguja con la muestra del bloque donador y se descargó en el agujero del bloque receptor. De esta manera, se fueron colocando las muestras en el microarreglo. Al concluir la colocación de los cilindros de tejido en el bloque receptor, el bloque fue calentado a 40°C durante 10 min para que se fundieran con la parafina de este bloque. Se elaboraron 11 TMAs con los 310 bloques de parafina con tejido incluido con cáncer de mama, se hicieron tres spots por cada caso con tejido neoplásico y se incluyeron en 92 spots con tejido no neoplásico adyacente al tumor como controles. Finalmente se realizaron cortes histológicos de 4µm de espesor con un micrótomo estándar, se colocaron en laminillas electrocargadas y se procedió a realizar la inmunohistoquímica. Se analizó la expresión de la molécula considerando los casos con expresión negativa y leve como normal y los casos con expresión moderada y fuerte como sobre-expresión. Mediante la prueba de chi2 se buscó asociaciones clínicas y biológicas y mediante curvas de Kapplan-Meir se analizó la supervivencia relacionada a la expresión.

RESULTADOS. La expresión de E-cadherina se encontró negativa en 30.1%, leve 18.8%, moderado 20.2% y fuerte 30.9%. La distribución de la expresión se presentó en membrana 15.2% de los casos, 47.9% en citoplasma y 6.7% en núcleo. Al analizar las correlaciones clínicas de la expresión con E-cadherina con la edad de las pacientes, índice de masa corporal, menarca, estado ovárico, menopausia, lactancia, índice estrogénico, BIRADS, clasificación histológica, grado histológico, TNM y clasificación molecular, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas. Al analizar la supervivencia se encontró que los casos con sobre-expresión de E-cadherina tuvieron una tendencia de más tasa de mortalidad (P=0.12).

Variable	N	N-Cadherina negativo o normal	N-Cadherina sobreexpresión	Total n=(282)	p-Value

Edad	282				0.307
<40		21	16	37	
>40		117	128	245	
IMC	267.0				0.851
Peso bajo		1	2	3	
Peso adecuado		31	26	57	
Sobrepeso		50	53	103	
Obesidad I		29	37	66	
Obesidad II		11	11	22	
Obesidad III		9	7	16	
Menarca	189.0				0.405
<10 años		6	6	12	
11 a 14 años		56	62	118	
>14 años		22	37	59	
Estado ovarico	276.0				0.527
Menopausia		84	85	169	
Premenopausia		49	58	107	
Índice de estrógeno	180				0.716
Bajo		17	27	44	
Moderaro		28	32	60	
Alto		33	43	76	
Mastografía BIRADS	223				0.641
0		3	2	5	
1		0	1	1	
2		0	1	1	
3		8	9	17	
4		38	44	82	
5		63	54	117	
Grado histológico	279				0.731
Bajo		30	30	60	
Moderado		69	79	148	
Alto		37	34	71	
PTNM	282				0.762
<2 cm		56	61	117	
>2cm		82	83	165	

Estadio AJCC	180				0.973
IA		15	18	33	
IIA		27	27	54	
IIB		12	15	27	
IIIA		14	13	27	
IIIB		12	9	21	
IIIC		6	5	11	
IV		3	4	7	
Progesterona receptor	282				0.67
Positivo		78	85	163	
Negativo		60	59	119	
HER2	279				0.451
Positivo		25	22	47	
Negativo		110	122	232	
Ki67	266				0.105
Positivo		89	108	197	
Negativo		39	30	69	
Clasificación molecular	274				0.67
Luminal A		38	38	76	
Luminal B HERneg		45	51	96	
Luminal B HERpos		13	7	20	
HER sobreexpresión		14	13	27	
Triple Negativo		26	29	55	
Actual defunción	181				0.231
Si		9	15	24	
No		83	74	157	

Tabla 1. *"Estadística de E-cadherina"*

CONCLUSIONES. La alta cantidad de casos negativos de E-cadherina en nuestro estudio, podría identificar casos con mayor potencial metastásico. Aunque no se encontraron relación con los casos de metástasis al diagnóstico, será necesario dar seguimiento a las pacientes para tratar de detectarlas a tiempo.

REFERENCIAS.

1. Cáncer de mama. (2024b, septiembre 13). OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. https://www.paho.org/es/temas/cancer-mama
2. D. Leckband & A. Prakasam. Mechanism and dynami cs of cadherin adhesion. Annual Review of Biomedical Engineering.
3. Recendiz, M. A. R. N., Nuñez. (2024). EVALUACIÓN DEL RIESGO DE AFECTACIÓN A GANGLIOS LINFÁTICOS VÍA EIF3F/KI67 Y DISEÑO METODOLÓGICO PARA EVALUAR BIOMARCADORES TEM EN MUESTRAS DE CÁNCER DE MAMA [Tesis de maestría]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524150**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE AGONISTAS DE TGR5 DE ORIGEN VEGETAL EN LA REGULACIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO EN RATONES CON OBESIDAD

Estefanía Farías Gaytán[1], Valeria Fraga Ramírez[2], Gerardo Vázquez Marrufo[3], Luz Torner[4], Omar Guzmán Quevedo[5]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 0675121j@umich.mx

2Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Centro de Investigación Biomédica de Michoacán; 0850046e@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; gerardo.marrufo@umich.mx

4Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Centro de Investigación Biomédica de Michoacán; luz_torner@yahoo.com

5Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos, Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, Tacámbaro, Michoacán; omar.gq@tacambaro.tecnm.mx

Palabras Clave: Obesidad, balance energético, agonistas de TGR5.

RESUMEN. La obesidad es una enfermedad desafiante para los sistemas de salud en el mundo, ya que se relaciona con enfermedades como la dislipidemia y la diabetes tipo 2. La obesidad se desarrolla por un desequilibrio del balance energético (BE), establecido entre la ingesta de alimentos y el gasto calórico. El BE es regulado de manera clave por el hipotálamo a través de diferentes mecanismos. TGR5 (Takeda G-protein receptor 5) es un receptor, cuyos agonistas son las sales biliares, presente en varios tejidos periféricos de importancia metabólica y el hipotálamo. La vía de señalización dependiente de este receptor promueve en el hipotálamo un BE negativo, disminuyendo el peso corporal (PC). Dichos efectos también han sido promovidos por agonistas de TGR5 de origen vegetal como el ácido oleanólico (AO) y nomilina. Sin embargo, se desconoce si los efectos de estos compuestos son ejercidos a nivel central. En este trabajo se determinó el efecto agudo (24h) de la administración intracerebroventricular (ICV) de estos compuestos sobre el BE. Para ello, ratones obesos fueron inyectados con 5µg de AO o nomilina en el ventrículo lateral derecho y se determinó el cambio de PC, consumo de alimento y eficiencia alimentaria. Ambos tratamientos redujeron la ganancia de PC y la eficiencia alimentaria. El consumo de alimento mostró solo una tendencia a la disminución cuando la nomilina fue administrada. Resultados similares fueron observados cuando los compuestos fueron administrados por vía periférica (intraperitoneal). Los datos sugieren que los agonistas de TGR5, AO y nomilina, ejercen sus efectos antiobesogénicos a través de la regulación del BE a nivel hipotalámico.

INTRODUCCIÓN. La obesidad es una enfermedad de origen multifactorial producto de un desequilibrio energético a causa de una interacción compleja entre factores genéticos, ambientales, económicos y sociales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la obesidad como una acumulación excesiva de grasa que puede perjudicar la salud. La obesidad incrementa sustancialmente el riesgo de desarrollar enfermedades como diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares o algunos tipos de cáncer. En el año 2018 en México el 75.2% de los adultos de 20 años y más sufrían sobrepeso y obesidad (39.1% sobrepeso y 36.1% obesidad) (ENSANUT). El hipotálamo, en el cerebro, es una estructura clave en la regulación del balance energético, puesto que controla la ingesta de alimentos y el gasto de energía. A través

de la integración de señales nutricionales provenientes de la periferia, que reflejan el estado energético del organismo, poblaciones neuronales del núcleo arqueado (ARC) del hipotálamo producen péptidos orexigénicos y anorexigénicos, modulando así el balance energético (Le Thuc et al., 2017). La función de dichos circuitos neuropeptidérgicos se ve afectada por una alteración de la conducta alimentaria, por ejemplo, por un consumo excesivo o desequilibrado de alimentos (Le Thuc et al., 2017). Por otro lado, el receptor membranal TGR5 (Takeda-G-protein-receptor-5), también conocido como receptor 1 de ácidos biliares acoplado a proteínas G (GPBAR1), ha surgido como una diana farmacológica prometedora para el desarrollo de tratamientos contra las enfermedades metabólicas, como la obesidad y la diabetes tipo 2 (van Nierop et al., 2017). Los agonistas de TGR5 incluyen sales biliares (SB) naturales, ácidos biliares semisintéticos, alcoholes biliares y compuestos triterpénicos de origen vegetal, como nomilina y ácido oleanólico (AO) mostrando todos tener actividad biológica importante para la salud (Ono et al., 2011). Recientemente, se describió la acción de TGR5 en el hipotálamo, donde su activación promueve un balance energético negativo (Castellanos-Jankiewicz et al., 2021). Este estudio mostró que la reactivación del sistema de señalización de TGR5 en el hipotálamo revierte la obesidad. Específicamente, la activación hipotalámica de TGR5 llevó a un perfil termogénico en el tejido adiposo blanco, induciendo el gasto energético (Castellanos-Jankiewicz et al., 2021). A pesar de que los efectos de compuestos como AO y nomilina sobre el metabolismo están demostrados, se desconoce si estos actúan a nivel hipotalámico. Verificar lo anterior ayudaría a optimizar el consumo de dichos agonistas enfocándose en sus efectos hipotalámicos. Así, este trabajo pretende dilucidar la potencial implicación del receptor TGR5 hipotalámico en los efectos metabólicos del AO y nomilina.

ANTECEDENTES. La alta prevalencia de obesidad y la ausencia de terapias efectivas a largo plazo muestran necesidad creciente de buscar alternativas a las terapias convencionales para el manejo de la obesidad. El receptor TGR5 conocido como receptor específico para sales biliares acoplado a proteína G (M-BAR), se identificó en el año 2002 (Maruyama et al., 2002), y a raíz de esto, se han desarrollado un sinfín de estudios donde se ha demostrado como a través de su activación por agonistas endógenos y exógenos, tiene efectos beneficiosos para la salud como control de peso e hiperglucemia, presión arterial elevada, disminución de triglicéridos, colesterol, porcentaje de grasa y estrés oxidativo. Comprender los potenciales mecanismos de acción dependientes de TGR5 involucrados en los efectos metabólicos del AO y la nomilina permitirá desarrollar estrategias terapéuticas enfocadas y efectivas para el combate de la obesidad.

OBJETIVO. Estudiar los efectos de la activación de TGR5 con los agonistas ácido oleanólico y nomilina sobre la regulación del balance energético en ratones con obesidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. El AO (#HY-NO156) y nomilina (#HY-N0547) fueron adquiridos comercialmente (MedChemExpress, USA). Para su aplicación fueron disueltos en una mezcla de DMSO y solución salina (40/60 %). Se utilizaron ratones macho adultos de la cepa C57BL/6J. El manejo de los animales se realizó siguiendo estrictamente las pautas del reglamento nacional (NOM-062-ZOO-1999). Los ratones se indujeron a obesidad con una dieta alta en lípidos, 60% de las calorías provenientes de lípidos, (HFD) por un periodo de 12 semanas. Posterior al establecimiento del cuadro de obesidad en los ratones se realizaron 2 clases tipos de experimentos. En primer lugar, se realizaron los experimentos vía intraperitoneal (IP) donde se inyectó a los ratones por esta vía con distintas dosis de ambos compuestos por separado: 0.5, 1 y 5 mg/kg, y se determinó el consumo de alimento al tiempo 1h, 2h, 4h y 24h posteriores a la

inyección, pesando el alimento al inicio y al final de los tiempos referidos. Del mismo modo, se pesó al animal al inicio y al finalizar el experimento para determinar el cambio de peso corporal (PC). El cambio de peso corporal se dividió por las calorías consumidas y se multiplicó por 100 para determinar la eficiencia alimentaria. Después a los ratones se les implantó estereotáxicamente una cánula de acero inoxidable (Plastics one, Inglaterra) en el ventrículo lateral derecho (coordenadas: antero-posterior -0.5 mm; medio-lateral -1.2 mm y dorso-ventral -2.1 mm, del bregma). En segundo lugar, se realizaron los experimentos vía ICV donde se inyectó a los ratones por esta vía con una dosis de 5 µg de ambos compuestos por separado. El cambio de PC, consumo de alimento y eficiencia alimentaria se determinaron como en la prueba IP (Castellanos-Jankiewicz et al., 2021). Los datos fueron analizados con Prism 8.0 (La Joya, Ca). Todos los datos se expresan en promedio ± el error estándar de la media (SEM) y se compararon usando prueba T o Anova de una vía con prueba post-test Tukey.

RESULTADOS. La administración IP de ambos compuestos muestran una tendencia a reducir la ganancia de peso corporal y de la eficiencia alimentaria, nomilina (dosis 5mg/kg) (Fig.1) y ácido oleanólico (dosis 0.5 mg/kg) (Fig.2), donde interesantemente, el consumo de alimentos en los animales OA se mantuvo similar, mientras que en los animales nomilina hubo una disminución relacionada a la dosis administrada. Respecto al cambio de peso corporal y la eficiencia alimentaria los animales que recibieron la dosis de 0.5 mg/kg de OA vieron una reducción en estos parámetros respecto a los demás grupos experimentales. Por otro lado, los animales que recibieron distintas dosis de nomilina, mostraron una disminución de dichos parámetros según dosis-respuesta, siendo la dosis de 5 mg/kg la más efectiva.

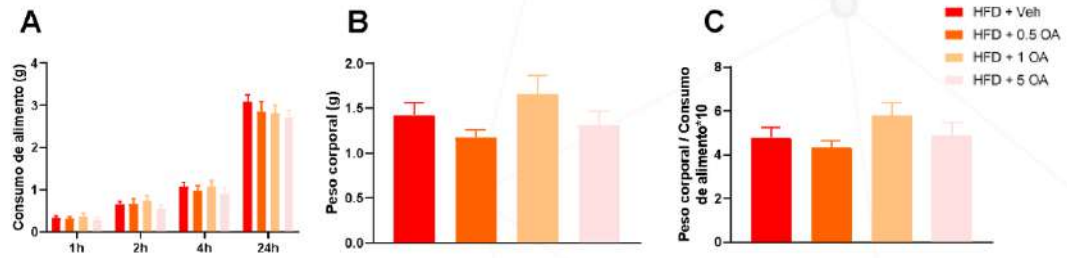


Figura 1. *Efecto del tratamiento agudo IP con ácido oleanólico en el balance energético. (A) consumo de alimento 1, 2, 4 y 24h después del tratamiento. (B) Cambio de peso corporal en 24h. (C) Eficiencia alimentaria en 24h. Los datos son representados como promedio ± SEM. Se realizó una prueba T múltiple o una Anova de una vía seguida de una prueba post-test Tukey. n=12-15.*

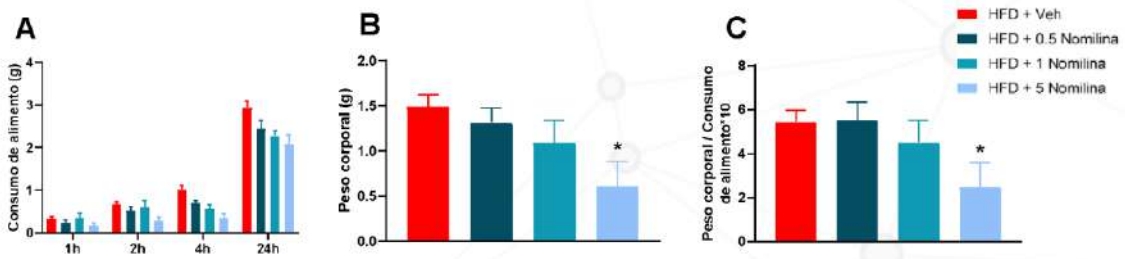


Figura 2. *Efecto del tratamiento agudo IP con nomilina en el balance energético. (A) consumo de alimento 1, 2, 4 y 24h después del tratamiento. (B) Cambio de peso corporal en 24h. (C) Eficiencia alimentaria en 24h. Los datos son representados como promedio ± SEM, *p<0.05, **p<0.005, ***p<0.0005. Se realizó una prueba T múltiple o una Anova de una vía seguida de una prueba post-test Tukey. n=12-15.*

Resultados similares se reproducen en los experimentos realizados vía ICV, donde la administración de la dosis de 5 µg de OA, mostro un consumo de alimentos, y calorías similares entre grupos, mientras que hubo una disminución en la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria del grupo HFD+5OA respecto a los demás grupos (Fig.3). Mientras que la administración de 5 µg de NOMI mostro una tendencia a disminuir el consumo de alimento, y una reducción en la ganancia de peso corporal y de la eficiencia alimentaria (Fig.4).

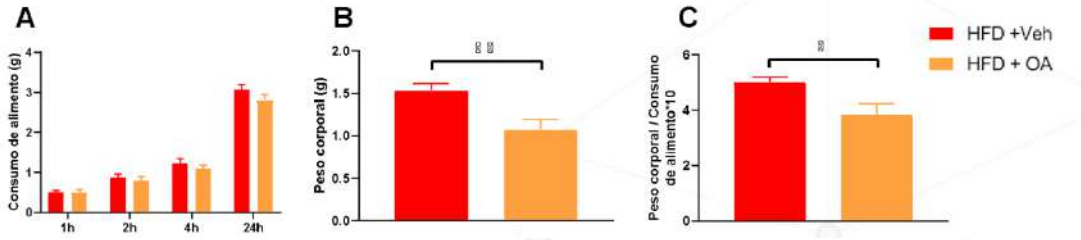


Figura 3. *Efecto del tratamiento agudo ICV con ácido oleanólico en el balance energético. (A) consumo de alimento 1, 2, 4 y 24h después del tratamiento. (B) Cambio de peso corporal en 24h. (C) Eficiencia alimentaria en 24h. Los datos son representados como promedio ± SEM, *p<0.05, **p<0.005, ***p<0.0005. Se realizó una prueba T múltiple o una Anova de una vía seguida de una prueba post-test Tukey. n=12-15.*

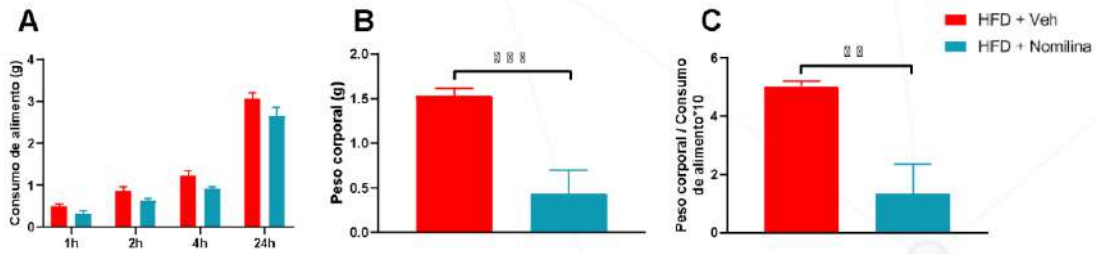


Figura 3. *Efecto del tratamiento agudo ICV con ácido oleanólico en el balance energético. (A) consumo de alimento 1, 2, 4 y 24h después del tratamiento. (B) Cambio de peso corporal en 24h. (C) Eficiencia alimentaria en 24h. Los datos son representados com o promedio ± SEM, *p<0.05, **p<0.005, ***p<0.0005. Se realizó una prueba T múltiple o una Anova de una vía seguida de una prueba post-test Tukey. n=7-9.*

CONCLUSIONES. La administración de ácido oleanólico y nomilina, agonistas vegetales de TGR5, mostró una reducción de la ganancia de peso corporal en animales alimentados con una dieta alta en lípidos. Además, mostro que reduce la eficiencia alimentaria, por lo tanto, los animales disminuyeron su capacidad de convertir las calorías consumidas en peso corporal. Los datos sugieren que los agonistas de TGR5, AO y nomilina, ejercen sus efectos antiobesogénicos a través de la regulación del BE a nivel hipotalámico.

REFERENCIAS.

1. Castellanos-Jankiewicz, A., Guzmán-Quevedo, O., Fénelon, V. S., Zizzari, P., Quarta, C., Bellocchio, L., Tailleux, A., Charton, J., Fernandois, D., Henricsson, M., Piveteau, C., Simon, V., Allard, C., Quemener, S., Guinot, V., Hennuyer, N., Perino, A., Duveau, A., Maitre, M., … Cota, D. (2021). Hypothalamic bile acid-TGR5 signaling protects from obesity. Cell Metabolism, 33(7), 1483-1492.e10. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2021.04.009
2. Le Thuc, O., Stobbe, K., Cansell, C., Nahon, J. L., Blondeau, N., & Rovère, C. (2017). Hypothalamic inflammation and energy balance disruptions: Spotlight on chemokines. Frontiers in Endocrinology, 8(AUG). https://doi.org/10.3389/fendo.2017.00197

3. Maruyama, T., Miyamoto, Y., Nakamura, T., Tamai, Y., Okada, H., Sugiyama, E., Nakamura, T., Itadani, H., & Tanaka, K. (2002). Identification of membrane-type receptor for bile acids (M-BAR). Biochemical and Biophysical Research Communications, 298(5), 714–719. https://doi.org/10.1016/S0006-291X(02)02550-0
4. Ono, E., Inoue, J., Hashidume, T., Shimizu, M., & Sato, R. (2011). Anti-obesity and anti-hyperglycemic effects of the dietary citrus limonoid nomilin in mice fed a high-fat diet. Biochemical and Biophysical Research Communications, 410(3), 677–681. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2011.06.055
5. Pols, T. W. H., Noriega, L. G., Nomura, M., Auwerx, J., & Schoonjans, K. (2011). The bile acid membrane receptor TGR5 as an emerging target in metabolism and inflammation. Journal of Hepatology, 54(6), 1263–1272. https://doi.org/10.1016/j.jhep.2010.12.004
6. van Nierop, F. S., Scheltema, M. J., Eggink, H. M., Pols, T. W., Sonne, D. P., Knop, F. K., & Soeters, M. R. (2017). Clinical relevance of the bile acid receptor TGR5 in metabolism. The Lancet Diabetes and Endocrinology, 5(3), 224–233. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30155-3
7. WHO. (2017). Obesity Update 2017. Diabetologe, 13(5), 331–341. www.oecd.org/health/obesity-update.htm

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524151

EVALUACIÓN DEL PAPEL DE NAC-2 COMO REGULADOR NEGATIVO DE LA VÍA NOTCH EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA

José Abraham Medina Vargas[1], Rosa Elvira Núñez Anita[2], Ricarda Cortés Vieyra[3], Víctor Manuel Baizabal Aguirre[4], Marcos Cajero Juárez[5], Alejandro Bravo Patiño[6]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2459642e@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, rosa.anita@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ricarda.cortes@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, victor.baizabal@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, marcos.cajero@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, alejandro.bravo@umich.mx

Palabras Clave: Vía Notch, Cáncer de mama, NAC-2.

RESUMEN. Las vías de señalización celular son esenciales para la comunicación y regulación de procesos biológicos dentro de las células. Entre estas, la vía de señalización Notch (VN) desempeña un papel crucial desde el desarrollo embrionario hasta la vida adulta, controlando procesos como la proliferación, diferenciación y apoptosis celular. La desregulación de sus componentes está asociada con el desarrollo de varios tipos de cáncer, incluido el cáncer de mama (CM). En este contexto, la alteración de la VN puede favorecer el crecimiento tumoral y la resistencia a tratamientos convencionales. El CM es una de las enfermedades más prevalentes a nivel mundial y la principal causa de muerte por tumores malignos en mujeres. Ante las limitaciones de las terapias actuales y la resistencia adquirida, es necesario desarrollar nuevas estrategias terapéuticas que mejoren la supervivencia y calidad de vida de los pacientes. Investigaciones previas de nuestro grupo permitieron la identificación de la proteína NAC-2 como un posible regulador negativo de la VN, con potencial para modular la expresión de genes implicados en la progresión tumoral al reducir la actividad de esta vía. Sin embargo, el mecanismo preciso no se comprende del todo. En este estudio, se evaluará la proteína NAC-2 en la regulación de la expresión de genes bajo control de la VN en líneas celulares MCF-7 y MCF-12, mediante técnicas de transfección, ensayos de viabilidad celular, análisis del ciclo celular y expresión génica. Resultados preliminares mostraron la clonación exitosa del plásmido pH-NACC-2, además se logró la estandarización del método de transfección utilizando polietilenimina (PEI). Estas metodologías permitirán evaluar el papel de NAC-2 y su impacto en la VN como un enfoque prometedor en la investigación del CM.

INTRODUCCIÓN. Las vías de señalización celular representan uno de los sistemas de comunicación más esenciales y complejos en la biología. Permiten a las células detectar, procesar y responder a una gran variedad de señales, tanto extracelulares como intracelulares. Su función principal consiste en regular la fisiología celular y coordinar una amplia gama de procesos biológicos dentro de las células. Las vías de señalización, como la vía Notch (VN), que desempeña un papel fundamental tanto en diversas etapas del desarrollo de un individuo, como en el mantenimiento de células especializadas en un individuo adulto. Su importancia radica en que controla varios procesos, incluyendo la supervivencia, la proliferación, la diferenciación, la

apoptosis, el modelado de tejidos, la determinación del destino celular y la morfogénesis de las células (Pandey et al., 2023). Está ampliamente reconocido que la desregulación de estos componentes desempeña un papel crucial en una gran variedad de enfermedades humanas, incluyendo diferentes tipos de cáncer. Los efectos de esta desregulación pueden variar según el tipo de célula y el contexto en el que se produce. En el contexto del cáncer de mama (CM), la mutación de los genes que codifican para las principales proteínas de la VN provoca que actúe como oncogén, promoviendo el crecimiento, la angiogénesis, la renovación de las células madre del cáncer, la metástasis y la resistencia a tratamientos tradicionales como la quimioterapia y la radioterapia (Krishna et al., 2019). En este contexto, en investigaciones previas y en curso de nuestro grupo de laboratorio, utilizando el dominio c-terminal (CTD) del factor de transcripción Supresor de Hairless [Su(H)] como 'sonda', se capturó una proteína, conocida como NAC-2 (proteína del núcleo accumbens 2). Posteriormente, en otro estudio, se evaluó su participación como regulador negativo de la VN, utilizando un vector reportero de lucíferasa sensible a la actividad de la VN. Este vector contenía elementos reguladores con consenso de unión al factor de transcripción CSL (CBF1, Su(H) y Lag-1) en su promotor, y demostraron que NAC-2 redujo la actividad de la lucíferasa en hasta un 50%. Sin embargo, los resultados obtenidos no proporcionaron una definición precisa del mecanismo de acción de NAC-2(Germán et al., 2021). Por tanto, siguiendo esta línea de investigación, en el presente proyecto se evaluará el papel de la proteína NAC-2 en la regulación negativa de la VN en diferentes líneas celulares de CM. Se investigará su impacto en la expresión génica y en los procesos celulares relacionados con la progresión de la enfermedad, con el potencial de convertirse en un objetivo terapéutico que puedan mejorar el tratamiento de este tipo de cáncer.

ANTECEDENTES. En 2016, Contreras-Cornejo, en su tesis doctoral, realizó ensayos de pull-down utilizando el dominio C-Terminal (CTD) de Su(H) y capturó la proteína NAC-2, no relacionada con la VN. Posteriormente, en colaboración con el Dr. Dieter Maier, mediante un ensayo de doble híbrido de levadura, se demostró la interacción entre NAC-2 y Su(H), sugiriendo que los dominios BTD y CTD de Su(H) son necesarios para esta interacción. Continuando con esta línea de investigación (Maciel-Ponce, 2019), en el marco de su tesis de maestría encontró que NAC-2 modula la actividad transcripcional de genes reporteros regulados por la VN, sugiriendo un papel en la regulación de estos genes, dependiendo de su concentración y elementos regulatorios. Aún es necesario investigar los genes específicos afectados por NAC-2. En 2020, Saucedo Correa diseñó un plásmido que expresa un péptido derivado de la proteína Hairless de Drosophila melanogaster (Saucedo-Correa et al., 2021), el cual regula negativamente la VN en células de cáncer de mama. Los resultados mostraron una disminución en la proliferación celular, un arresto en la fase G1-S y cambios en la expresión de genes como JAG2, NOTCH1 y NOTCH2. En conjunto, las metodologías aplicadas para el desarrollo de estos estudios, permitirán evaluar el papel de NAC-2 y la intervención en la VN como enfoques prometedores en la investigación del CM.

OBJETIVO. Evaluar el mecanismo de regulación negativa de la vía de señalización Notch por la proteína NAC-2 y su repercusión en la expresión de genes implicados en el crecimiento tumoral de células de cáncer de mama.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Realizar la detección eficiente de la proteína NAC-2 en las líneas celulares MCF-12F y MCF-7 transfectadas con el pHT-NACC-2. Evaluar el efecto de la sobreexpresión de la proteína NAC-2 en la viabilidad celular y la regulación del ciclo celular, de

las líneas celulares MCF-12F y MCF-7. Caracterizar los cambios en la expresión génica de proteínas dependientes de la Vía de Señalización Notch en las líneas celulares MCF-12F y MCF-7.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Clonación y purificación del vector pHT-*NACC-2*. Para clonar el gen *NACC-2*, utilizar el vector pHT-*NACC-2* (Fig.1), que incluye una proteína HaloTag® para facilitar el aislamiento y análisis de NAC-2 en células de mamíferos. Este vector contiene sitios de restricción para las enzimas AsiSI y XbaI, y genes de resistencia a neomicina y kanamicina para identificar bacterias transformadas. Introducir el vector en bacterias *E. coli* DH5α para su multiplicación y purificar el ADN plasmídico usando el kit Wizard® Plus SV Minipreps. Verificar la inserción correcta del gen mediante digestión enzimática con XbaI y AsiSI.

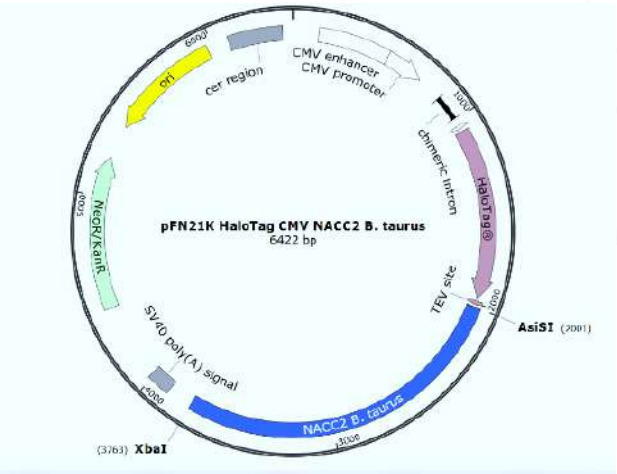


Figura 1. *Mapa circular del vector pHT-NACC-2. Se muestran puntos de referencia de corte de las enzimas XbaI y AsiSI (imagen tomada de la aplicación SnapGene Version 1.1.3).*

Líneas celulares y transfección. Utilizar las líneas celulares de adenocarcinoma de mama humano MCF-7 y células mamarias no tumorigénicas MCF-12F, cultivadas en medio DMEM-F12 Ham suplementado mediante la adición de 10% de suero fetal bovino (FBS, Gibco, Cat. No. 10437028), 100 U/ml penicilina y 100 µg/ml estreptomicina (suministrados por GIBCO-USA). Emplear el vector pCAG-GFP para la transfección y probar polietilenimina (PEI) en concentraciones de 1 a 6 µL en 1×10^6 células. Incubar durante 48 horas a 37°C con 5% de CO2 y visualizar la expresión de GFP mediante epifluorescencia

Detección de la proteína NAC-2. Para detectar la proteína NAC-2 en las líneas celulares transfectadas, emplear el ligando Oregon Green® de Promega Corporation. Asegurar que el ligando atraviese la membrana celular y se una de manera covalente e irreversible a la proteína HaloTag® fusionada con NAC-2. Permitir que las esterasas intracelulares eliminen los grupos de acetato del ligando para activar su fluorescencia. Observar la fluorescencia mediante citometría de flujo con un láser de excitación a 496 nm y un filtro de emisión a 516 nm. Analizar los datos utilizando el software FlowJo.

Ensayos de viabilidad celular y análisis del ciclo celular. Para evaluar el efecto citotóxico de NAC-2 en células MCF-7 y MCF-12, utilizar un ensayo MTT. Sembrar 5 × 10^3 células transfectadas por pocillo en placas de 96 pocillos e incubar durante 4 horas a 37°C con 5% de CO2. Añadir MTT, incubar por 4 horas adicionales, eliminar el sobrenadante y disolver los

cristales en DMSO. Medir la absorbancia a 595 nm. Para evaluar el ciclo celular, recolectar 1 × 10^6 células, fijarlas con etanol al 70%, lavar con PBS, teñir con PI y RNAsa, y analizar en un citómetro de flujo.

Reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa cuantitativa (RT-qPCR). Al obtener las muestras de ARN, realizar la retrotranscripción de la primera cadena a partir de 100 ng de ARN extraído utilizando el kit First Strand Synthesis (Qiagen). Cargar el ADNc en la matriz Human Notch RT² Profiler (Qiagen, Cat. PAHS-059Z, No. 330231) siguiendo las instrucciones del fabricante. Realizar la PCR en tiempo real en un termociclador StepOnePlus™ (Applied Biosystems, Thermo Fisher Scientific), utilizando SYBR Green como reactivo reportero para cuantificar los productos amplificados mediante fluorescencia.

RESULTADOS. Purificación y comprobación del plásmido pHT-*NACC-2*. Los resultados de la digestión enzimática del plásmido pHT-*NACC-2* con XbaI y AsiSI confirmaron la presencia de las secuencias de interés. La electroforesis en gel de agarosa al 1% mostró dos bandas distintas: una de aproximadamente 1760 pb, correspondiente al gen *NACC2*, y otra de aproximadamente 4668 pb, correspondiente al plásmido cortado (Fig. 2).

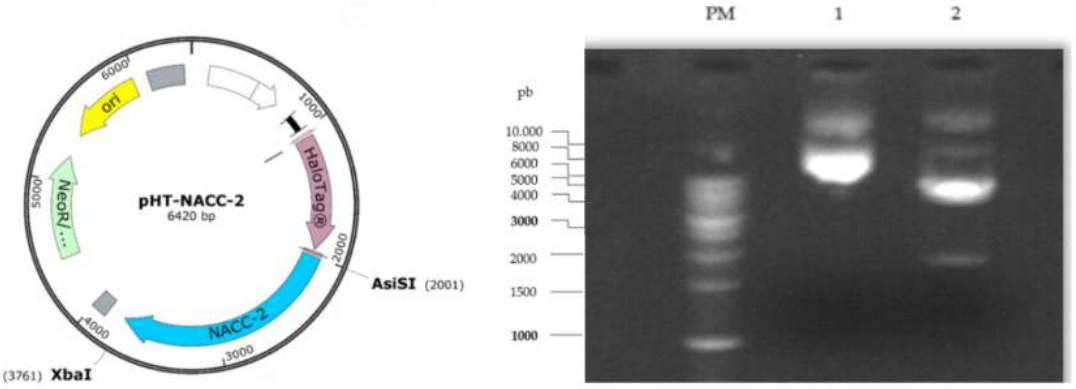


Figura 2. *Resultados de la digestión enzimática y electroforesis del plásmido pHT-NACC-2. La banda 1 representa el plásmido pHT-NACC-2 completo sin digerir (6420 pb). La banda 2 muestra el plásmido pHT-NACC-2 digerido con XbaI y AsiSI, revelando dos fragmentos: uno de 4668 pb correspondiente al plásmido digerido y otro de aproximadamente 1757 pb correspondiente al inserto del gen NACC-2.*

Determinación de la concentración optima de PEI para la transfección eficiente. La concentración óptima de PEI se determinó observando la fluorescencia emitida por las células transfectadas bajo el microscopio, lo que además permitió evaluar directamente la eficiencia de transfección. Se encontró que 4 µL de PEI ofrecía el mejor equilibrio, ya que mostró una fluorescencia intensa (Fig.3A) y un 44% de células transfectadas sin comprometer la viabilidad celular (Fig.3C). En contraste, 2 µL de PEI generó una fluorescencia moderada (Fig.3B) y una eficiencia del 31%, mientras que 5 y 6 µL, aunque aumentaron la fluorescencia, causaron una toxicidad significativa, con porcentajes de transfección de 24% y 14%, respectivamente. Estos resultados sugieren que concentraciones superiores a 4 µL reducen la eficiencia debido a efectos tóxicos, y confirman que 4 µL es la concentración más eficaz para maximizar la transfección manteniendo la viabilidad celular.

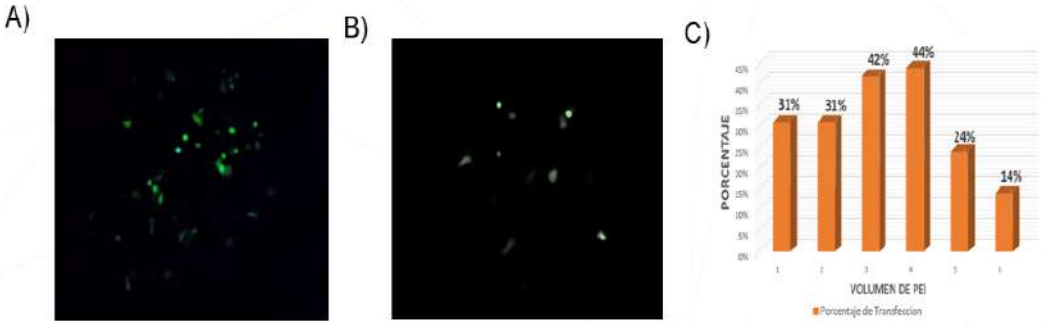


Figura 3. *Visualización de células transfectadas con diferentes concentraciones de PEI. A) Transfección utilizando 2 µl de PEI, mostrando una fluorescencia moderada; B) Transfección utilizando 4 µl de PEI, mostrando una fluorescencia intensa; C) Gráfico de barras que muestra el porcentaje de transfección con diferentes volúmenes de PEI,*

Se espera que la sobreexpresión de NAC-2 disminuya la proliferación de células MCF-7, lo que indicaría su papel inhibidor en la VN. Además, la proteína NAC-2 podría inducir un arresto del ciclo celular, inhibiendo la progresión del ciclo celular en la línea celular MCF-7. Un resultado esperado en la expresión génica de genes involucrados en la vía Notch en células de cáncer de mama transfectadas con NAC-2 podría ser una disminución significativa en la expresión de genes clave de esta vía, como *NOTCH1*, *JAG2*, y *HES1*, que están asociados con la proliferación y supervivencia celular. NAC-2, al actuar como regulador negativo, podría inhibir la señalización de Notch, reduciendo la transcripción de estos genes.

REFERENCIAS.

1. Saucedo-Correa, G., Bravo-Patiño, A., Nuñez-Anita, R., Oviedo-Boyso, J., Valdez-Alarcon, J., & Manuel, V. (2021). The Notch Signaling Pathway and Breast Cancer: The Importance of Balance and Cellular Self-Control. Current Signal Transduction Therapy, 16(1), 38-50. https://doi.org/10.2174/1574362414666190916120659.
2. Krishna, B. M., Jana, S., Singhal, J., Horne, D., Awasthi, S., Salgia, R., & Singhal, S. S. (2019). Notch signaling in breast cancer: From pathway analysis to therapy. Cancer Letters, 461, 123-131. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2019.07.012
3. Pandey, P., Khan, F., Choi, M., Singh, S. K., Kang, H. N., Park, M. N., Ko, S.-G., Sahu, S. K., Mazumder, R., & Kim, B. (2023). Review deciphering potent therapeutic approaches targeting Notch signaling pathway in breast cancer. Biomedicine & Pharmacotherapy, 164, 114938. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114938.
4. Saucedo-Correa, G., Nuñez-Anita, R. E., Maciel-Ponce, U., & Contreras-Cornejo, H. (2021). A peptide derived from D. melanogaster Hairless protein promotes the negative regulation of Notch Aberrant Constitutive Signaling on human breast cancer cells.
5. Maciel-Ponce, U., (2019). Functional characterization of the NAC-2 protein in the negative regulation of gene expression mediated by the Notch signaling pathway [Master's thesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524153**

IMPACTO DE LA SEMANA DEL CEREBRO Y EL USO DE TECNOLOGÍAS COMO MOTIVADORES EN LA ELECCIÓN DE CARRERAS CIENTÍFICAS ENTRE ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA

Luis Miguel Vázquez Rangel[1], Ericka González Cancino[2], Ma Salud Ferreira Rodríguez[3], Ana Bertha Rodríguez Medina[4], Luis Fernando Ortega Varela[5], Marcia Yvette Gauthereau Torres[6], Carmen Judith Gutiérrez García[7]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Salud Pública y Enfermería; luis.miguel.vazquez@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Salud Pública y Enfermería; ericka.gonzalez@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Salud Pública y Enfermería; salud.ferreira@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Salud Pública y Enfermería; ana.rodriguez@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Salud Pública y Enfermería; luis.ortega@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas; marcia.gauthereau@umich.mx

7TecNM / Instituto Tecnológico de Morelia, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica; carmen.gg@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Semana del cerebro, carrera científica, uso de tecnología.

RESUMEN. La Semana del Cerebro es un evento que se realiza anualmente para despertar el interés por las neurociencias a través de actividades interactivas, conferencias y demostraciones prácticas. Este estudio examina cómo la exposición a estos eventos, combinada con el uso de tecnologías computacionales, puede motivar a los estudiantes a considerar carreras en el campo de las ciencias. El uso de tecnologías computacionales se enfoca en herramientas interactivas, simuladores, y plataformas de aprendizaje que permiten a los estudiantes explorar conceptos científicos de manera más atractiva y comprensible. La investigación se centra en determinar si estas herramientas y experiencias pueden cambiar o reforzar las percepciones de los estudiantes sobre las carreras científicas, y en qué medida estas actividades afectan sus decisiones a la hora de elegir una especialización. Se recogieron datos a través de encuestas y entrevistas con estudiantes que participaron en la Semana del Cerebro, analizando sus percepciones antes y después del evento. Los resultados del estudio sugieren que la combinación de actividades prácticas y el uso de tecnologías avanzadas no solo aumenta el interés de los estudiantes por las ciencias, sino que también mejora su comprensión de lo que implica una carrera en este campo. En última instancia, el estudio ofrece una valiosa perspectiva sobre cómo las estrategias educativas que integran eventos temáticos y tecnología pueden ser eficaces en la promoción de carreras científicas entre los jóvenes, especialmente en contextos educativos como el de la Universidad Michoacana.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, las estrategias educativas buscan innovar para captar el interés de los estudiantes hacia disciplinas clave, como las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Eventos como la Semana del Cerebro y el uso de tecnologías computacionales ofrecen experiencias educativas inmersivas que permiten una mayor comprensión de las ciencias. En este contexto, resulta fundamental explorar si estas iniciativas pueden influir de manera significativa en la elección vocacional de los estudiantes de

bachillerato, particularmente en el contexto de la Universidad Michoacana, por tal motivo, se hizo el esfuerzo de realizar actividades en tres días y tres diferentes locaciones, las cuales fueron la preparatoria Melchor Ocampo, el Colegio de San Nicolás y La Facultad de Salud Pública y Enfermería todas ellas dependencias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ANTECEDENTES. El interés por las carreras científicas ha sido tradicionalmente limitado entre los jóvenes, en parte debido a la percepción de dificultad y falta de comprensión clara de las disciplinas implicadas (OECD, 2019). La Semana del Cerebro es una iniciativa educativa internacional que busca popularizar el estudio del cerebro a través de actividades interactivas y divulgativas, estimulando el interés por las neurociencias. Por otro lado, el uso de tecnologías computacionales, como simuladores, realidad aumentada y plataformas interactivas, ha demostrado ser una herramienta eficaz para hacer que las ciencias sean más accesibles y atractivas para los estudiantes (González & Fernández, 2020).

OBJETIVO. evaluar el impacto de la Semana del Cerebro y el uso de tecnologías computacionales en la motivación de estudiantes de bachillerato para elegir carreras científicas.

OBJETIVOS **PARTICULARES**. Determinar si la participación en la Semana del Cerebro influye en las decisiones vocacionales. Evaluar la efectividad del uso de tecnologías computacionales como herramientas motivacionales en la elección de carreras científicas. Analizar si este tipo de actividades promueve el interés por la ciencia.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Diseño de investigación. Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo y cualitativo. Se utilizó una encuesta estructurada aplicada a una muestra los alumnos participantes.
Población y muestra. En dicho evento hubo una afluencia de 1500 participantes, tomándose en cuenta para el estudio una muestra compuesta por 187 estudiantes de las preparatorias Melchor Ocampo, Colegio de San Nicolás y La Facultad de Salud Pública y Enfermería todas ellas dependencias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que participaron en la Semana del Cerebro. Los estudiantes fueron seleccionados mediante un muestreo aleatorio simple.
Instrumentos de recolección de datos. Se utilizó una encuesta solicitando datos demográficos, además de 5 preguntas en escala Likert y 7 preguntas abiertas para medir el interés del evento y su relación con la selección de las carreras científicas y el uso de tecnologías computacionales.
Procedimiento. Los estudiantes de las diferentes dependencias realizaron un recorrido en 4 stands de los cuales 3 realizaban actividades utilizando dinámicas, materiales didácticos y técnicas tradicionales; en el cuarto se tuvo apoyo del uso y aplicación de tecnologías de la información y comunicación (tics). El levantamiento de datos se realizó al finalizar el recorrido de los 4 stands del evento.

RESULTADOS. Referente al sexo se pudo notar que existió mayor participación por parte de las mujeres siendo un 62.03% de mujeres frente a 37.97% de hombres.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado

Válido	Hombre	71	37.97	37.97	38.0
	Mujer	116	62.03	62.03	100.0
	Total	187	100.0	100.0	

Tabla 1. Sexo de los participantes en la Semana del Cerebro 2024

Sobre la importancia de abordar temas científicos en este tipo de actividades el 96.2% lo ve de forma positiva y un 3.8% tiene ciertas dudas al respecto. Aquellos que contestaron de forma positiva, mayormente mencionan que estos temas se les hacen interesantes ya que les ayuda a la comprensión sobre las funciones del cerebro y que además las dinámicas les permiten salir de su rutina.

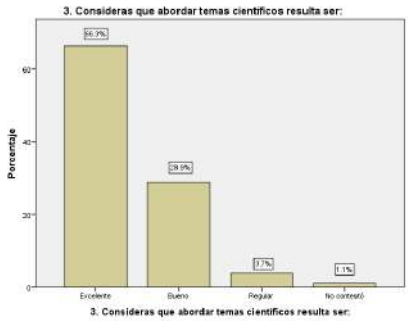


Figura 2. *Percepción de la importancia de abordar temas.*

Cuando se interroga al encuestado si le gustaría tener una profesión relacionada con la ciencia el 41.7% contesta de forma afirmativa y un 24% aun no lo saben, esto último se debe a qué ver algunos de los encuestados aún no tiene claro sus intenciones en su formación académica por el grado que cursan. También con los datos obtenidos se puede establecer la hipótesis de que hay una gran relación entre el lugar donde se estudia y el gusto por dedicarse a una profesión relacionado con la ciencia, siendo que al usar la prueba de chi cuadrado de Pearson el valor de significancia es de 0.010, dicho dato es inferior a 0.05, permitiendo establecer la relación del lugar donde estudian con el dedicarse a una profesión de ciencia. También se puede notar que las mujeres tienen más interés que los hombres.

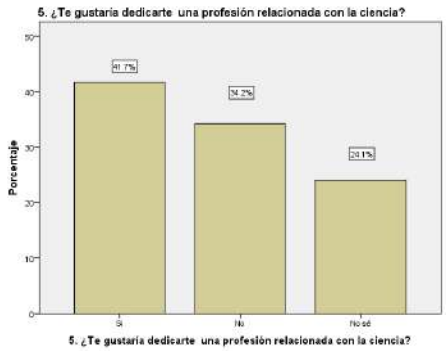


Figura 3*. Preferencia de los participantes para estudiar una profesión relacionado con la ciencia.*

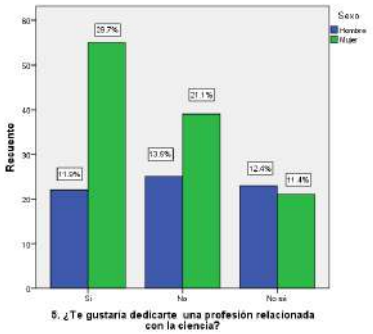


Figura 4. *Preferencia por sexo de los participantes para estudiar una profesión relacionado con la ciencia.*

Se cuestionó sobre la actividad que más gustó, siendo la tercera dimensión y realidad virtual con una preferencia de 46.1% (estas actividades usaban predominantemente el uso de las TICS), seguida de las actividades Bioquímica del amor y Ansiedad y Miedo con el 21.6%, Funciones del cerebro con 16.8, ¿Qué hace la corteza cerebral? Revoltura de palabras con 8.4% y un 7.2% comentan que les gustaron todas las actividades por igual

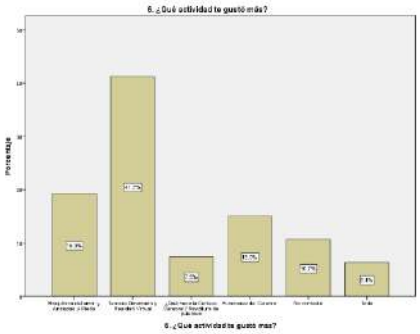


Figura 5. *Gusto por las actividades realizadas en los stands de la semana del cerebro.*

CONCLUSIONES. Los resultados sugieren que la participación en la Semana del Cerebro, tiene un impacto positivo en la motivación de los estudiantes para considerar carreras científicas, además el uso de tecnologías computacionales favorece el interés de los estudiantes en dichas carreras. Los participantes consideran de gran importancia este tipo de temáticas en su formación y por consiguiente en la elección de su preparación profesional. Con los datos obtenidos se puede observar que en las dependencias participantes existe un 29.7% de mujeres con interés para dedicarse a una profesión relacionada con la ciencia.

AGRADECIMIENTOS. El siguiente trabajo se realizó con apoyo de los proyectos ICTI-PICIR23-058 e IBRO/DANA BAW-3828071075.

REFERENCIAS.

González, P., & Fernández, L. (2020). La tecnología como herramienta motivacional en la educación STEM. Revista de Innovación Educativa, 14(2), 45-62.
OECD. (2019). Education at a Glance 2019: OECD Indicators. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f8d7880d-en

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524154**

USO DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y SU AFECTACIÓN EN LA CALIDAD DE SUEÑO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Alicia Erendira Vargas Gutiérrez[1], Alondra Alvarez Ruíz[2], Carolina Santillán Herrejón[3], Melisa Dolores Ortiz Merino[4], Victor Hugo Lemus Cruz[5], Salvador Ortega Munguía[6]

Palabras Clave: universitarios, calidad de sueño, dispositivos electrónicos, Pittsburg, Tecnoadicción.

RESUMEN. Este trabajo tuvo como objetivo conocer la relación que existe entre el uso de aparatos electrónicos y la calidad de sueño de estudiantes universitarios. La investigación se llevó a cabo con la participación de un número estimado de 335 estudiantes universitarios de entre 17 y 28 años, todos de distintas carreras de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Mediante un consentimiento informado se aplicó la Escala de Pittsburgh la cual evalúa la calidad del sueño durante un intervalo de un mes. Así como también se utilizó la Escala de Tecnoadicción de Salanova en donde se miden dos dimensiones, el uso compulsivo y excesivo de la tecnología. Para el análisis estadístico se utilizó JASP versión 0.18.3, en donde se obtuvo una correlación de 0.216, aceptando así que si existe una relación entre el uso de dispositivos electrónicos y una buena calidad de sueño.

INTRODUCCIÓN. La presente investigación trata la relación entre el uso de dispositivos electrónicos y la calidad de sueño, que se puede definir como la influencia que ejerce el uso de distintos aparatos tecnológicos sobre la satisfacción que percibe un individuo después de dormir. En este proyecto, se hará enfoque en el uso excesivo de dispositivos electrónicos antes de acostarse y cómo interfiere con la capacidad de conciliar el sueño, lo que en última instancia podría resultar en una mala calidad del sueño. Para poder entender el término de 'calidad de sueño', podemos empezar con que el sueño es una necesidad vital del cuerpo humano cuya función es el descanso y renovación de diversos procesos del organismo que se obtiene al dormir. Por otro lado, se podría definir como, "una función biológica de gran importancia para la mayoría de los seres vivos. Los estudios sobre el sueño han demostrado que durante este proceso se produce una diversidad de sucesos biológicos de gran significación, como la conservación de la energía, la regulación metabólica, la consolidación de la memoria, la eliminación de sustancias de desecho, activación del sistema inmunológico, etc" (Carrillo, Barajas, Sanchez y Rangel, 2018). Entonces, agregando el término de 'calidad', podemos intuir que la calidad de sueño hace referencia al grado de satisfacción que percibe un individuo de su descanso después de dormir. Aunque Carrillo (2013) también le incluye aspectos como la duración, latencia, número de despertares, etc; y aspectos subjetivos como la percepción de un sueño reparador y profundo, es decir, levantarse con la sensación de sentirse descansado y con energía suficiente para afrontar un nuevo día, lo que significa un sueño saludable.

Ahora bien, la problemática surge cuando hay un mal manejo del tiempo promedio que pasa expuesta una persona ante distintos aparatos electrónicos. Roca Belijar (2019) destaca que, "las tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), se encuentran totalmente difundidas en nuestra sociedad actual, tanto es así que ya no es extraño ver a cualquier persona llevando y/o

utilizando un móvil o un ordenador con observable asiduidad". Este fenómeno ayuda a comprender por qué un número cada vez mayor de jóvenes desarrolla hábitos nocivos relacionados con el uso de las tecnologías y cómo éstas se asocian con una mala calidad del sueño, dejando clara la relación entre el uso de dispositivos electrónicos y la calidad de sueño.

El hábito principal por resaltar sería el notable retraso del ritmo circadiano o reloj biológico, que sabemos "Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo de alrededor de 24 horas…y que responden, principalmente, a la luz y la oscuridad en el ambiente en el que vive un organismo" (Perdomo, 2017). Es decir, nuestro reloj biológico reconoce cuando está oscuro y cuando hay luz y lo interpreta como día y noche.

En este sentido, varios estudios han evidenciado que son los adolescentes, especialmente, quienes tienden a retrasar su hora de dormir, ocasionando una falta de sueño de manera crónica y somnolencia diurna, debido al uso de estos dispositivos antes de irse a dormir (Gimenez et al.,2016). Es así que podemos decir que, al provocar el alargamiento de su hora de descanso, al mismo tiempo que se exponen a la luz de diversos dispositivos electrónicos, su organismo sufre un desfase de su ciclo biológico dando como resultado una mala calidad de sueño, lo que a la mañana siguiente da el sentimiento de somnolencia.

Valiño, Usieto y Cuartero (2016) hablan sobre que "El dormir es un proceso biológico básico que influye sobre todas las funciones del cuerpo y que interactúa de modo bidireccional con todos los aparatos y sistemas del organismo. Por lo que dormir bien es una señal positiva en nuestra vida y disfrutar de la cantidad y calidad de sueño suficiente es fundamental para mantener una buena salud física y mental". Es entonces el por qué resulta problemático que un proceso tan importante para el funcionamiento de nuestro cuerpo sea interrumpido por el uso excesivo de dispositivos electrónicos, que como podemos ver "el uso excesivo de las redes sociales se relaciona con efectos negativos en el sueño, las relaciones interpersonales, el desempeño laboral y escolar. Se considera que las TIC desplazan o interrumpen el tiempo de sueño, proveen contenido estimulante y alteran el ciclo circadiano" (Celis, Benavides, Del Cid, Iraheta y Menjívar, 2022). Y debido a lo anterior es que se pretende determinar el rol ejercido por el uso y abuso de dispositivos electrónicos en el desarrollo de una mala calidad de sueño.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas. En los últimos años se ha observado un aumento en el uso de aparatos electrónicos, más específicamente pantallas, teniendo por principales causas: los mismos avances tecnológicos, el entretenimiento digital, la socialización virtual, trabajo y educación, entre otros. Considerando también el más reciente suceso que hizo aumentar todas estas instancias en la digitalización, la pandemia por Covid-19. Según un artículo publicado por una revista de la Universidad CES por Oliveira, Santos y Alves (2022) sólo en niños, ha habido un aumento en la exposición a pantallas digitales con un promedio de más de 3 horas diarias. Esta exposición durante la pandemia ha causado deterioros en las funciones cerebrales, entre ellas, el sueño.

Es así como, en este proyecto de investigación se enfocará en el impacto que tiene el uso de dispositivos electrónicos en la calidad de sueño en universitarios de diversas carreras. Ya que estimamos que específicamente los universitarios son de los grupos que más se han visto influenciados por la digitalización, o como se indica

"El uso de dispositivos tecnológicos ha aumentado en la actualidad en tanto su utilización se ha vuelto necesaria para desarrollar actividades académicas. Esto se evidencia en ambientes universitarios, donde se ha incrementado su uso como herramientas básicas para el desempeño académico, por cuanto muchas actividades del quehacer requieren algún tipo de dispositivo electrónico, desde el material bibliográfico hasta el desarrollo de trabajos evaluados" (Meza, Moris, Muñoz y Alcaraz, 2022). En un trabajo antecedente sobre el uso de dispositivos electrónicos en la calidad de sueño en estudiantes universitarios, Jennifer Pérez (2019) obtuvo:

"Se obtuvo una muestra no probabilística por conveniencia conformada en un Inicio por 155 estudiantes de los cuales sólo 109 estudiantes (54 hombres y 55 mujeres), completaron los cuestionarios; con un rango de edad entre 18 a 26 años con una media de edad de 20.23±2.28, todos los individuos se encontraban cursando alguna licenciatura de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se usaron dos cuestionarios; uno sobre los hábitos del dormir y otro sobre uso de dispositivos electrónicos, al igual que el índice de calidad de sueño de Pittsburg. Donde, finalmente, se llegaron a varias conclusiones como que; El uso de dispositivos electrónicos en la noche afecta la calidad de sueño, principalmente en la duración del dormir y, la latencia del sueño; Los estudiantes que utilizan los dispositivos electrónicos en la noche presentan disfunción diurna; Los estudiantes que utilizan los dispositivos electrónicos en la noche presentan alteraciones del sueño en la que se destacan los despertares nocturnos, roncar o sentir frio o calor y preocupaciones académicas; Los estudiantes con malos hábitos de sueño utilizan con mayor frecuencia los dispositivos electrónicos especialmente el celular y algún reproductor de música; Se presentan patrones irregulares de sueño entre los fines de semana y los días entre semana; Los estudiantes en promedio están durmiendo aproximadamente cinco horas que son menores a las recomendadas; Un poco más de la mitad de los estudiantes (65.1%) presentan sueño insuficiente por lo que realizan siestas; La edad de inicio de uso de los dispositivos electrónicos es en edades tempranas, específicamente en la infancia y en los primeros años de la adolescencia, entre otros".

Para este proyecto de investigación se hará uso de dos escalas: La escala de Tecnoadicción del cuestionario red-tecnoestrés, adaptada y validada a la población laboral mexicana por Villavicencio y Cazares (2021) que mide la adicción a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Por otro lado, también se hará uso del índice de calidad de sueño de Pittsburg, que se considera uno de los métodos más adecuados para la evaluación cuantitativa de la calidad del sueño en diferentes poblaciones clínicas. Se trata de un cuestionario diseñado para evaluar aspectos cualitativos y cuantitativos de la calidad del sueño en el mes previo a su aplicación (Carralero et al, 2013).

(Justificación) La importancia de la presente investigación reside en analizar la relación entre el uso exagerado de aparatos electrónicos y la mala calidad de sueño.

Hoy en día el uso de dispositivos electrónicos es excesivo, esto debido a que las personas al utilizarlos llegan a perder la noción del tiempo, lo que obtiene como consecuencia no poder descansar correctamente durante las noches. Esta investigación nos podría ayudar para saber que una de las afectaciones más grandes para tener una sana calidad de sueño es el uso de estos dispositivos.

OBJETIVO. determinar los efectos que tiene el uso anormal de aparatos electrónicos -tabletas, teléfonos, computadoras, televisores, etc.- en la calidad de sueño entre estudiantes universitarios.

OBJETIVO PARTICULAR. Aplicar dos cuestionarios distintos, uno relacionado a calidad de sueño y otro al uso de aparatos electrónicos. Se aplicarán la Escala de Pittsburg y la Escala de Tecno-adicción de Salanova et al.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Método. La presente investigación tiene un diseño no experimental, de tipo correlacional con un diseño transversal. Para recabar la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia.

Participantes. En este trabajo la muestra estuvo determinada por 335 estudiantes universitarios los cuales están distribuidos de la siguiente manera: derecho (28), medicina (51), ingenierías (57), psicología (30), arquitectura (15), contaduría (6), mercadotecnia
(8), biología (4), artes (4), nutrición (2), entre otras. Pertenecientes a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, quienes participaron de manera voluntaria y mediante consentimiento informado en este estudio.
La muestra está conformada por un 35.63% de hombres y un 64.38% de mujeres.
El rango de edad de los participantes de este estudio oscila entre 17 y 28 años con una media de 20.57.
Instrumentos. Se utilizó la Escala de Pittsburgh que según Carralero, Hoyos y Deblas (2013) fue desarrollada por el Departamento de Psiquiatría de la Universidad de Pittsburgh en 1988, es un cuestionario que evalúa tanto aspectos cualitativos como cuantitativos de la calidad del sueño en el mes previo a la aplicación del mismo. Consta de 24 preguntas, de las cuales 19 deben de ser respondidas por el propio sujeto y las 5 restantes por el compañero de habitación si lo hubiere. Tras la corrección se obtienen 7 puntuaciones que nos informan sobre diversos aspectos de la calidad del sueño: la calidad subjetiva, la latencia (el tiempo que la persona cree que tarda en dormirse), la duración, la eficiencia habitual (porcentaje de tiempo que la persona cree que está dormido sobre el total de tiempo que permanece acostado), las perturbaciones (alteraciones como dolor, frío, nicturia, tos, etc.), el uso de hipnóticos, y la disfunción diurna (presentándose como la facilidad de quedarse dormido mientras se realiza alguna actividad o como un mayor cansancio diurno). A cada uno de estos componentes se le asigna una puntuación discreta que puede ir de 0 a 3; indicando un puntuación de 0 que no existen problemas respecto, mientras que una de 3 señala problemas graves. La versión validada al castellano de esta prueba demostró tener, en la población general, una consistencia interna (Coeficiente alfa de Cronbach) de 0,81, con una sensibilidad de 88,66%, una especificidad del 74, 99% y un valor predictivo de 80,66%. Así mismo se utilizó la Escala de Tecnoadicción del cuestionario Red-tecnoestrés. Adaptado y validado por Villavicencio y Cazares (2021), compuesta por doce reactivos con una escala tipo Likert, de siete puntos (donde 1 es total desacuerdo y 6 es total acuerdo), que mide dos dimensiones, el uso compulsivo y excesivo de la tecnología. La consistencia interna (alfa de Cronbach) de la escala es de 0,85. (Villavicencio y Cazares, 2021)
Procedimientos. Estuvo dividido en dos fases. La primera, incluyó la adaptación de las escalas. Se inició con la modificación de reactivos vigilando la equivalencia cultural y el lenguaje. La evaluación de la validez de contenido se realizó mediante una evaluación del profesor encargado, en donde se calificó la prueba diseñada. La segunda fase consistió en la aplicación de las pruebas. Para ello se acordó una fecha y hora donde los investigadores se dirigieron a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para la aplicación. Una vez dentro se buscó a los participantes de manera aleatoria, donde se les ofreció participar de manera voluntaria en la prueba. En total, se encuestaron 335 individuos, de los cuales 206 fueron mujeres y 114 fueron hombres.
El cuestionario constaba de 34 ítems, distribuidas en 12 preguntas provenientes de la Escala de Tecnoadicción de Salanova y 22 preguntas provenientes de la Escala de Pittsburgh, estas últimas incluían tanto ítems de opción múltiple como abiertas, se centran en detallar el uso que la persona le daba a los dispositivos electrónicos y como era sueño del individuo. Las escalas se aplicaron durante tres días consecutivos. Se utilizó un solo método para la recolección de datos, la cual fue en papel. Estas se distribuyeron en las aulas y áreas comunes de la universidad. Los investigadores recibieron capacitación para asegurar la correcta

administración de las encuestas y la resolución de cualquier duda de los participantes. Antes de responder a las encuestas, todos los participantes fueron informados sobre los objetivos del presente estudio y se les aseguró la confidencialidad de sus respuestas. Las respuestas que se recolectaron durante esos tres días se foliaron y se almacenaron en un lugar seguro para su posterior digitalización. Los datos recolectados se analizaron utilizando JASP (un software estadístico) para poder obtener los análisis pertinentes según los objetivos del presente estudio. Los resultados fueron segmentados por variables demográficas como género, edad y carrera para una interpretación más detallada.

Análisis de datos. Una vez completada la recolección de los datos, se procedió a su análisis estadístico, se utilizó JASP versión 0.18.3; se calcularon las frecuencias y los porcentajes para las variables sociodemográficas, el uso de las tecnologías y la calidad del sueño, así como las puntuaciones promedio y las desviaciones típicas para las variables bajo estudio. Se midieron asimismo los coeficientes de correlación de Pearson con el propósito de identificar la relación entre la calidad de sueño y el uso de los dispositivos electrónicos.

REFERENCIAS.

1. Almodóvar F. S., Castellanos O. E., Núñez L. E., Arias A. y Tejera M. A. (2023) Estudio transversal sobre hábitos de sueño y nuevas tecnologías en estudiantes de ciclos formativos. Revista española de salud pública. Vol.97, 1-14.
2. Carralero, G. P., Hoyos M. F. y Deblas S. A. (2013) Calidad del sueño según el Pittsburg Sleep Quality Index en una muestra de pacientes recibiendo cuidados paliativos. Revista de medicina paliativa, vol.20 (2) doi: https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-paliativa-337-articulo-calidad- delsueno-segun-el-S1134248X12000560
3. Carrillo M. P., Barajas M. KG., Sánchez V. I., y Rangel C. MF. (2018). Trastornos del sueño: ¿qué son y cuáles son sus consecuencias? Revista de la Facultad de Medicina (México), Vol.61 (1), 6-20. Recuperado en 08 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026174220180001 00006&lng=es&tlng=es.
4. Carrillo M. P., Ramírez P. J. y Magaña V. K. (2013). Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. Revista de la Facultad de
5. Medicina (México), 56(4), 5-15. Recuperado en 08 de junio de 2024, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026174220130004 00002&lng=es&tlng=es.
6. Celis I. J. A. Benavides R. M. A. Del Cid A. M. P. Iraheta L. D. C. y Menjívar S. H.
7. E. (2022) Uso y abuso de dispositivos móviles y su rol en el desarrollo de trastornos del sueño en adolescentes. Revista científica del Instituto Nacional de Salud, Vol.5 (1), doi: https://doi.org/10.5377/alerta.v5i1.11247
8. Giménez B. S., Albares T. J., Canet S. T., Jurado L. M., Madrid P. J. A., Merino M., & Sellés G. F. (2016). Trastorno de retraso de la fase del sueño y del despertar. Síndrome de retraso de fase. Pediatría Atención Primaria, vol.18(71), 129-139. Recuperado en 08 de junio de 2024, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139763220160003000 17&lng=es&tlng=es.
9. Ji-Bin Li, Joseph TF Lau, Phoenix KH Mo, Xue-Fen Su, Jie Tang, Zu-Guo Qin y Danielle L. G. (2017) El insomnio medió parcialmente la asociación entre el uso problemático de internet y la depresión entre estudiantes de secundaria en China. Adicto al comportamiento J. Vol.6(4), 554-563. Meza C.,
10. Moris D. E., Muñoz J. y Alcaraz M. (2022) Uso de tecnologías y su relación con la calidad del sueño en estudiantes de psicología. En E. Bouey y A. Rubio (Eds.), En Investigaciones de estudiantes de pregrado de psicología UDP2022. Estudios en un contexto complejo y cambiante. (pp. 102-120)
11. Oliveira P. V L. B., Santos E. I. A., y Alves S. M. N. (2022) Impactos del aumento del tiempo de exposición a pantallas digitales en la infancia durante la pandemia de Covid-19. Revista CES salud pública y epidemiología.
12. Vol.1(2) doi: https://doi.org/10.21615/cesspe.7172
13. Perdomo, P. D., (2017). Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2017. Gaceta Médica de Caracas, vol.125(4), 263-265. Recuperado en 08 de junio de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367476220170004 00001&lng=es&tlng=es.
14. Pérez Vázquez, Jennifer. (2019). "El impacto del uso de dispositivos electrónicos en la calidad de sueño en estudiantes universitarios". (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Psicología, UNAM. Recuperado de https://repositorio.unam.mx/contenidos/3504725
15. Roca, B. C., (2019). Adicción a las Tecnologías: Adolescencia, familias yTrabajo Social. Revisión teórica del fenómeno. AZARBE, Revista Internacional de Trabajo Social y Bienestar, (8), 71–80.doi: https://doi.org/10.6018/azarbe.395081

16. Sales M., Cheng L., Mafaldo T., Araújo V. y Farias J. (2015) Prevalencia de tiempo excesivo frente a la pantalla y factores asociados en adolescentes. Revista paulista de pediatría de la sociedad de pediatría de Sao Paulo, vol.33(4) 407-414.
17. Simon Kemp (2024) Digital 2024: Global overview report https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report Valiño,
18. M. J. Usieto, E. y Cuartero M. P. (2016) Sueño, salud y trabajo. Revista Enfermería Del Trabajo, Vol.6 (3)
19. Villavicencio A. E. y Cazares A. M. (2021) Adaptación y validación de la escala de tecnoadicción del cuestionario red-tecnoestrés, en una población laboral mexicana. Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México, Vol.29 (1) doi: https://doi.org/10.48102/pi.v29i1.176
20. Carralero, G. P., Hoyos M. F. y Deblas S. A. (2013) Calidad del sueño según el Pittsburg Sleep Quality Index en una muestra de pacientes recibiendo cuidados paliativos. Revista de medicina paliativa, vol.20 (2) doi: https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-paliativa-337-articulo-calidad- delsueno-segun-el-S1134248X12000560
21. Dube N, Khan K, Loehr S, Chu Y, y Veugelers P. (2017) The use of entertainment and communication technologies before sleep could affect sleep and weight status: a population-based study among children. Int J Behav Nutr Phys, Vol.14(1), DOI: 10.1186/s12966- 017-0547-2 .
22. Johansson AEE, Petrisko MA. y Chasens ER. (2016) Adolescent Sleep and the Impact of Technology Use Before Sleep on Daytime Function. J Pediatr
23. Nurs. Vol.31 (5): 498-504. DOI: 10.1016/j.pedn.2016.04.004
24. Villavicencio A. E. y Cazares A. M. (2021) Adaptación y validación de la escala de tecnoadicción del cuestionario red-tecnoestrés, en una población laboral mexicana. Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México, Vol.29 (1) doi: https://doi.org/10.48102/pi.v29i1.176

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524155

FILTRO SOLAR FACIAL EN BARRA CON COLOR ELABORADO A PARTIR DE INGREDIENTES DE ORIGEN NATURAL

Laura Marisol Galván De Los Santos[1], Itzel Estefanía Pineda Solís[2], Flora María Cabrera Matías[3], Ana Gabriela Campos Arroyo[4]

1. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología; 1900264a@umich.mx*
2. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología. 1900030h@umich.mx*
3. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología. flora.cabrera@umich.mx*
4. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología. ana.campos@umich.mx*

Palabras Clave: Barra facial, filtro solar, ingredientes naturales.

RESUMEN. La exposición a los rayos ultravioleta y la falta de uso correcto en la fotoprotección diaria son unos de los principales factores causantes de diversas afecciones en la piel como la hiperpigmentación, cáncer, envejecimiento, entre otras. En este sentido, actualmente existe mayor preferencia en utilizar productos cosméticos con tendencia de origen natural para el uso diario. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue formular un filtro solar facial en barra con color elaborado a partir de ingredientes de origen natural. El enfoque fue cuantitativo, con alcance descriptivo. Las formulaciones para el filtro solar en barra se obtuvieron a partir de un análisis bibliográfico en diversas bases de datos, para la elaboración de dicha barra se utilizaron las Buenas prácticas de fabricación en productos cosméticos, la NOM-259-SSA1-2022, productos y servicios y la NOM-141-SSA1/SCFI-2012, etiquetado para productos cosméticos preenvasados. Etiquetado sanitario y comercial. Como resultado se obtuvo una barra con función de filtro solar en un factor de protección solar de 30, con ingredientes de origen natural como Camellia sinensis, Curcuma longa y Rosa gallica, la cual no deja residuos y presenta color para diversos fototipos de piel. Se concluye que existen diversos activos de origen natural que presentan propiedades hidratantes, FPS, color, entre otras que permiten la formulación de productos cosméticos con tendencia natural y sostenibles para el cuidado de la piel.

INTRODUCCIÓN. La excesiva exposición a los rayos UV puede causar diferentes reacciones deteriorando la piel y provocando manchas, eritema solar, paño, alergias, quemaduras solares, entre otras. Así mismo, la exposición frecuente y prolongada durante muchos años es la principal causa de cáncer en la piel (Medline Plus, 2021). De acuerdo con la OMS (2022) en 2020 se diagnosticaron en el mundo más de 1,5 millones de casos de cáncer de piel y se registraron más de 120 000 defunciones asociadas por esta causa. Además, se calcula que en el mundo hay 15 millones de personas que se han quedado ciegas debido a las cataratas y que el 10 % de estos casos puede deberse a la exposición a la radiación ultravioleta. Aunado a esto, la exposición excesiva al sol de los niños y adolescentes puede contribuir a que sufran cáncer de piel en la edad adulta. Por su parte, las personas que no tienen mucha melanina y se queman fácilmente con el sol, deberían protegerse cubriendo las áreas sensibles, utilizando bloqueador solar, limitando su tiempo total de exposición y restringiendo su tiempo de exposición al sol entre las 10 horas y las 14 horas (Medline Plus, 2021). Así mismo, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) realiza las siguientes recomendaciones: Limitar el tiempo de exposición solar durante el

mediodía, resguardarse en la sombra cuando sea mayor la intensidad de los rayos ultravioletas, usar ropa para protegerse, sombreros y gafas de sol, proteger a los niños de largos periodos al sol y utilizar una crema con amplio espectro de protección solar (ONU, 2022). Los protectores solares son capaces de atenuar la radiación ultravioleta a través de dos procesos principales: dispersión y absorción. Estos procesos no son mutuamente excluyentes y las preparaciones comerciales pueden contener agentes que actúan a través de ambos modos. Los protectores solares físicos, inorgánicos o pantallas minerales son aquellos que actúan como una barrera física, reflejando y dispersando la radiación ultravioleta, la luz visible y los infrarrojos. Protegen eficientemente frente a UVA y UVB; sin embargo, son cosméticamente poco aceptables. Mientras que, en los protectores solares químicos u orgánicos el ingrediente activo actúa absorbiendo la radiación ultravioleta y disipando la energía como luz o calor. La mayoría absorben la radiación UVB, unos cuantos absorben la radiación entre los límites de UVA2 (320-340 nm) y sólo uno de ellos tiene una adecuada absorción en dichos límites, sin embargo, los protectores solares con filtros orgánicos pueden penetrar la piel en bajas cantidades (0.1 a 5 %) mientras que los que poseen filtros inorgánicos no penetran la piel (Saéz-de y Orozco, 2015). Actualmente, existe una demanda creciente de protectores solares para la piel elaborados con ingredientes naturales debido a la conciencia por el cuidado de la salud y del entorno. En la naturaleza hay una gran variedad de biomoléculas con acción fotoprotectora, entre las más comunes se encuentran los polifenoles, mismos que tienen una absorción significativa en la región ultravioleta A y B debido a su estructura química con dobles enlaces conjugados (Sepúlveda et al., 2021). Por su parte, las plantas son fuente de una gran diversidad de moléculas naturales útiles en la fotoprotección. Entre las más comunes se encuentran los terpenos, las flavonas, los carotenoides, las catequinas y las antocianinas. Algunas de estas moléculas naturales pueden actuar como filtros solares. Además, la mayoría tienen propiedades antioxidantes. Las moléculas antioxidantes fueron inicialmente usadas como un complemento de los filtros solares para reducir el estrés oxidativo producido por la radiación ultravioleta. Hoy se sabe que los compuestos antioxidantes naturales pueden mitigar varios de los efectos biológicos adversos de la radiación ultravioleta que generan fotoenvejecimiento celular y cáncer de piel (Fuentes, 2019). Por tanto, es importante proponer nuevas formulaciones para el desarrollo de un filtro solar en stick con ingredientes de origen natural que al mismo tiempo proporcionen color , ya que la forma en stick ofrece una manera más eficaz de aplicación, reaplicación y es fácil de transportar, asimismo se considera la cosmética natural por la alta tendencia que está presentando, ya que los consumidores se sienten atraídos por las formulaciones de este tipo, siendo buena opción para el cuidado personal y desarrollo sostenible.

OBJETIVO. Formular un filtro solar facial en barra con color elaborado a partir de ingredientes de origen natural.

MATERIALES Y MÉTODOS. El enfoque fue cuantitativo, con alcance descriptivo. Las formulaciones para el filtro solar en barra se obtuvieron a partir de un análisis bibliográfico en diversas bases de datos, para la elaboración de dicha barra se utilizaron las buenas prácticas de fabricación en productos cosméticos, la NOM-259-SSA1-2022, productos y servicios y la NOM-141-SSA1/SCFI-2012, etiquetado para productos cosméticos preenvasados. Etiquetado sanitario y comercial.

RESULTADOS. Los ingredientes que se utilizaron para la formulación de los filtros solares físicos y los filtros solares químicos provenientes de extractos de plantas se definen en la tabla 1.

Ingredientes	100%	Para 50 g	Para 10 g	Uso en la formulación
Extracto de *Camellia sinensis*	**2**	1	0.2	Filtro solar químico
Aceite de semilla de *Rubus idaeus*	**4**	2	0.4	Filtro solar químico
Oxido de zinc	**6**	3	0.6	Filtro solar físico
Dióxido de titanio	**13**	6.5	1.3	Filtro solar físico
Cera blanca	**14**	7	1.4	Agente dureza
Aceite de coco fraccionado	**4**	1	0.4	Hidratante
Miristato de isopropilo	**2**	0.5	0.2	Emoliente
Silicona fluida	**2**	0.5	0.2	Emoliente
Lanolina	**6**	3	0.6	Emoliente
Aceite de jojoba	**15**	7.5	1.5	Hidratante
Aceite de almendras	**9**	4.5	0.9	Hidratante
Ácido esteárico	**9**	4.5	0.9	Agente dureza
Vitamina E	**2**	1	0.3	Antioxidante
Fenoxietanol	**1**	0.5	0.1	Conservador
Talco	**11**	5.5	1.1	Desecante

Tabla 1. *Formulación de la base de barra de filtro solar.*

Para la obtención de los colores claro, medio y oscuro de los filtros solares se hicieron mezclas de óxidos de hierro, cúrcuma y pétalos de rosa (tabla 2).

COLOR CLARO	COLOR MEDIO	COLOR OSCURO
Oxido de hierro amarillo + *Curcuma longa* Óxido de hierro Café Pétalos de *Rosa gallica* (Rojo) Oxido de zinc Óxido de hierro Azul	Oxido de hierro amarillo + *Curcuma longa* Óxido de hierro Azul Óxido de hierro rojo + Pétalos de *Rosa gallica* (Rojo) Óxido de hierro Café	Oxido de hierro amarillo + *Curcuma longa* Óxido de hierro rojo + Pétalos de *Rosa gallica* (Rojo) Óxido de hierro Azul Óxido de hierro Café Oxido de hierro Negro

Tabla 2. *Mezcla de pigmentos de color para la barra de filtro solar.*

El producto obtenido fue un filtro solar en barra con diferentes colores, los cuales se muestran en la figura 1. Además de presentar las siguientes características organolépticas y sensoriales:

- Factor de protección solar de 30
- Textura no grasa y facilidad de aplicación
- Cobertura uniforme

- Facilidad de aplicación
- Contenido neto por moldeo 10 gramos
- Por el contenido en formulación es considerada en tendencia por ingredientes de origen natural.



a. Claro **b. Medio** **c. Oscuro**

Figura 1. *Barra filtro solar pigmento claro, medio y oscuro.*

CONCLUSIONES. Existen diversos activos de origen natural que presentan propiedades hidratantes, FPS, color, entre otras que permiten la formulación de productos cosméticos con tendencia natural y sostenibles para el cuidado de la piel.

REFERENCIAS.

1. Fuentes, J. (2019). Las plantas como fuente de compuestos fotoprotectores frente al daño en el ADN producido por la radiación ultravioleta. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 43(168):550-562. http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v43n168/0370-3908-racefn-43-168-550.pdf
2. Medline Plus. (2021). Efectos del sol en la piel. Biblioteca Nacional de Medicina. https://medlineplus.gov/spanish/ency/anatomyvideos/000125.htm
3. OMS. (2022). Radiación ultravioleta. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultravioletradiation#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20excesiva%20a%20la,distinto%20del%20melanoma%20y%20por
4. ONU. (2022). ¿Seguro bajo el sol? La ONU lanza una nueva aplicación para ayudar a combatir el cáncer de piel. Organización de las Naciones Unidas. https://news.un.org/es/story/2022/06/1510592
5. Saéz-de Ocariz, M., y Orozco-Covarrubias, Ma de la L. (2015). Protección solar en el paciente pediátrico. Acta pediátrica de México, 36(4), 364-368. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018623912015000400009&lng=es&tlg=es.
6. Sepúlveda, S., Gonzalez, L., Villaseñor, L. y Ramírez, J. (2021). Protección solar de la piel con estractos de frutas y vegetales. JÓVENES EN LA CIENCIA. 10: 1-14. https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3308

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524157**

ÓRGANOS EN MINIATURA: ¿ES EL FUTURO EL USO DE MODELOS BIOLÓGICOS?

José Alberto Chávez Cervantes[1], Roberto Jared Rincón Díaz[1], Gerardo Rojas Díaz[1], Jorge Armando Tinoco[1], Rafael Ortiz Alvarado[1]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Fac. de QFB; 2206416f@umich.mx rafael.ortiz@umich.mx

Palabras Clave: organoides, modelos biológicos, enfermedades, investigación.

RESUMEN. Los organoides son modelos tridimensionales derivados de células madre que reproducen la organización y funcionalidad de tejidos u órganos específicos. Su desarrollo ha abierto nuevas posibilidades para el estudio de enfermedades, la investigación en desarrollo humano y la evaluación de terapias. En este trabajo, exploramos los avances en la creación de organoides y su potencial para reemplazar los modelos animales en la investigación biomédica. Además, discutimos las limitaciones actuales y los desafíos técnicos que enfrenta esta tecnología, tales como la falta de vascularización y la complejidad de los tejidos.

INTRODUCCIÓN. El estudio de las enfermedades humanas ha dependido tradicionalmente de modelos animales y cultivos celulares bidimensionales. Aunque estos enfoques han proporcionado avances significativos en el conocimiento de procesos biológicos, no logran replicar completamente la complejidad del cuerpo humano, lo que limita su utilidad en la investigación biomédica. Por ejemplo, muchos ensayos preclínicos exitosos en modelos animales no se traducen en tratamientos efectivos para los humanos, lo que pone de manifiesto las diferencias fisiológicas entre especies (Zhang et al., 2019). En los últimos años, la biología de los organoides ha emergido como una tecnología revolucionaria. Los organoides son estructuras tridimensionales derivadas de células madre pluripotentes que se autoorganizan en arquitecturas similares a las de los órganos in vivo. Esta capacidad les permite modelar el desarrollo de tejidos y órganos humanos, lo que ha llevado a su uso en áreas que incluyen la investigación del desarrollo, el estudio de enfermedades y el descubrimiento de fármacos (Clevers, 2016).

ANTECEDENTES. La investigación sobre organoides ha ganado impulso en la última década, pero sus fundamentos se remontan a experimentos pioneros sobre la diferenciación celular. Harrison (1907) fue uno de los primeros en observar el crecimiento de fibras nerviosas en cultivos de tejido, un hallazgo que sentó las bases para los estudios de cultivo celular. Más tarde, Freshney (2005) estableció protocolos básicos para el cultivo de células animales, un precursor clave para los experimentos con organoides actuales. El primer avance significativo en la creación de organoides ocurrió cuando Sato et al. (2011) lograron desarrollar organoides intestinales a partir de células madre Lgr5. Este estudio fue crucial porque demostró que era posible generar estructuras tridimensionales complejas sin necesidad de un nicho mesenquimal. Al mismo tiempo, Lancaster et al. (2013) desarrollaron organoides cerebrales que imitaban el desarrollo del cerebro humano, un logro que revolucionó la investigación sobre enfermedades neurológicas como la microcefalia. El uso de organoides ha permitido estudiar una variedad de patologías, incluidas enfermedades neurodegenerativas, trastornos del desarrollo y cáncer. Además, los organoides

han sido fundamentales para evaluar el impacto de diversas mutaciones genéticas en el desarrollo y función de órganos específicos (Lancaster y Knoblich, 2014).

OBJETIVO. Revisar el estado actual de la investigación con organoides y así como evaluar su potencial para reemplazar los modelos animales en estudios biomédicos. También buscamos discutir las limitaciones actuales de esta tecnología y sus posibles aplicaciones futuras en la investigación del desarrollo humano, el estudio de enfermedades y el descubrimiento de fármacos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la elaboración de este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica de los principales estudios que han contribuido al desarrollo de los organoides como modelo biológico. Se analizaron artículos sobre organoides cerebrales, intestinales y de otros tejidos, así como estudios que evalúan las limitaciones de los modelos animales en la investigación biomédica. Se revisaron artículos clave, como los de Clevers (2016) sobre el uso de células madre Lgr5 para la creación de organoides intestinales y los de Lancaster y Knoblich (2013) sobre el desarrollo de organoides cerebrales. También se revisaron trabajos que destacan las limitaciones de los modelos animales (Zhang et al., 2019) y otros que discuten la importancia de los organoides en la investigación básica y aplicada (Sato et al., 2011; Huch et al., 2013).

RESULTADOS. El uso de organoides ha demostrado ser un método altamente efectivo para modelar el desarrollo y la fisiología humana. Los organoides cerebrales, por ejemplo, han permitido estudiar el desarrollo del cerebro humano y su relación con enfermedades como la microcefalia y otros trastornos neurológicos. Lancaster et al. (2013) demostraron que estos organoides pueden reproducir etapas clave del desarrollo cerebral, como la formación de capas corticales y la diferenciación neuronal. Este hallazgo es particularmente relevante para estudiar enfermedades del desarrollo neurológico que no pueden ser adecuadamente modeladas en animales. Por otro lado, los organoides intestinales han sido fundamentales para estudiar la biología del tracto digestivo humano y su respuesta a diferentes estímulos, como infecciones o mutaciones genéticas. Clevers (2016) mostró cómo los organoides intestinales pueden ser usados para modelar enfermedades como la colitis ulcerosa y el cáncer colorrectal. Además, este modelo ha sido utilizado para probar la eficacia de terapias dirigidas, lo que subraya su valor en la investigación traslacional. Sin embargo, a pesar de estos avances, los organoides aún enfrentan varias limitaciones. Una de las principales es la falta de vascularización, lo que impide que estos modelos puedan crecer más allá de un cierto tamaño y limita su capacidad para reproducir de manera precisa la fisiología de órganos más complejos. Además, aunque los organoides pueden imitar muchas características clave de los órganos humanos, todavía no replican completamente su complejidad funcional, lo que plantea desafíos para su uso en estudios clínicos a gran escala (Zhang et al., 2019).
Sin embargo, a pesar de su promesa, la tecnología de organoides aún enfrenta desafíos importantes. La falta de vascularización, por ejemplo, sigue siendo un obstáculo significativo para el desarrollo de organoides más grandes y complejos. Además, la capacidad de estos modelos para imitar completamente la función de los órganos humanos aún no se ha logrado plenamente, lo que limita su aplicación clínica inmediata. En el futuro, es probable que los avances en ingeniería de tejidos, bioimpresión y tecnología de células madre permitan superar estas limitaciones y expandir las aplicaciones de los organoides en la investigación biomédica. Con el tiempo, los organoides podrían reemplazar por completo a los modelos animales, proporcionando una plataforma más precisa y ética para estudiar la biología humana.

Características	Cultivos Celulares Bidimensionales (2D)	Modelos Animales	Organoides
Descripción	Células en una sola capa sobre una superficie plana	Animales completos (ratones, ratas, primates)	Estructuras tridimensionales derivadas de células madre
Estructura	Una sola capa de células	Arquitectura completa del organismo	Estructura tridimensional que simula órganos humanos
Interacción Celular	Limitada, sin replicar la complejidad tisular	Compleja, similar a la de tejidos humanos	Completa, replicando la organización y función de tejidos
Aplicaciones	Estudios básicos, pruebas de toxicidad, screening de fármacos	Estudio de enfermedades, eficacia y seguridad de fármacos	Modelización de enfermedades, desarrollo de fármacos, medicina personalizada
Ventajas	Sencillo y económico, fácil de manipular	Proporciona un entorno biológico completo	Mayor fidelidad en replicar tejidos humanos, reducción de uso de animales
Limitaciones	No reproduce la complejidad de tejidos reales	Diferencias inter-especies limitan la translatabilidad, preocupaciones éticas	Desafíos en replicar completamente órganos humanos, como vascularización y sistema inmune

Tabla 1. *Funciones y aplicaciones de cultivos celulares y los organoides.*

CONCLUSIONES. El desarrollo de organoides representa un avance significativo en la investigación biomédica y tiene el potencial de revolucionar la forma en que estudiamos las enfermedades humanas y desarrollamos nuevas terapias. Los organoides han demostrado ser modelos altamente precisos para replicar el desarrollo y función de diversos tejidos humanos, lo que los convierte en una herramienta valiosa para reemplazar los modelos animales en muchos contextos, como son los preclínico.

REFERENCIAS.

1. Clevers, H. (2016). Modeling Development and Disease with Organoids. Cell, 165(7), 1586-1597. https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.05.082.
2. Freshney, R. I. (2005). Culture of Animal Cells: A Manual of Basic Technique. Hoboken: John Wiley & Sons.
3. Harrison, R. G. (1907). Observations on the living developing nerve fiber. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 4(3), 140-143.
4. Lancaster, M. A., et al. (2013). Cerebral organoids model human brain development and microcephaly. Nature, 501(7467), 373-379. https://doi.org/10.1038/nature12517.
5. Landis, S. C. (2018). A call for more basic research. Nature, 559(7712), 121-122. https://doi.org/10.1038/d41586-018-05555-2.
6. Sato, T., et al. (2011). Single Lgr5 stem cells build crypt-villus structures in vitro without a mesenchymal niche. Nature, 491(7427), 156-159. https://doi.org/10.1038/nature11536.
7. Zhang, Y., et al. (2019). The limitations of animal models in understanding human disease. Translational Research, 208, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.trsl.2019.01.003.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524158**

CARACTERIZACIÓN DE UN MODELO DE CULTIVO 3D DE CÉLULAS SUSCEPTIBLES A SARS-CoV-2

Xally Gerónimo Urtiz[1], Daniel Durand Herrera[2], Rosa Elvira Nuñez Anita[3], Jose Miguel Cervantes Alfaro[4], Marcos Cajero Juarez[5], Alejandro Bravo Patiño[6]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1587020h@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; daniel.durand@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rosa.anita@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; miguel.cervantes@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marcos.cajero@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandro.bravo@umich.mx

Palabras Clave: SARS-CoV-2, cultivos 3D, hidrogeles, A549, CaCo-2.

RESUMEN. El SARS-CoV-2 es un virus de la familia Coronaviridae, que utiliza a su favor mecanismos de evasión del sistema inmunológico mediante sus proteínas no estructurales (NSPs) y/o los InPeps del hospedero para ingresar a las células. Estos mecanismos producen respuestas inflamatorias excesivas y daño tisular, lo cual provoca complicaciones graves y síntomas persistentes en varios órganos del cuerpo, destacando la necesidad de mejorar nuestro entendimiento de la patogénesis de la enfermedad. El estudio de virus en tejidos pulmonares y extrapulmonares implica protocolos clínicos costosos y desafíos éticos. Los modelos 3D se posicionan como una opción a estos estudios ya que imitan la estructura tisular natural y facilitan el estudio de las interacciones célula-célula-matriz extracelular, y la sustitución de modelos animales de manera eficiente y económica. Para lograr un modelo de cultivo 3D de células susceptibles a SARS-CoV-2, empleando moldes de polidimetilsiloxano (PDMS) se generaron micro moldes de hidrogeles con un patrón de 256 pocillos (4 µm diámetro x 8 µm profundidad). Las células se incubaron a 37.5 °C y 5% de CO2 durante 7-14 días. La caracterización incluyó técnicas histológicas e histoquímicas, cuantificación de ADN liberado al medio y evaluación de su actividad y viabilidad metabólica celular utilizando el kit CCK8 10% (marca comercial). Los cultivos 3D para ambos tipos celulares A549 y CaCo-2 se obtuvieron con la capacidad de formar agregados compactos, como lo muestra la tinción con Hematoxilina y eosina (HE). Finalmente, en el cultivo 3D de A549 se observa una baja liberación de ADN con respecto a un cultivo de células lisadas, y una actividad metabólica ralentizada en comparación a cultivos 2D. Por lo tanto, las técnicas empleadas en este trabajo resultaron óptimas para la generación y caracterización de cultivos 3D de las líneas celulares A549 y CaCo-2.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, los científicos trabajan arduamente para entender la gravedad de la enfermedad por COVID-19 causada por SARS-CoV-2. A través de estudios clínicos, líneas celulares inmortalizadas, modelos de ratones transgénicos que expresan el receptor ACE2 y cultivos 3D. Sin embargo y hasta la fecha, los mecanismos detallados que determinan la gravedad de la enfermedad son desconocidos (Han et al., 2022; Jamison et al., 2022; Latifi-Pupovci, 2022). Los cultivos tridimensionales in vitro mediante la técnica en hidrogeles permiten formar agregados celulares y matriz extracelular de manera natural, dando

lugar a interacciones célula-célula/matriz. Esto mantiene el fenotipo y la función celular similar a tejidos naturales de origen y destacan de cultivos en monocapa optimizando nutrientes o experimentos in vivo reduciendo costos (Achilli et al., 2012; Guo et al., 2020; Maury et al., 2021; Pampaloni et al., 2007). Por ello, el modelado en 3D de células susceptibles a SARS-CoV-2 mediante ingeniería tisular proporciona una herramienta prometedora para acelerar nuestro entendimiento en la patogénesis de enfermedades respiratorias de manera única, rápida y económica. La sustitución de modelos animales o el fundamento de su uso mediante nuevas técnicas disminuye el sufrimiento animal, acelera el desarrollo de tratamientos y reduce costos asociados a la investigación.

ANTECEDENTES. Durand-Herrera et al., (2018), caracterizaron células mesenquimales cultivadas, utilizando la técnica de hidrogeles para la generación de cultivos 3D. Respecto a la densidad celular de estos, se observa que a una mayor densidad celular, mayor tamaño, lo que podría impedir que los nutrientes lleguen al centro del agregado y se desintegre el cultivo 3D. Por el contrario, si el agregado es muy pequeño, se observa dificultad para agruparse de forma esférica (Berneel et al., 2016). Para esto, realizaron análisis morfométricos y cortes histológicos de los cultivos 3D que exhiben la formación de los núcleos, fibras de colágeno y proteoglicanos característicos de la matriz extracelular. Además, pruebas de citotoxicidad y viabilidad celular se realizaron mediante la actividad deshidrogenasa mitocondrial (ADM) de células vivas equivalente 100%, controles equivalentes 0% y cultivos 3D con ADM ralentizada (Rodriguez-Arco et al., 2016). Así como, un análisis de la liberación de ADN citoplasmático que provee información cuantitativa del posible daño membranal. En un modelo de cultivo 3D se encuentra una baja liberación de ADN en comparación con un control de un cultivo celular de células lisadas. Las células lisadas representan un 100% de liberación de ADN al medio, debido a un daño en sus membranas celulares. En cambio, las células vivas de cultivos monocapa o 3D representan 0% de liberación de ADN al medio (Desjardins & Conklin, 2010).

OBJETIVO. Generar, evaluar y caracterizar cultivos 3D de células susceptibles a la infección por SARS-CoV-2.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la elaboración de micro moldes se empleó agarosa tipo I al 3.5%. En un molde de PDMS (Sigma-Aldrich) con un patrón de 256 pocillos de 400 µm de diámetro y 800 µm de profundidad se añaden 500 µl de la solución de agarosa y se deja gelificar a temperatura ambiente para recolectar y almacenar los micro moldes en PBS estéril a 4°C hasta su uso. Las líneas celulares de adenocarcinoma humano epiteliales basales alveolares de pulmón (A549) y adenocarcinoma epitelial colorrectal humano (CaCo-2) fueron proveídas por ATCC. Estás se sembraron en monocapa. Luego, las células se co-cultivaron en los micro moldes con 190 µl de medio suplementado Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM, Sigma-Aldrich) en placas de cultivo de 6 pocillos, durante 7-14 días respectivamente, a 37.5°C y 5% de CO2 y se observaron al microscopio de contraste de fase. De lo anterior se tomaron fotos los días 0, 1, 4, 7, 10 y 14 en concentraciones celulares de 1x104, 2.5x104, 5x104, 10x104, 15x104 y 20x104 para comparar la morfología de los cultivos 3D de A549 y los días 0, 1, 4 y 7 en concentraciones celulares de 5x104, 10x104, 15x104 y 20x104 para CaCo-2. Además, los cultivos 3D de A549 se fijaron en formaldehído al 10%, se deshidrataron, se incluyeron en parafina y realizaron cortes de las mejores densidades de siembra a 5 µm de espesor con un microtomo rotatorio (Durand-Herrera et al., 2018). Estos cortes se expandieron sobre un portaobjetos y se realizaron tinciones con hematoxilina-eosina (HE). Concluido el proceso, los cortes se montaron con cubreobjetos

mediante resinas naturales y se tomaron fotos (Dunn et al., 2024; Sun et al., 2020). Finalmente, el ADN libre en el medio se cuantificó con un equipo NanoDrop (260 nm) a los 7 días de proliferación de los grupos control positivo (cultivo monocapa), control negativo (células lisadas con Triton 1x) y un grupo experimental (cultivo 3D). (Desjardins & Conklin, 2010; Durand-Herrera et al., 2018). Así como, la viabilidad y actividad metabólica celular de los cultivos 3D se evaluó utilizando el kit CCK8 (Sigma-Aldrich) de los grupos control negativo (medio DMEM suplementado), control positivo (medio DMEM suplementado con reactivo CCK8 10%) y experimentales (cultivo monocapa con reactivo CCK8 10% y cultivo 3D con reactivo CCK8 10%). El reactivo CCK8 se incubó durante 4h el día 7 de proliferación y se midió el sobrenadante mediante espectrofotómetro a 450 nm. En cada grupo los análisis se realizaron utilizando 6 muestras (n=6), con la misma densidad celular tanto en células en monocapa como cultivos 3D y se les cambió el medio cada 3 días (Durand-Herrera et al., 2018; Turrioni et al., 2021).

RESULTADOS.

Elaboración de micro moldes de agarosa y generación de cultivos 3D de células susceptibles a SARS-CoV-2. Los micro moldes de agarosa se obtuvieron con patrones perfectos de 256 pocillos y se mantuvieron estériles hasta su uso. Estos permitieron formar agregados celulares en cada uno de los pocillos, tal y como se muestra en la Fig. 1.

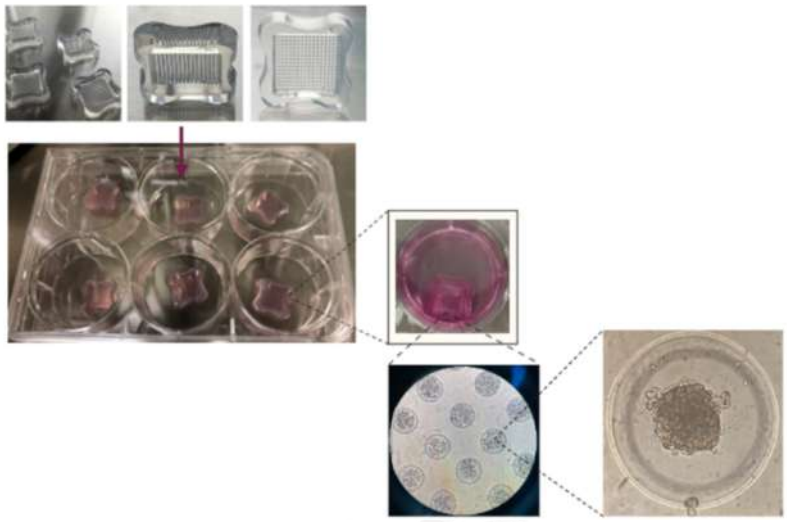


Figura 1. *Elaboración de micro moldes de agarosa y formación de cultivos 3D de A549, modificado de (Durand-Herrera et al., 2018).*

Comparación morfológica de los cultivos 3D. Los cultivos 3D para ambos tipos celulares A549 y CaCo-2 se obtuvieron con la capacidad de formar agregados. El cultivo 3D de A549 exhibe un cambio morfológico adecuado a partir del día 4 en una densidad óptima de siembra $10x10^4$. Sin embargo, el crecimiento del cultivo se continuó para corroborar la consistencia y estabilidad, y el cultivo 3D se desintegró a partir del día 12 en una densidad de $15x10^4$ (Fig. 2). Para los MT de CaCo-2 no se logró observar cual es la densidad óptima de siembra. Sin embargo, se muestra su capacidad para formar agregados esféricos, al igual que A549 a los 4 días, como se muestra en la Fig. 3.

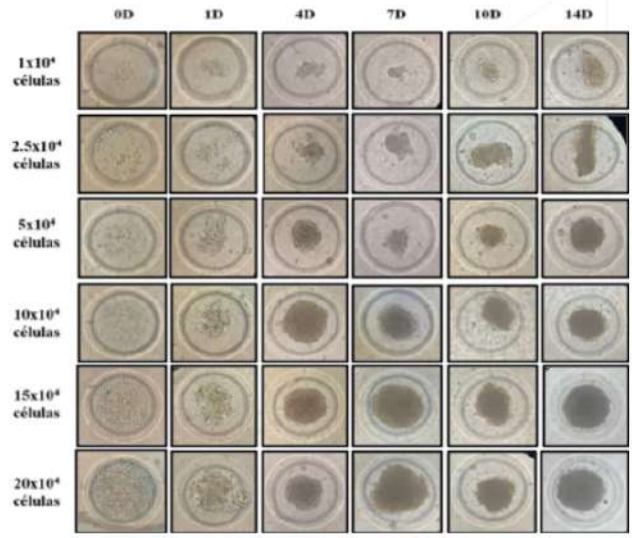


Figura 2. *Formación de cultivos 3D de 0 a 7 días (D) 20x, utilizando células de epitelio pulmonar (A549). Del lado horizontal se observan los días de proliferación y del lado vertical las diferentes densidades de siembra.*

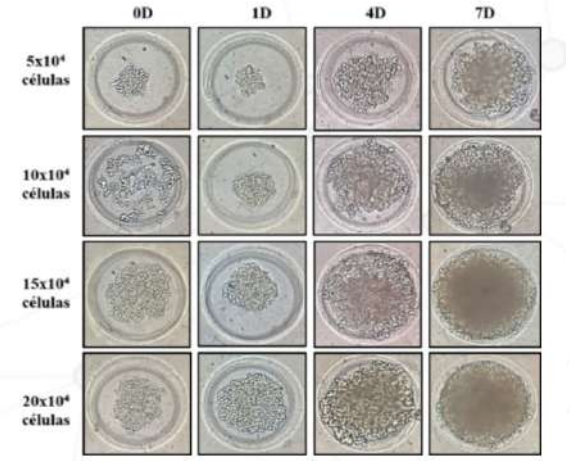


Figura 3. *Formación de cultivos 3D de 0 a 7 días (D) 20x, utilizando células de epitelio intestinal (CaCo-2). Del lado horizontal se observan los días de proliferación y del lado vertical las diferentes densidades de siembra.*

La tinción de cultivos 3D con Hematoxilina y eosina (HE) muestra que el agregado tiene una conformación uniforme o compacta en la densidad óptima de siembra $10x10^4$. Esta tinción permite observar el patrón morfológico. Los núcleos celulares son ácidos teñidos con hematoxilina de coloración violeta y el citoplasma, colágeno y tejido conjuntivo son básicos de coloración rosa, esto exhibe que las células que se encuentran en los micro moldes están vivas; sin embargo, más pruebas de viabilidad celular son necesarias (Fig. 4).

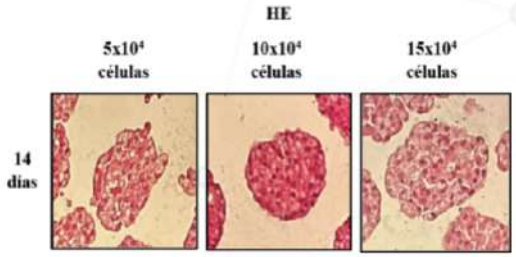
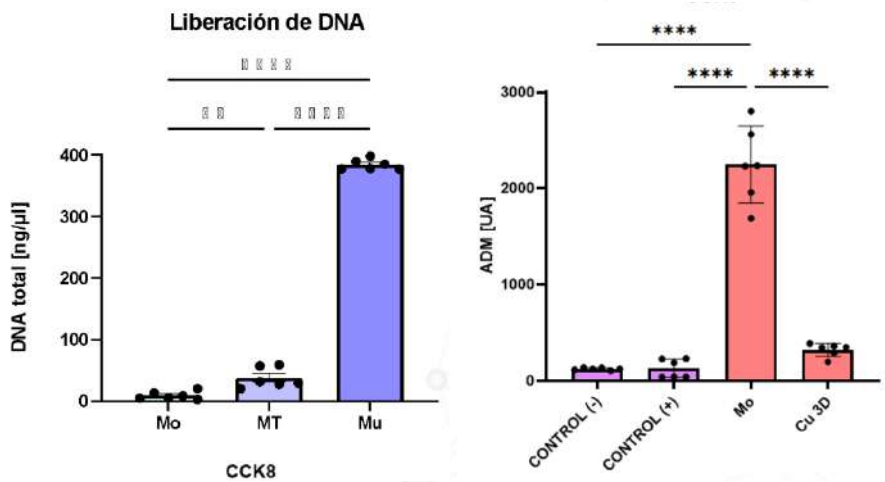


Figura 4. *Análisis histológicos de cultivos 3D con HE de 14 días de proliferación 40x, utilizando células de epitelio pulmonar (A549) en las tres mejores densidades de siembra. Del lado horizontal se observan las diferentes densidades de siembra y del lado vertical los días de proliferación.*

Evaluación de la liberación de ADN total y actividad metabólica de los cultivos 3D.
En la (Fig. 5A) se observa que los cultivos 3D tienen una baja liberación de ADN con respecto a las células lisadas, lo que permite deducir que existen células vivas. Sin embargo, no se asemeja al control positivo por diferencias en el diseño experimental. Contrario a esto, la actividad metabólica en sistemas de cultivo 3D se ve ralentizada en comparación con cultivos 2D o monocapa, debido a la biomimeticidad de los cultivos 3D con un tejido nativo, lo cual se corrobora con el cambio colorimétrico (actividad ADM) de la prueba de CCK8 de las células en monocapa respecto al cultivo 3D, tal y como se muestra en la (Fig. 5B).



A) *Grupos: Mo= Células monocapa; MT= Microtejidos; Mu=Muertas.* ***B)*** *Grupos: Control (-) = medio DMEM completo 10%; Control (+) =medio DMEM completo 10% con reactivo CCK8; Mo=células en monocapa con reactivo CCK8; Cu3D= cultivo 3D con reactivo CCK8*

Figura 5. *A) Estandarización de la concentración de ADN total representado en ng/µl de diferentes grupos celulares. B) Estandarización de la actividad metabólica de diferentes grupos celulares mediante CCK8. Los resultados muestran Anova de una vía (± DE, n=6 en cada grupo), durante el desarrollo experimental. Los datos presentan diferencias estadísticamente significativas, **P<0.01; ***P<0.0001; ****P<0.0001, respectivamente.*

CONCLUSIONES. La técnica en hidrogeles es óptima para la generación y caracterización de cultivos 3D de las líneas celulares A549 y CaCo-2, lo cual la convierte en una opción viable para realizar estudios in vitro de la interacción del SARS-CoV-2 con sus células blanco.

REFERENCIAS.

1. Achilli, T.-M., Meyer, J., & Morgan, J. R. (2012). Advances in the formation, use and understanding of multi-cellular spheroids. Expert Opinion on Biological Therapy, 12(10), 1347-1360. https://doi.org/10.1517/14712598.2012.707181
2. Berneel, E., Philips, C., Declercq, H., & Cornelissen, R. (2016). Redifferentiation of High-Throughput Generated Fibrochondrocyte Micro-Aggregates: Impact of Low Oxygen Tension. Cells Tissues Organs, 202(5-6), 369-381. https://doi.org/10.1159/000447509
3. Desjardins, P., & Conklin, D. (2010). NanoDrop Microvolume Quantitation of Nucleic Acids. Journal of Visualized Experiments, 1, 2565. https://doi.org/10.3791/2565
4. Dunn, C., Brettle, D., Cockroft, M., Keating, E., Revie, C., & Treanor, D. (2024). Quantitative assessment of H&E staining for pathology: Development and clinical evaluation of a novel system. Diagnostic Pathology, 19(1), 42. https://doi.org/10.1186/s13000-024-01461-w
5. Durand-Herrera, D., Campos, F., Jaimes-Parra, B. D., Sánchez-López, J. D., Fernández-Valadés, R., Alaminos, M., Campos, A., & Carriel, V. (2018). Wharton's jelly-derived mesenchymal cells as a new source for the generation of microtissues for tissue engineering applications. Histochemistry and Cell Biology, 150(4), 379-393. https://doi.org/10.1007/s00418-018-1685-6
6. Guo, Y., Luo, R., Wang, Y., Deng, P., Zhang, M., Wang, P., Zhang, X., Cui, K., Tao, T., Li, Z., Chen, W., Zheng, Y., & Qin, J. (2020). Modeling SARS-CoV-2 infection in vitro with a human intestine-on-chip device [Preprint]. Bioengineering. https://doi.org/10.1101/2020.09.01.277780
7. Han, Y., Yang, L., Lacko, L. A., & Chen, S. (2022). Human organoid models to study SARS-CoV-2 infection. Nature Methods, 19(4), 418-428. https://doi.org/10.1038/s41592-022-01453-y
8. Jamison, D. A., Anand Narayanan, S., Trovão, N. S., Guarnieri, J. W., Topper, M. J., Moraes-Vieira, P. M., Zaksas, V., Singh, K. K., Wurtele, E. S., & Beheshti, A. (2022). A comprehensive SARS-CoV-2 and COVID-19 review, Part 1: Intracellular overdrive for SARS-CoV-2 infection. European Journal of Human Genetics, 30(8), 889-898. https://doi.org/10.1038/s41431-022-01108-8
9. Latifi-Pupovci, H. (2022). Molecular mechanisms involved in pathogenicity of SARS-CoV-2: Immune evasion and implications for therapeutic strategies. Biomedicine & Pharmacotherapy, 153, 113368. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113368
10. Maury, P., Porcel, E., Mau, A., Lux, F., Tillement, O., Mahou, P., Schanne-Klein, M.-C., & Lacombe, S. (2021). Rapid Evaluation of Novel Therapeutic Strategies Using a 3D Collagen-Based Tissue-Like Model. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9, 574035. https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.574035
11. Pampaloni, F., Reynaud, E. G., & Stelzer, E. H. K. (2007). The third dimension bridges the gap between cell culture and live tissue. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 8, 839-845.
12. Rodriguez-Arco, L., Rodriguez, I. A., Carriel, V., Bonhome-Espinosa, A. B., Campos, F., Kuzhir, P., Duran, J. D. G., & Lopez-Lopez, M. T. (2016). Biocompatible magnetic core–shell nanocomposites for engineered magnetic tissues. Nanoscale, 8(15), 8138-8150. https://doi.org/10.1039/C6NR00224B
13. Sun, G., Ding, B., Wan, M., Chen, L., Jackson, J., & Atala, A. (2020). Formation and optimization of three-dimensional organoids generated from urine-derived stem cells for renal function in vitro. Stem Cell Research & Therapy, 11(1), 309. https://doi.org/10.1186/s13287-020-01822-4
14. Turrioni, A. P., Oliveira Neto, N. F. D., Xu, Y., Morse, L., Costa, C. A. D. S., Battaglino, R., & Hebling, J. (2021). Proliferation rate and expression of stem cells markers during expansion in primary culture of pulp cells. Brazilian Oral Research, 35, e128. https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0128

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524159**

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE In vitro DE EXTRACTOS ETANÓLICO Y HEXÁNICO DE Piper auritum KUNTH (HOJA SANTA)

Adriana Aburto Ortiz[1], Graciela Letechipía[2], Miguel Cervantes[3], Bertha Fenton Navarro[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", División de estudios de Posgrado, Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia; 1577817@umich.mx

[2] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", División de estudios de Posgrado, Laboratorio de Neurociencias; gletechipia@umich.mx

[3]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", División de estudios de Posgrado, Laboratorio de Neurociencias ; miguel.cervantes@umich.mx

[4]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", División de estudios de Posgrado, Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia. bertha.fenton@umich.mx

Palabras Clave: Antioxidante, metabolito secundario, Piper auritum.

RESUMEN. Las especies reactivas de oxigeno (ERO) son moléculas inestables que se forman como consecuencia del metabolismo celular. Las altas concentraciones de ERO y el daño en las rutas antioxidantes para contrarrestar estas moléculas oxidantes, genera un estado conocido como estrés oxidativo que puede conducir a daños celulares y desarrollar diferentes patologías como cáncer, Diabetes mellitus tipo 2, entre otras. Para mantener el equilibrio en este sistema oxido-reductor, es recomendable considerar fuentes alternas antioxidantes que prevengan la alta producción de ERO y reparen los daños celulares ocasionados por las ERO. Se ha encontrado que la mejor fuente de antioxidantes se encuentra en las plantas, estas sintetizan metabolitos secundarios como los polifenoles, flavonoides y alcaloides, que son moléculas con actividades antioxidantes capaces de estabilizar a los radicales libres. Un buen ejemplo es la "hoja santa" (Piper auritum), se le atribuyen diversas propiedades medicinales. Se evaluó la actividad antioxidante in vitro, a través del método de 1-1-dyphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Bonnet y Brand-Williams,1995) de los extractos etanólico y hexánico de la hoja de P. auritum Kunth. Los resultados se presentan como EC50, TEC50 y EA (EC_{50} x TEC_{50}). Se realizó un análisis estadístico ANOVA y análisis post hoc con una prueba Tukey para encontrar las diferencias significativas entre los grupos. La eficiencia antiradical (EA) obtenida del extracto el etanólico fue de 20.53 ± 0.56, y para el extracto hexánico de 3.74± 0.005, el extracto etanólico posee una muy alta actividad antioxidante mientras que el extracto hexánico una mediana según la clasificación de Sánchez-Moreno et al, 1998. Los extractos etanólico y hexánico de Piper auritum son una buena fuente antioxidante pues poseen moléculas capaces de prevenir el estrés oxidativo.

INTRODUCCIÓN. En los seres vivos, existen muchos tipos de radicales libres como por ejemplo las especies reactivas de oxigeno (ERO); un radical libre es cualquier molécula que contiene uno o más electrones desapareados, esto le confiere inestabilidad y por lo tanto una alta reactividad química es decir, reaccionan rápidamente como otras moléculas para estabilizarse. (Halliwell, 2006). El estrés oxidativo es un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno y la incapacidad del organismo para neutralizarlas mediante mecanismos antioxidantes endógenos, es decir que las mismas células poseen. Las ERO se generan como subproductos del metabolismo del oxígeno, sin embargo, factores ambientales como la luz uv, radiaciones ionizantes, metales pesados, dietas hipercalóricos y xenobióticos contribuyen a aumentar la

producción de ERO, causando así este desequilibrio que puede causar daño a macromoléculas como proteínas, lípidos, ADN y por lo tanto alterar el funcionamiento de las células. Este estrés oxidativo, está asociada a el envejecimiento, al desarrollo de diversas enfermedades como cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas entre otras (Pizzino et al., 2017). Debido a que el estrés oxidativo se ha asociado con la aparición, desarrollo y progresión de numerosas enfermedades, los productos vegetales como hojas, raíces, flores, corteza y frutos han emergido como una fuente importante de antioxidantes naturales, pues en estos órganos se produce una gran variedad de compuestos conocidos como metabolitos secundarios, de los que se destacan los polifenoles, los terpenos y flavonoides, pues poseen propiedades antioxidantes. Estos metabolitos secundarios se destacan por su capacidad para donar electrones y neutralizar las ERO, lo que ayuda a prevenir y disminuir el daño oxidativo en el organismo (Reddy, 2023; Ulewicz-Magulska & Wesolowski, 2023; Vona et al., 2021). La hoja santa o Piper auritum, es una planta muy utilizada en la cocina y medicina tradicional, posee un aroma y sabor que la han hecho participe de numerosos platillos y remedios. Es por su potencial uso terapéutico que en la presente investigación el interés por esta planta pueda ser una importante fuente antioxidante, con posibles aplicaciones en la prevención de las enfermedades crónicas. (Salleh & Nuzul, 2021).

ANTECEDENTES. Las plantas medicinales como la hoja santa, poseen diversos compuestos bioactivos, como los metabolitos secundarios, que poseen diferentes características químicas. La extracción a través del uso de diferentes solventes con distinta polaridad, como lo es el etanol y el hexano, permite que los metabolitos secundarios (como polifenoles, flavonoides, y terpenos) presentes en la planta y sean polarmente similares al solvente, se puedan solubilizar y de esta manera puedan actuar como agentes antioxidantes. (Fonmboh et al., 2020; Tiwari et al., 2011).
A pesar de que no se han realizado estudios con el extracto etanólico de la hoja santa aplicando el método de Bondet y Brand-Williams, 1997, un estudio realizado con Piper auritum y Piper ruderale, el extracto etanólico de Piper auritum demostró tener actividad antioxidante con el método de ABTS (8.72 ± 1.69 mg GA/ g de peso seco). A comparación del extracto de Piper ruderale, la hoja santa obtuvo una actividad antioxidante significativamente más baja. (Conde-Hernández & Guerrero-Beltrán, 2014). Pérez-Gutiérrez y colaboradores en 2012, probaron los efectos del extracto hexánico de Piper auritum, reportando que posee una actividad antioxidante intermedia, pues encontró que en los primeros 10 minutos aun había reacción con el DPPH, posterior a ello, se encontró un estado estable hasta los 30 minutos. (Pérez Gutiérrez et al., 2012; Sánchez-Moreno et al., 1998).

OBJETIVO. Evaluar la capacidad antioxidante in vitro de los extractos etanólico y hexánico de la hoja santa (Piper autitum Kunth).

MATERIALES Y MÉTODOS. Se colectaron hojas de Piper auritm Kunth en un lote ubicado en Morelia Michoacán, con coordenadas latitud: 19°35’41’’N longitud: 101°17’04’’ O entre las estaciones de invierno. Posteriormente las hojas se lavaron y se sanitizaron con agua al 2% de hipoclorito de sodio (NaClO), se enjuagaron con agua destilada. Después se dejaron secar a temperatura ambiente durante 3 a 5 días. Una vez secas, se pulverizaron con un pulverizador mecánico, así obtener un polvo que se almaceno en frascos de vidrio herméticamente cerrados y alojados en un lugar seco a temperatura ambiente. Para la preparación de los extractos se tomó 1gr del polvo de la “hoja santa”, se hidrató con 10 mL de cada uno de los solventes por separado (etanol y hexano) por 24 horas. Luego se homogenizó, se filtró, se dejó decantar las partículas

más grandes y el sobrenadante se consideró como extracto etanólico de Piper auritum (EEPA) y extracto hexánico de Piper auritum (EHPA).
La capacidad antioxidante In vitro se realizó por el método de Bonnet y Brand- Williams (1997), en el cual se mide la actividad reductora del antioxidante contra el DPPH (2,2 difenil-1-picrilidrazilo) de color purpura y conforme se reduce hay un cambio de coloración a amarillo, dicho cambio de color se mide por espectrofotometría a 527nm. Este cambio de color se midió por un tiempo de 30 minutos y se repitió por cuadruplicado la toma de absorbancias en cada uno de los solventes. El porcentaje de DPPH remanente se calcula mediante la fórmula:(%DPPHrem= 100X[DPPH]rem/[DPPH]T=0.), para posteriormente calcular la concentración que causa la disminución del 50 % del DPPH (EC_{50}) y se consideró el tiempo que tarda en alcanzar un estado estable de EC_{50} que se definió como TEC_{50}. De esta manera se calcula la eficiencia antiradical (EA=1/ EC_{50} TEC_{50}), la cual se aplica para categorizar y pode demostrar la capacidad antioxidante de los extractos analizados (Sánchez-Moreno et al., 1998). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se realizó una prueba de Tukey post hoc, se utilizó el programa estadístico GraphPad Prism 6.0.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos para los parámetros de EC_{50}, TEC_{50}y EA se muestran en la Tabla 1 de cada uno de los solventes, además la actividad reductora durante los 30 minutos en la Fig.1.

Muestra	EC_{50} (mg/g)	TEC_{50} (min)	EA ($X10^{-3}$)	C.EA
Ácido ascórbico	78.14±4.5	1.37 ± 0.25	9.3 ± 0.88	Alto
Extracto etanólico (EEPA)	20.29±4.4a	2.4±0.4b	20.53 ± 0.56d	Muy alto
Extracto hexánico (EHPA)	8.9±0.51a	30 ±0.001c	3.74± 0.005e	Mediano

Tabla 1. *Capacidad antioxidante in vitro de extractos etanólico (EEPA) y hexánico (EHPA de Piper auritum.*
EC_{50}: Concentración requerida para inhibir el DPPH al 50%. TEC_{50}: Tiempo requerido para obtener el EC_{50}. EA: Eficiencia antiradical = 1/ EC_{50}* TEC_{50}. C.EA: Clasificación de la eficiencia antiradical según Sánchez-Moreno *et al*, 1998. a= (****) p<0.0001diferencia significativa en el EC50 respecto al control. b=(*) p<0.05 diferencia significativa en el TEC50 respecto al control. c=(****) p<(0.0001) diferencia significativa en el TEC50 respecto al control. d=(****) p<0.0001 diferencia significativa con EA respecto al control. e=(***) p<0.0001, diferencia significativa con EA respecto al control.

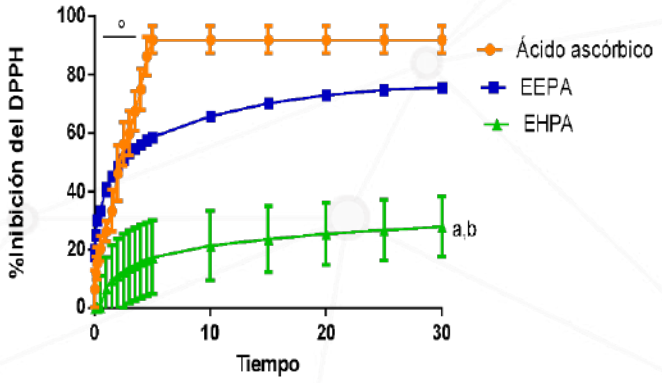


Figura 1 *Cinética del porcentaje de inhibición del DPPH de extractos etanólico (EEPA) y hexánico (EHPA) de Piper aurtitum.* °: p≤0.05, diferencia significativa entre los primeros 6 tiempos con respecto al control (ácido ascórbico). a: ****(p<0.0001), diferencia significativa con respecto al control.
b: ****(p<0.0001), diferencia significativa con respecto al EEPA.

CONCLUSIONES. El extracto hexánico de *Piper auritum* demostró tener actividad intermedia antioxidante, se encontraron deferencias significativas con respecto al extracto etanólico, por lo que se puede concluir que el extracto etanólico posee una mejor actividad potencial como agente antioxidante para inhibir radicales libres como las ERO. El uso de solventes polares como el etanol y apolares como el hexano permitieron la extracción de metabolitos secundarios como, los polifenoles, terpenoides, flavonoides y taninos, compuestos que han demostrado poseer propiedades antioxidantes.

REFERENCIAS.

1. Bondet, V., Brand-Williams, W., & Berset, C. (1997). Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH• free radical method. LWT, 30(6). https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0240
2. Conde-Hernández, L. A., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2014). Total phenolics and antioxidant activity of piper auritum and porophyllum ruderale. Food Chemistry, 142, 455–460. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.078
3. Fonmboh, D. J., Abah, E. R., Fokunang, T. E., Herve, B., Teke, G. N., Rose, N. M., Borgia, N. N., Fokunang, L. B., Andrew, B. N., Kaba, N., Bathelemy, N., & Ntungwen, F. C. (2020). An Overview of Methods of Extraction, Isolation and Characterization of Natural Medicinal Plant Products in Improved Traditional Medicine Research. Asian Journal of Research in Medical and Pharmaceutical Sciences. https://doi.org/10.9734/ajrimps/2020/v9i230152
4. Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. In Plant Physiology 141(2). https://doi.org/10.1104/pp.106.077073
5. Perez Gutierrez, R. M., Flores Cotera, L. B., & Neira Gonzalez, A. M. (2012). Evaluation of the antioxidant and anti-glication effects of the hexane extract from piper auritum leaves in vitro and beneficial activity on oxidative stress and advanced glycation end-product-mediated renal injury in streptozotocin-treated diabetic rats. Molecules, 17(10). https://doi.org/10.3390/molecules171011897
6. Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. In Oxidative Medicine and Cellular Longevity https://doi.org/10.1155/2017/8416763
7. Reddy, V. P. (2023). Oxidative Stress in Health and Disease. In Biomedicines (Vol. 11, Issue 11). https://doi.org/10.3390/biomedicines11112925
8. Salleh, W. M., & Nuzul, H. W. (2021). A systematic review of botany, phytochemicals and pharmacological properties of “Hoja santa” (Piper auritum Kunth). In Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences 76(3), pp. 93–102 https://doi.org/10.1515/znc-2020-0116
9. Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., & Saura-Calixto, F. (1998). A Procedure to Measure the Antiradical Efficiency of Polyphenols. In J Sci Food Agric 1(76).
10. Tiwari, P., Kumar, B., & Kaur, G. (2011). Phytochemical screening and Extraction: A Review. http://www.ipharmsciencia.com
11. Ulewicz-Magulska, B., & Wesolowski, M. (2023). Antioxidant Activity of Medicinal Herbs and Spices from Plants of the Lamiaceae, Apiaceae and Asteraceae Families: Chemometric Interpretation of the Data. Antioxidants, 12(12). https://doi.org/10.3390/antiox12122039
12. Vona, R., Pallotta, L., Cappelletti, M., Severi, C., & Matarrese, P. (2021). The impact of oxidative stress in human pathology: Focus on gastrointestinal disorders. In Antioxidants 10(2). https://doi.org/10.3390/antiox10020201

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524160**

ESTUDIO DE LA RESPUESTA INMUNOTROMBÓTICA A PROTEÍNAS DE *Plasmodium vivax*

Ortiz Cortes Eduardo Antonio[1], Dr. Roberto Oropeza Tena[2]
1Facultad de Psicología (UMSNH), Eduardo Antonio Ortiz Cortes. 1827351x@umich.mx
2Facultad de Psicología (UMSNH), Asesor, Dr. Roberto Oropeza Tena. roberto.oropeza@umich.mx

Palabras Clave: Estigma, Trastornos Mentales, Hombres y Mujeres.

INTRODUCCIÓN. El estigma es un tipo de exclusión social que se le da a personas que padecen de alguna distinción que los separa de otros atribuyéndoles cualidades negativas e indeseables por lo que terminan devaluándolos y reduciéndolos a esa cualidad que poseen (OPS, 2022).
El estigma posee 3 componentes (Cognitivo, Emocional y Conductual) con los cuales se dan diversas formas de devaluación hacia las personas con trastornos mentales llegando a afectarles a nivel personal, estructural e interpersonal (OPS, 2022). En el cognitivo se crean estereotipos con concepciones equivocadas y negativas sobre las personas que padecen de trastornos mentales, (Es/Soy Peligroso, Impredecible o incompetente), por parte de la sociedad y de quienes las padecen (OPS, 2022). En el emocional se crean los prejuicios donde se da un acuerdo entre las creencias y las reacciones emocionales negativas (Miedo o desconfianza) o se aplican las creencias sobre uno mismo (Vergüenza o culpa) (OPS, 2022). En la conductual se da la discriminación que son respuestas conductuales al prejuicio dadas hacia los demás en el trabajo, la vivienda y en sus relaciones sociales o hacia uno mismo (OPS, 2022). En el estigma se han descrito 3 niveles que interactúan entre ellos, estos son el estigma estructural que se encuentran formadas en las leyes e instituciones, el estigma social que la población posee hacia las personas con trastornos mentales y el estigma internalizado las cuales se manifiestan en interior del paciente. (Damián, 2019). Existe un proceso de estigmatización en que se forma la asociación de ciertas actitudes a un grupo determinado, el paso (1) la distinción y diferenciación, (2) la asociación de características negativas, (3) se les considera un grupo distinto (4) las repercusiones emocionales de quien estigmatiza y de la persona estigmatizada, (5) se una perdida de estatus y se da la discriminación y (6) se crean factores o dimensiones estructurales causando asimetrías de poder (López, M. et al. 2008). Es bastante frecuente en América Latina que debido a la estigmatización que viven las personas con trastornos mentales tengan poca autoestima, calidad de vida e inclusión social dificultándoles formar relaciones sociales y reducción en el uso rede sociales además de poco acceso a espacios laborales y escolares. (Tapia, F. M. et al. 2015)

ANTECEDENTES. En la investigación realizada por Matamoros y Marín (2019), muestra que los hombres tienen un nivel mayor de estigmatización en las personas que tienen trastornos mentales que las mujeres mostrando mayor nivel de autoritarismo y restricción social. En la investigación realizada por Vicario y de la Villa Moral (2016), muestra que las mujeres tienen un nivel de estigmatización inferior además de una mayor aceptación hacia las personas que poseen trastornos mentales que los hombres mostrando más benevolencias y sensibilización que los hombres. La investigación realizada por Fresán, A. et al. (2012) reporto que el nivel de Percepción

de agresión y peligrosidad (PAP) de mujeres que estudian psicología hacia las personas que poseen trastornos mentales tiene un nivel de intensidad que va de leve a moderada.

OBJETIVO. Conocer si hay diferencia en el nivel de estigma que tienen hombres y mujeres que estudian o trabajan en alguna área de la salud hacia personas con trastornos mentales según el Cuestionario de Actitudes de la Comunidad hacia las personas con Enfermedad Mental (CAMI), (Damián, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS.
Participantes. Se buscó encuestar a diferentes estudiantes y profesionales de las diversas ramas de la salud (Medicina, Psicología, Enfermería, Farmacología). El número de participantes encuestados fue de 99 personas de los cuales 33 son hombres y 66 son mujeres con un rango de 18 a 65 años de edad y con una edad promedio de 28.44.
Materiales. Se empleó el Cuestionario de Actitudes de la Comunidad hacia las personas con Enfermedad Mental (CAMI) para conocer en nivel de estigma de los participantes, el cual posee 4 sub escalas (Ideología, Restricción social, Autoritarismo y Benevolencia), (Martín Damián, 2019), el cuestionario se aplicó de forma digital por medio de Google Forms y con copias impresas de forma presencial.

RESULTADOS. Al revisar los resultados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres en ninguna de las 4 sub escalas del CAMI (Ideología, Restricción social, Autoritarismo y Benevolencia). Por lo tanto, podemos afirmar que en esta muestra entre hombres y mujeres profesionales de la salud no hay diferencias en el nivel de estigma.

CONCLUSIONES. Con base en los resultados se puede concluir que los hombres y mujeres no tienen un nivel de estigmatización significativamente diferente, lo cual se puede deber a su formación académica enfocada en el ámbito de la salud por lo que la diferencia de sexo al momento de estigmatizar no tiene mayor relevancia en ellos. Aun así, esto no los libera de conductas estigmatizaste por completo. De hecho, en otra investigación realizada por Polanco-Frontera, P. et al. (2013) no se encontraron diferencias significativas por género en la puntuación general dentro de los Profesionales de la Salud en Adiestramiento (PSA) encuestados, aunque si se encontró que los hombres poseían un mayor nivel de estigma en la sub escala de Distanciamiento Social (DS) que las mujeres en la Escala sobre Estigma y Salud Mental en Puerto Rico (EESMPR). Por lo que como profesionales de la salud es importante seguir mejorando la forma de tratar con personas que padecen de trastornos mentales.

REFERENCIAS.
1. Fresán, A. Robles, R. Cota, M. Berlanga, C. Lozano, D. y Tena, A. (2012). Actitudes de mujeres estudiantes de psicología hacia las personas con esquizofrenia: Relación con la percepción de agresividad y peligrosidad. Salud Mental, vol. 35, núm. 3, pp. 215-223. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=58223340005
2. López, M. Laviana, M. Fernández, L. López, A. Rodríguez, A. M. y Aparicio, A. (2008). La lucha contra el estigma y la discriminación en salud mental. Una estrategia compleja basada en la información disponible. Rev. Asoc. Esp. Neuropsiq, vol. XXVIII, n.º 101, pp. 43-83.
3. Martín Damián, A. J. (2019). Caracterización de patrones diferenciales de la etnia gitana: Un estudio de psiquiatría transcultural sobre el estigma en usuarios de salud mental. Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina.
4. Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). Entendiendo y actuando contra el estigma en salud mental en contextos de salud. Campus Virtual de Salud Pública (CVSP/OPS).

https://www.campusvirtualsp.org/es/curso/entendiendo-y-actuando-contra-el-estigma-en-salud-mental-en-contextos-de-salud-2022

5. Polanco-Frontera, N. Cajigas-Vargas, I. Rivera-Segarra, E. Varas-Díaz, N., Axel Santos-Figueroa, A. y Rosario-Hernández, E. (2013). Estigma hacia problemas de salud mental entre profesionales de la salud en adiestramiento en puerto rico. Salud y sociedad, Vol. 4, No. 3

6. Tapia, F. M. Castro, W. L. Poblete, C. M. y Soza, C. M. (2015). Estigma hacia los trastornos mentales: características e intervenciones. Salud Mental, Vol. 38, No. 1, pp. 53-58.

7. Vicario Cañas, A. y de la Villa Moral Jimenes, M. (2016). Actitudes hacia los trastornos mentales y su asociación percibida con delito: estigma social. Salud y Sociedad, 7(3), pp. 254-269. https://doi.org/10.22199/s07187475.2016.0003.00002

8. Vaca Matamoros, S. del V. y Martínez Marín, J. M. (2019). Análisis del estigma hacia personas con trastorno mental grave en la población de Cáceres. RES, Revista de Educación Social, pp. 142-153.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524161

ESTUDIO DE LA RESPUESTA INMUNOTROMBÓTICA A PROTEÍNAS DE *Plasmodium vivax*

Patricia Guzmán Cancino[1], Nallely García Larragoiti[1], Alan Fabricio Cano Méndez[1], Arturo Reyes Sandoval[2], Martha Eva Viveros Sandoval[1]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 1178918e@umich.mx; nallely.garcia@umich.mx; alan.cano@umich.mx; martha.viveros@umich.mx.

2Instituto Politécnico Nacional. areyessandoval@ipn.mx

Palabras Clave: Biomarcadores inmunotrombóticos, malaria, proteínas.

RESUMEN. Las infecciones por Plasmodium vivax, uno de los agentes causantes de la malaria en América, induce una respuesta inflamatoria compleja media por diferentes citocinas (IL-8, IL-1β y TNFα); esto debido a la parasitemia tras la infección eritrocitaria. En casos graves estas respuestas inflamatorias inducen una activación endotelial promoviendo así un estado procoagulante aumentando el riesgo de trombosis y complicaciones cerebrovasculares. La liberación de proteínas de Plasmodium vivax como CelTOS, CSP y PvTRAP, involucradas en la invasión y la patogenicidad del parásito, también juegan un papel importante en la modulación de respuestas inmunitarias, por lo que se han considerado candidatas de estudio a vacunas. Sin embargo, es importante estudiar las respuestas inmunotrombóticas de las plaquetas frente a estas proteínas, ya que las alteraciones en la función plaquetaria pueden contribuir al estudio de prevención de reacciones secundarias asociadas al uso de vacunas. Para ello, se obtuvieron muestras de sangre periférica de voluntarios sanos para adquirir plasma rico en plaquetas (PRP), el cual se estimuló con cada una de las proteínas de Plasmodium vivax (CSP, PvTRAP y CelTOS), posteriormente se recolectó el sobrenadante para la evaluación de los biomarcadores inmunológicos (IL-6, IL8, P-selectina, PSGL-1 y CD40Ls) y trombóticos (Dímero-D, PAI-1, Factor Tisular, tPA y FIX) mediante citometría de flujo. Los resultados demuestran que no existen diferencias significativas entre el grupo control y las plaquetas estimuladas con cada proteína de forma individual en los biomarcadores trombóticos, sin embargo, se observa una elevación de biomarcadores inflamatorios como P-selectina (*p< 0.05), IL-8(**p<0.05) y CD40Ls (**p<0.05), lo que sugiere que las proteínas PvTRAP, CelTOS y CSP inducen una respuesta inflamatoria pero no activan vías de coagulación.

INTRODUCCIÓN. La malaria, o paludismo, se manifiesta como una infección grave con elevada mortalidad, causada por parásitos del género Plasmodium y transmitida por un vector mosquito hembra del género Anopheles, siendo Plasmodium vivax el principal causante de esta enfermedad dentro del continente americano. Plasmodium vivax provoca infecciones en hepatocitos y en los glóbulos rojos mediante un proceso facilitado por proteínas específicas como CSP y PvTRAP, que permiten el transporte del patógeno hacia los hepatocitos y la proteína CelTOS, encargada de la liberación de merozoitos del hepatocito a los vasos sanguíneos. Actualmente, estas proteínas están siendo estudiadas como posibles blancos para la creación de vacunas. Se ha observado que algunas de las complicaciones de la enfermedad se relacionan con la activación del endotelio, lo que conduce a la activación procesos de coagulación y a su vez exacerbando la respuesta inmunitaria por medio de la activación plaquetaria y la activación

de leucocitos. Actualmente las plaquetas se reconocen como células inmunitarias además de sus funciones principales como células de coagulación, sin embargo, se desconoce su respuesta frente a antígenos de importancia biomédica como las proteínas CSP, PvTRAP, CelTOS para el desarrollo de vacunas y posibles complicaciones post vacunación.

ANTECEDENTES. La malaria representa una enfermedad infecciosa importante a nivel mundial, causando una parasitemia, afectando principalmente los glóbulos rojos (eritrocitos) siendo esta la línea celular más afectada (Stevenson & Riley, 2004). Los principales agentes causales de esta infección son los parásitos del género Plasmodium, siendo Plasmodium vivax el causante de los casos presentados en el continente americano.

La fisiopatología de la enfermedad comprende un ciclo complejo de infección, inicialmente es transmitida por medio de un vector un mosquito del género Anopheles infectado, el parasito es adquirido por el humano por medio de la picadura del mosquito, que al alimentarse inocula cientos de esporozoitos al hospedero, estos esporozoitos viajan a través del torrente sanguíneo por medio de diferentes proteínas de anclaje al endotelio vascular como lo es la proteína PvTRAP que contiene dominios de tipo trombospondina y la proteína del circunsporozoito o CSP, las cuales permiten el desplazamiento hacia el hígado donde inicia una infección primaria, conocida como infección pre eritrocitaria (Lopaticki et al., 2011; Reyes-Sandoval, 2021). Una vez en el hepatocito, se desarrollan y se multiplican para poder liberarse a la vasculatura, este proceso requiere de proteínas específicas como la proteína CelTOS, presente en el merozoito que genera poros en la membrana de los hepatocitos a través de la unión con los fosfolípidos de membrana para liberarse e infectar a los glóbulos rojos estableciendo una infección eritrocitaria (Alves et al., 2017).

La malaria grave es una forma rara, pero suele tener complicaciones por insuficiencia multiorgánica que incluye una anemia grave, hemoglobinuria, dificultad respiratoria y, en la forma más grave un compromiso vascular cerebral (Morrell, 2014).

El endotelio vascular al ser activado por citocinas inflamatorias y material liberado de los glóbulos rojos infectados provoca una alteración en el sistema de la coagulación, en casos graves se ha observado que existe un incremento en la concentración plasmática del Factor de von Willebrand y acumulación de multímeros de alto peso molecular promoviendo aún más la activación plaquetaria y la liberación de diversas citocinas inflamatorias y factores de coagulación derivados de los gránulos plaquetarios (Cunnington et al., 2013; JM et al., 2016). Las plaquetas representan un blanco importante dentro de la gravedad de la enfermedad, en diversos estudios se ha observado que, durante la enfermedad grave como la malaria cerebral, existe un aumento significativo de plaquetas que interaccionan mediante la unión al receptor CD36 con la proteína expresada en los eritrocitos PfEMP1 de Plasmodium faciparum; promoviendo la liberación de factor plaquetario 4 y la eliminación del parasito en el interior del eritrocito (McMorran et al., 2013). Sin embargo, la patogenia de la enfermedad grave sigue siendo objeto de estudio, ya que la liberación de citocinas inflamatorias por parte de las células inmunológicas, así como el endotelio y plaquetas pueden ser responsables de una respuesta inmunológica desregulada promoviendo alteraciones en el sistema de la coagulación (Cunnington et al., 2013; JM et al., 2016).

A pesar de la importancia de las plaquetas como células inmunológicas dentro de esta patología se desconoce su interacción con cada uno de los antígenos responsables de la motilidad (PvTRAP y CSP) y la infección (CelTOS), por lo cual este proyecto pretende analizar la respuesta derivada de plaquetas frente a estos antígenos de importancia biomédica para el desarrollo de vacunas para la prevención de la enfermedad.

OBJETIVO. Estudiar la respuesta inmunotrombótica derivada de plaquetas a las proteínas CSP, PvTRAP y CelTOS de Plasmodium vivax.

MATERIALES Y MÉTODOS.
PLASMA RICO EN PLAQUETAS. Para la obtención de plasma rico en plaquetas (PRP) se realizó una toma de muestra sanguínea de voluntarios aparentemente sanos que aceptaron participar en el proyecto y firmaron una carta de consentimiento informado. La muestra se obtuvo mediante sistema Vacutainer® en tubo azul con citrato de sodio 3,2%, el PRP se obtuvo por centrifugación a una velocidad de 1000rpm por 10 minutos el cual se resuspendió en buffer de Tyrodes a temperatura ambiente.
PROTEÍNAS DE Plasmodium vivax. Las proteínas recombinantes CelTOS, CSP y PvTRAP fueron diseñadas por la Universidad de Oxford y donadas al Laboratorio de Hemostasia y Biología Vascular.
ENSAYO DE ACTIVACIÓN PLAQUETARIA. Para los ensayos de activación plaquetaria, se estimuló el PRP obtenido de voluntarios aparentemente sanos con cada una de las proteínas de Plasmodium vivax (CSP, CelTOS y PvTRAP), a una concentración de 1µg/µL, durante 1 hora. Posteriormente se recolectaron los sobrenadantes tras la activación, para el posterior análisis.
EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES INMUNOTROMBOTICOS. La evaluación de los biomarcadores (IL-6, IL8, P-selectina, PSGL-1, CD40Ls, Dímero-D, PAI-1, Factor Tisular, tPA y FIX) en sobrenadantes de PRP previamente estimulado con proteínas de Plasmodium vivax se realizó mediante citometría de flujo utilizando el LEGENDplex Kit™ Human Thrombosis Panel Standard de BioLegend® siguiendo las instrucciones sugeridas por el proveedor. Este es un inmunoensayo basado en perlas de captura específicas para cada biomarcador con el mismo principio de un Elisa tipo sándwich, para lo cual los sobrenadantes de los ensayos de activación fueron incubados con perlas de captura específicas para cada biomarcador durante 2 horas, posteriormente se agregó un anticuerpo secundario (anticuerpo de detección) conjugado con biotina incubándolo durante una hora y después se agregó estreptadivina-ficoeritrina (SA-PE) para unirse al conjugado de biotina durante 30 minutos, proporcionando diferentes intensidades de fluorescencia en proporción a la cantidad de analitos unidos. Las muestras se leyeron en un equipo CytoFLEX, BECKMAN COULTER®.

RESULTADOS. Las proteínas de Plasmodium vivax, PvTRAP, CelTOS y CSP, son capaces de inducir la activación de las plaquetas, provocando su degranulación y la liberación de biomarcadores específicos. Se observó una liberación significativa de P-selectina (*$p<0.05$), IL-8 (**$p<0.05$) y sCD40L (**$p<0.05$) en respuesta al estímulo con estas proteínas. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los niveles de los marcadores trombóticos analizados.

CONCLUSIONES. Nuestros resultados sugieren que la activación plaquetaria inducida por las proteínas de *Plasmodium vivax* está asociada con la liberación de ciertas moléculas inflamatorias, sin afectar de manera evidente los biomarcadores trombóticos. Lo que sugiere que las proteínas modulan un fenotipo inmunológico en plaquetas.

REFERENCIAS.
1. Alves, E., Salman, A. M., Leoratti, F., Lopez-Camacho, C., Viveros-Sandoval, M. E., Lall, A., El-Turabi, A., Bachmann, M. F., Hill, A. V. S., Janse, C. J., Khan, S. M., & Reyes-Sandoval, A. (2017). Evaluation of Plasmodium vivax cell-traversal protein for ookinetes and sporozoites as a preerythrocytic P. vivax vaccine. Clinical and Vaccine Immunology, 24(4). https://doi.org/10.1128/CVI.00501-16

2. Cunnington, A. J., Riley, E. M., & Walther, M. (2013). Stuck in a rut? Reconsidering the role of parasite sequestration in severe malaria syndromes. Trends in Parasitology, 29(12), 585–592. https://doi.org/10.1016/J.PT.2013.10.004
3. JM, O., RJ, P., N, O., & JS, O. (2016). Emerging roles for hemostatic dysfunction in malaria pathogenesis. Blood, 127(19), 2281–2288. https://doi.org/10.1182/BLOOD-2015-11-636464
4. Lopaticki, S., Maier, A. G., Thompson, J., Wilson, D. W., Tham, W. H., Triglia, T., Gout, A., Speed, T. P., Beeson, J. G., Healer, J., & Cowman, A. F. (2011). Reticulocyte and erythrocyte binding-like proteins function cooperatively in invasion of human erythrocytes by malaria parasites. Infection and Immunity, 79(3), 1107–1117. https://doi.org/10.1128/IAI.01021-10
5. McMorran, B. J., Burgio, G., & Foote, S. J. (2013). New insights into the protective power of platelets in malaria infection. Communicative & Integrative Biology, 6(3). https://doi.org/10.4161/CIB.23653
6. Morrell, C. N. (2014). Understanding platelets in malaria infection. Current Opinion in Hematology, 21(5), 445–449. https://doi.org/10.1097/MOH.0000000000000073
7. Reyes-Sandoval, A. (2021). Plasmodium vivax pre-erythrocytic vaccines. Parasitology International, 84. https://doi.org/10.1016/J.PARINT.2021.102411
8. Stevenson, M. M., & Riley, E. M. (2004). Innate immunity to malaria. Nature Reviews Immunology 2004 4:3, 4(3), 169–180. https://doi.org/10.1038/nri1311

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524163

EVALUACIÓN DE LA EFICACIA ANTIBACTERIANA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE GALEANA (*Spathodea campanulata*) CONTRA *Enterococcus faecalis*

Jorge Miguel Santacruz Monzon[1], Rubén Abraham Domínguez Pérez[2] Bertha Fenton Navarro[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", División de estudios de Posgrado, Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia; 1341699g@umich.com

2Universidad Autónoma de Querétaro; Facultad de Medicina, Laboratorio de Investigación Odontológica Multidisciplinaria; dominguez.ra@uaq.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", División de estudios de Posgrado, Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia; bertha.fenton@umich.mx

Palabras Clave: Periodontitis apical, Spathodea campanulata, Enterococcus faecalis

RESUMEN. Introducción: La periodontitis apical (PA) es una enfermedad inflamatoria multifactorial. En México tiene una prevalencia del 56.25%. El tratamiento de primera elección es la terapia de conductos radiculares (TCR), irrigando con NaOCl al 2.5%, debido a que posee un amplio efecto antimicrobiano, sin embargo, tiene efectos secundarios y no erradica completamente la infección. E. faecalis es la bacteria que se encuentra con mayor frecuencia en los TCR fallidos en un 75-90% de los casos. Por ello, se buscan nuevos principios activos biocompatibles con efectos antibacterianos, siendo las plantas medicinales candidatas a nuevas soluciones irrigantes por su contenido en polifenoles, como lo son las hojas de la planta Galeana. Materiales y métodos: Se evaluó el efecto antibacteriano del extracto etanólico de S. campanulata (EESC), como solución irrigante en un modelo in vitro frente a E. faecalis ATCC 29212. Se utilizó el método de microdilución en caldo Mueller-Hinton (CMH) en placas multipozos, para obtener la concentración mínima inhibitoria (CMI) y posteriormente la siembra en placas de agar Mueller-Hinton (AMH) de los pozos que no tenían signos de turbidez para obtener la concentración mínima bactericida (CMB). Además del grupo experimental del EESC con CMH inoculado, se utilizaron los siguientes controles: CMH sin inóculo, NaOCl al 2.5% y Ampicilina de 500 mg con CMH inoculados como controles positivos y CMH inoculado como control negativo. Resultados y conclusiones: Los valores encontrados de los controles coinciden con lo previamente reportado. La CMI y CMB del EESC fue de 25 µg/mL y 50 µg/mL respectivamente. Se concluye que el EESC es capaz de reducir e incluso eliminar la carga bacteriana de E. faecalis en los ensayos de microdiluciones seriadas en CMH con posterior siembra en AMH, por lo que el EESC puede tener un potencial terapéutico en el tratamiento de la PA.

INTRODUCCIÓN. La periodontitis apical (PA) es un problema de salud pública de alta prevalencia mundial y en México (Pérez et al., 2023; Tibúrcio-Machado et al., 2021). La PA refractaria, es aquella que persiste después de la terapia de conductos radiculares, siendo la etiología más común la infección patógena no controlada asociada frecuentemente a E. faecalis, lo que representa un desafío para la terapia clínica. Dentro de las principales afecciones bucales están: dolor, presencia de abscesos apicales con o sin fístula e inflamación de los tejidos apicales, hasta

llegar a la pérdida de la o las piezas dentales afectadas. El NaOCl es el irrigante endodóntico estándar de oro, siendo la solución más utilizada debido a que posee un amplio efecto antimicrobiano, sin embargo, tiene efectos secundarios (Gómez-Palma and Betancourt-González, 2018). Actualmente, los productos naturales han sido de interés, ya que se ha identificado que son eficaces contra muchas enfermedades y producen menos efectos secundarios (Prabhakar et al., 2010). La introducción de nuevos irrigantes con efecto antimicrobiano frente a E. faecalis y seguros para el tratamiento de la PA, proporcionará un mejor pronóstico, siendo los polifenoles de las plantas medicinales, candidatos como nuevas soluciones como lo podrían ser los de S. campanulata debido a sus propiedades antiinflamatoria, analgésica, antirresortiva y antimicrobiana que se han reportado (Cruz et al., 2022; Mbosso Teinkela et al., 2016; Świątek et al., 2022), propiedades conjuntas que no posee ningún irrigante endodóntico comercial en la actualidad.

ANTECEDENTES. La PA es una enfermedad inflamatoria multifactorial de los tejidos apicales del diente, causada por una infección microbiana (principalmente bacteriana) persistente dentro del sistema del conducto radicular, causando la destrucción progresiva del hueso alveolar. Es un problema importante de salud pública debido a su alta prevalencia a nivel mundial y en México. El principal síntoma de la PA es el dolor, en caso de ser muy severo, puede ser incapacitante. Si no es tratada o el tratamiento falla, es capaz de provocar pérdida de piezas dentales (Pérez et al., 2023; Tibúrcio-Machado et al., 2021). La PA refractaria, es aquella que persiste después del tratamiento de rutina, teniendo como etiología más común la infección patógena no controlada asociada principalmente a E. faecalis (bacteria en forma de coco, gram positiva y anaerobia facultativa), lo que representa un desafío para la terapia clínica, ya que es frecuentemente encontrada en los conductos radiculares infectados y en TCR fallidos sin cicatrización apical, cultivándose en este último caso entre el 80-90% de los casos, con 9 veces más probabilidades de contener esta bacteria que las infecciones endodónticas primarias (Deng et al., 2023; Siqueira and Rôças, 2004; Siqueira and Rôças, 2005). El objetivo primario del tratamiento de la PA es eliminar o reducir los microorganismos y sus subproductos del sistema de conductos radiculares. Para ello, se emplea la TCR con métodos químicos antimicrobianos (irrigantes) y mecánicos (raspado y alisado con limas endodónticas). Las soluciones de irrigación antimicrobianas son fundamentales durante el proceso de limpieza, ya que penetran lugares de difícil acceso del conducto radicular (Gómez-Palma and Betancourt-González, 2018; Stewart, 1955). El NaOCl es el estándar de oro, se ha utilizado por más de 100 años, la solución al 2.5% es la más aplicada debido a que disuelve tejidos y posee un amplio efecto antimicrobiano. Sin embargo, es un agente inespecífico que provoca citotoxicidad y hace susceptible a las piezas dentales tratadas a una futura fractura. Además, es incapaz de erradicar por completo a los microorganismos presentes, puede interferir con la posterior obturación de los conductos radiculares tratados, tiene potencial alergénico y su sabor y olor son desagradables (Gómez-Palma and Betancourt-González, 2018; Prabhakar *et al*., 2010). La planta de Galeana (*S. campanulata*) posee actividad antiinflamatoria, analgésica, antirresortiva y antimicrobiana frente a cepas bacterianas gram negativas y gram positivas (Cruz *et al*., 2022; Mbosso Teinkela *et al*., 2016; Świątek *et al*., 2022). Mbosso Teinkela *et al*. en 2016, determinaron la CMI y CMB de *E. faecalis* utilizando el extracto de metanol de *S. campanulata*, obteniendo resultados de 39.1 y 78.1 µg/mL respectivamente. Debido a estos antecedentes, es importante realizar investigaciones empleando nuevos principios activos biocompatibles con efectos antimicrobianos, con la finalidad de mejorar la salud apical.

OBJETIVO. Obtener la CMI y CMB del EESC.

MATERIALES Y MÉTODOS. El ensayo se realizó bajo condiciones de desinfección y esterilidad y se basa en los estándares de desempeño para pruebas de susceptibilidad a los antimicrobianos del Clinical and Laboratory Standards Institute, 2020.
1) Se inoculó E. faecalis ATCC 29212 en 4 a 5 mL de caldo Müller Hinton (CMH).
2) Se incubó a 37°C de 4 a 6 horas y se ajustó con CMH hasta alcanzar la turbidez equivalente a 0.5 en la escala de McFarland, comprobando mediante espectrofotometría.
3) En una placa de 96 pozos se colocaron 50 µL de CMH en cada pozo, y 50 µL de cada solución señalada más adelante en los últimos 6 pozos que se encuentran en sentido vertical, realizando diluciones seriadas 1:2, descartando la alícuota de 50 µL remanente.
6) Se colocaron 50 µL de CMH inoculado en los pozos que se indican a continuación:
a. CMH (control positivo)
b. CMH + CMH inoculado + NaOCl al 2.5% (control positivo II)
c. CMH + CMH inoculado + Ampicilina de 500 mg (control positivo III)
d. CMH + CMH inoculado + EESC (grupo experimental).
e. CMH + CMH inoculado + EESC (grupo experimental).
f. CMH + CMH inoculado + EESC (grupo experimental).
g. CMH + CMH inoculado (control negativo)
7) Se colocó una cubierta plástica sobre la placa, incubando por 24 hrs. a 37°C.
8) Se leyó la placa mediante espectrofotometría a los 0, 1, 2, 5, 10, 30, 60 minutos y a las 2 y 24 hrs. para determinar la CMI.
9) Se sembraron en placas de AMH los pozos sin signos de turbidez para obtener la CMB.
10) Se realizó el experimento por triplicado, registrando la media ± DE en Excel Microsoft 365 y se elaboraron las gráficas en el programa GraphPad Software Inc.
13) En el análisis estadístico se empleó la estadística descriptiva y un ANOVA de una vía, seguida de una prueba post hoc de Tukey (diferencias significativas si $p < 0.05$).

RESULTADOS. El EESC es capaz de eliminar a *E. faecalis* a las 24 hrs., los controles positivos no tienen diferencia estadísticamente significativa con respecto a algunas concentraciones del EESC (Fig. 1). Los valores encontrados de los controles coinciden con lo previamente reportado.

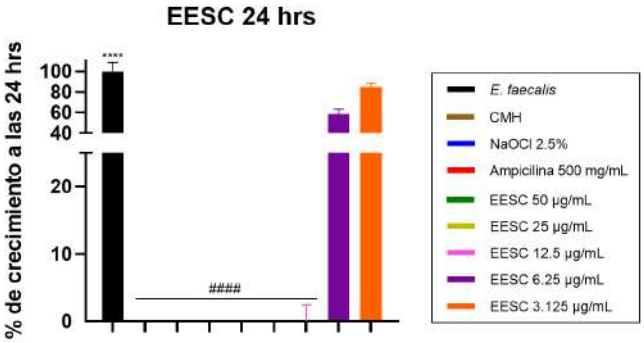


Figura 1. *Porcentaje de crecimiento de E. faecalis con controles y el EESC a las 24 hrs. La gráfica representa la media ± DE (n=9). EESC: Extracto Etanólico de S. campanulata; CMH: caldo Müller Hinton; NaOCl; hipoclorito de sodio. * Comparación con E. faecalis. # Comparación con las soluciones capaces de eliminar y/o inhibir el crecimiento de E. faecalis. * #0.05, ** ##0.01, *** ###0.001, **** ####0.0001.*

La CMI y la CMB se definieron como las concentraciones más bajas del EESC necesarias para inhibir el crecimiento y eliminar a *E. faecalis*, después de 24 hrs. de exposición. La CMI y CMB del EESC son de 25 µg/mL (Fig. 2A) y 50 µg/mL (Fig. 2B) respectivamente.

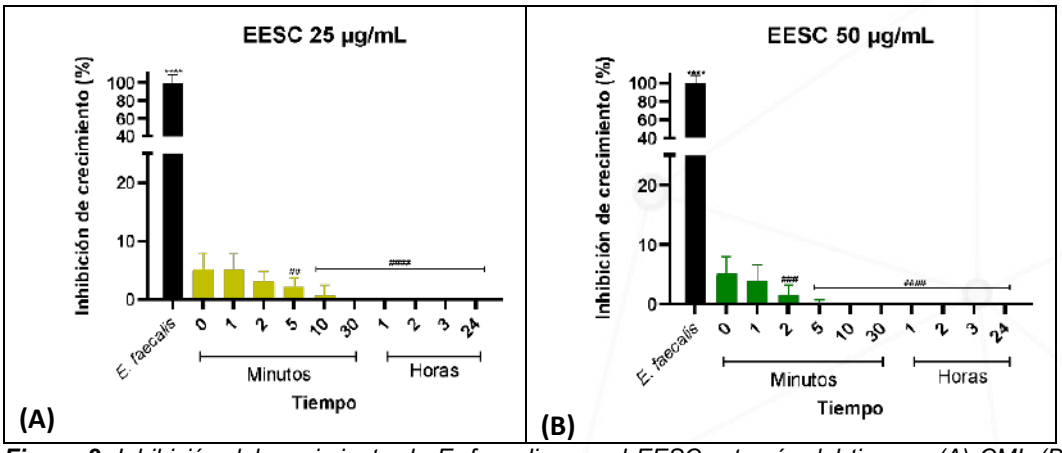


Figura 2. *Inhibición del crecimiento de E. faecalis con el EESC a través del tiempo. (A) CMI. (B) CMB. La gráfica representa la media ± DE (n=9). EESC: Extracto Etanólico de S. campanulata. * Comparación con E. faecalis. # Comparación de todos los tiempos con el tiempo cero. #0.05, ##0.01, ###0.001, ####0.0001.*

CONCLUSIONES. El EESC es capaz de reducir y eliminar la carga bacteriana de E. faecalis en los ensayos de microdiulciones seriadas en CMH con posterior siembra en AMH. El EESC puede tener un potencial terapéutico en el tratamiento de la PA como irrigante endodóntico. Se necesita más investigación en otros modelos sobre su eficacia para determinar si tienen valor medicinal de forma independiente o en combinación con medicamentos existentes.

AGRADECIMIENTOS. El presente trabajo corresponde parcialmente al trabajo de tesis de Maestría en Ciencias de la Salud de Santacruz Monzon JM (beca CONAHCYT No. 843370). Recibió apoyo financiero otorgado a Fenton Navarro B por parte de la CIC-UMSNH-BFN-2024.

REFERENCIAS.

1. Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing (30th ed.). Clinical and Laboratory Standards Institute.
2. Cruz, T., Fenton, B., and López, M. (2022). Efecto de la administración oral del extracto acuoso de hojas de galeana (Spathodea campanulata) sobre la cantidad de osteoclastos en ratas con periodontitis. UMSNH.
3. Deng, Z., Lin, B., Liu, F., and Zhao, W. (2023). Role of Enterococcus faecalis in refractory apical periodontitis: from pathogenicity to host cell response. Journal of Oral Microbiology, 15(1). https://doi.org/10.1080/20002297.2023.2184924
4. Gómez-Palma, A., and Betancourt-González, L. (2018). Infiltración accidental de hipoclorito de sodio en tejidos periapicales al realizar tratamientos de conductos. Salud Quintana Roo, 40(11), 45–49.
5. Mbosso Teinkela, J. E., Assob Nguedia, J. C., Meyer, F., Vouffo Donfack, E., Lenta Ndjakou, B., Ngouela, S., Tsamo, E., Adiogo, D., Guy Blaise Azebaze, A., and Wintjens, R. (2016). In vitro antimicrobial and anti-proliferative activities of plant extracts from Spathodea campanulata, Ficus bubu, and Carica papaya. Pharmaceutical Biology, 54(6), 1086–1095. https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1103273
6. Pérez, A., Bolado, E., Camacho-Aparicio, LA., and Hervert, L. (2023). Prevalence of pulp and periapical diseases in the endodontic postgraduate program at the national autonomous University of Mexico 2014-2019. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, e470–e477. https://doi.org/10.4317/jced.60451
7. Prabhakar, J., Senthilkumar, M., Priya, M. S., Mahalakshmi, K., Sehgal, P. K., and Sukumaran, V. G. (2010). Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Herbal Alternatives (Triphala and Green Tea Polyphenols), MTAD, and 5% Sodium Hypochlorite against Enterococcus faecalis Biofilm Formed on Tooth Substrate: An In Vitro Study. Journal of Endodontics, 36(1), 83–86. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.040
8. Siqueira, J. F., and Rôças, I. N. (2004). Polymerase chain reaction–based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 97(1), 85–94. https://doi.org/10.1016/S1079-2104(03)00353-6

9. Siqueira, J. F., and Rôças, I. N. (2005). Uncultivated Phylotypes and Newly Named Species Associated with Primary and Persistent Endodontic Infections. Journal of Clinical Microbiology, 43(7), 3314–3319. https://doi.org/10.1128/JCM.43.7.3314-3319.2005
10. Stewart, G. G. (1955). The importance of chemomechanical preparation of the root canal. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 8(9), 993–997. https://doi.org/10.1016/0030-4220(55)90303-0
11. Świątek, Ł., Sieniawska, E., Sinan, K. I., Zengin, G., Uba, A. I., Bene, K., Maciejewska-Turska, M., Rajtar, B., Polz-Dacewicz, M., and Aktumsek, A. (2022). Bridging the Chemical Profiles and Biological Effects of Spathodea campanulata Extracts: A New Contribution on the Road from Natural Treasure to Pharmacy Shelves. Molecules, 27(15), 4694. https://doi.org/10.3390/molecules27154694
12. Tibúrcio-Machado, C. S., Michelon, C., Zanatta, F. B., Gomes, M. S., Marin, J. A., and Bier, C. A. (2021). The global prevalence of apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. International Endodontic Journal, 54(5), 712–735. https://doi.org/10.1111/iej.13467

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524165**

LA ADMINISTRACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Spathodea campanulata* DISMINUYE LOS NIVELES DE ANSIEDAD EN RATAS MACHO DIABÉTICAS Y CON SEPARACIÓN MATERNAL

Tiffany Yarely Campos Nuñez, Luz Torner Aguilar y Bertha Fenton Navarro
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez". División de estudios de Posgrado. Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia; 1341937X@umich.mx
2Centro de Investigaciones Biomédicas de Michoacán, IMSS. Laboratorio de Neuroendocrinología; luz_torner@yahoo.com
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez". División de estudios de Posgrado. Laboratorio de Glicobiología y Farmacognosia; bertha.fenton@umich.mx

Palabras Clave: Diabetes mellitus, separación maternal, ansiedad.

RESUMEN. La diabetes es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por hiperglicemia. En México es la tercera causa de muerte en adultos. La DM2 es un factor de riesgo para el desarrollo de ansiedad. La separación maternal (SM) es un modelo de rata que estudia el estrés temprano y sus efectos, como la ansiedad. Spathodea campanulata es una planta caracterizada por sus efectos hipoglucemiantes, sin embargo, no existen reportes del efecto del extracto acuoso de S. campanulata (EASC) sobre la ansiedad de ratas macho diabéticas y con SM. Objetivo: Evaluar el efecto del EASC sobre la ansiedad en ratas macho diabéticas y con SM. Metodología: Se formaron los grupos: 1) Control. 2) DM2, la diabetes se indujo con fructosa al 40% ad libitum. 3) DM2 + Metformina (MF). 4) DM2+EASC. 5) Separación Maternal (SM): las crías fueron separadas de sus madres 3h/día del día postnatal (PN) 1 al PN14. Después permanecieron con sus madres desde PN15-PN21. 6) SM+DM2. 7) SM+DM2+MF. 8) SM+DM2+EASC. La administración de tratamientos se realizó de manera crónica y oral utilizando las siguientes dosis: EASC (300 mg/kg), MF (100 mg/kg) y solución salina al 0.9% a grupos control. Una vez finalizados los tratamientos, la ansiedad se midió mediante la prueba de laberinto en cruz elevada (LCE). La actividad reducida en brazos abiertos refleja un aumento de la ansiedad. Resultados: se observó una disminución en el % de entradas y tiempo en brazos abiertos en los grupos con DM2, SM y DM2+SM (mayor ansiedad). Así como un aumento en el % tiempo y entradas con la administración de EASC y metformina (reducción de ansiedad). Conclusión. Por primera vez, se reporta que la administración de EASC sobre ratas diabéticas y con SM reduce los niveles de ansiedad en las ratas.

INTRODUCCIÓN. La diabetes es una enfermedad metabólica crónica caracterizada por hiperglicemia (Egan & Dinneen, 2018). Esta enfermedad se presenta cuando el cuerpo no produce suficiente insulina o no responde normalmente a ella, y provoca niveles de glucosa anormalmente elevados (OMS, 2024). Es de rápido crecimiento en el mundo, para 2045 se proyecta que afectará a 693 millones de adultos (Ogurtsova, 2017). En México es la tercera causa de muerte en adultos (OMS, 2015). La diabetes está asociada con una mayor probabilidad de desarrollar trastornos de ansiedad ya que induce un estado de estrés oxidativo en el hipocampo (Patel and Udayabanu, 2014; Begum et al., 2020). La ansiedad es una condición frecuente que genera complicaciones del desarrollo, psicosocial y psicopatológico (Grisgby et al, 2002). A nivel

mundial, es el trastorno mental más frecuente, la prevalencia se encuentra entre el 10% y el 25% de la población (Begum et al., 2020). La vida temprana es una etapa importante para el desarrollo neurológico donde los eventos estresantes pueden alterarlo (Meng et al., 2023). Las experiencias adversas en la infancia son un tipo de estrés generado por varios factores que afectan el desarrollo cerebral y aumenta el riesgo de padecer patologías en edades adultas como la ansiedad y síndrome metabólico (Alberry y Silveira; 2023). La separación materna es un modelo en ratas que se utiliza para estudiar el estrés temprano y sus efectos, como la ansiedad (Franklin et al., 2012). Durante cientos de años, las plantas han sido importantes por sus efectos medicinales. Dentro de los tratamientos de la diabetes se consideran a las plantas pues se sabe que contienen moléculas como los flavonoides que pueden poseen actividades hipoglucemiantes. S. campanulata, es una planta utilizada en la medicina tradicional como diurético, antiinflamatorio, hipoglucemiante y posee una fuerte actividad antioxidante (Niyonzima y cols., 1993; Heim y cols., 2011). El aumento de la prevalencia de la diabetes, el estrés temprano y sus complicaciones repercuten a nivel global, por lo que es importante el uso de alternativas naturales como extractos de plantas que ya se sabe que tienen efectos hipoglucemiantes y podrían ayudar a revertir los efectos causados por el estrés temprano y la diabetes.

ANTECEDENTES. Respecto a los pacientes diabéticos, se ha observado la presencia del doble de depresión y ansiedad en comparación con una persona sana (Sahin et al, 2019). Se ha demostrado que existen diferencias en el cerebro de personas con diabetes tipo 2, que son: afectaciones el sistema nervioso central, atrofia cerebral y presencia de mayor incidencia de ansiedad (Raffield, 2016; Matar-Khalil and Rubio-Sandoval, 2021). La hiperglucemia está asociada a alteraciones de los neurotransmisores dopamina y serotonina, los cuales están involucrados en la fisiopatología de la ansiedad y depresión al mismo tiempo que afecta de manera negativa a la neurogénesis y neuroplasticidad del hipocampo, y por consiguiente la generación de síntomas cognitivos (Ho et al., 2003). Se ha sugerido que la programación temprana de la reactividad del eje hipotálamo-pituitario-suprarrenal (HPA) es un factor para la vulnerabilidad a enfermedades metabólicas bajo la exposición crónica a factores estresantes en la adultez (Eskandari et al., 2023). Cuando se hipersecretan glucocorticoides (GC) como producto de la activación del eje HPA se induce el estrés oxidativo, la resistencia a la insulina, hiperglucemia, alteraciones en las células β pancreáticas y por consiguiente el riesgo de desarrollar diabetes (Eskandari et al, 2021). Existe evidencia de que la retroalimentación negativa de los glucocorticoides está alterada en pacientes diabéticos, esta alteración genera la hiperactividad del eje HPA y niveles altos de GC alteran la homeostasis de la glucosa, lo que genera hiperglucemia, una función alterada de GC puede ser el vínculo entre el estrés, la hiperactividad del eje HPA y la hiperglucemia (Kokkinopoulou, et al., 2021). También se ha observado que los adultos que sufrieron experiencias adversas en la infancia pueden tener una sobreactivación del eje HPA y homeóstasis alterada de la glucosa (Misiak et al., 2022).

OBJETIVO. Evaluar el efecto del EASC sobre la ansiedad en ratas macho diabéticas y con separación maternal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los animales utilizados en el presente estudio fueron ratas machos de la cepa Sprague-Dawley. Mantenidas bajo ciclo luz-obscuridad 12:12, temperatura de 22 a 26°C y humedad de 50 a 60%. Se formaron 8 grupos experimentales:
Ratas control
Ratas diabéticas

Ratas diabéticas tratadas con metformina
Ratas diabéticas tratadas con EASC
Ratas con SM
Ratas diabéticas con SM
Ratas diabéticas con SM tratadas con metformina
Ratas diabéticas con SM tratadas con EASC
Control: Las ratas que pertenecieron a este grupo permanecieron en jaulas. Una vez cumplidas tres semanas de nacimiento (destete) hasta en día del sacrificio.
Inducción de Diabetes mellitus tipo 2: a partir del día del destete se administró fructosa al 40% de manera oral Ad libitum a los grupos de ratas diabéticas durante 6 semanas.
Preparación del extracto acuoso de Galeana (S. campanulata) (EASC): Se recolectaron hojas de S. campanulata, las cuales fueron lavadas y sanitizadas con hipoclorito de sodio al 1%. Después fueron secadas, maceradas, pesadas e hidratadas con agua destilada durante 24 horas. Posteriormente, se homogenizó la mezcla, se filtró y centrifugó. El sobrenadante obtenido fue llamado “extracto acuoso”.
Administración de tratamientos: Se administró el EASC al grupo 4 y 8 utilizando una dosis de 300mg/kg, metformina (100 mg/kg) al grupo 3 y 6 y solución salina al 0.9% en los grupos 1, 2, 5 y 7 luego de finalizar el periodo de inducción de diabetes. La administración se realizó de manera crónica con ayuda de una cánula de alimentación.
Una vez finalizada la administración de los tratamientos, la ansiedad fue evaluada utilizando la prueba de laberinto en cruz elevada en la semana 8 de tratamiento. Esta prueba genera un conflicto en el roedor, el cual puede explorar los brazos abiertos e iluminados, o permanece en los brazos cerrados y obscuros. Las ratas fueron colocadas una por una en uno de los brazos cerrados del laberinto a manera que la cabeza quedara alejada del centro del laberinto. Exploraron el laberinto por 5 minutos, al mismo tiempo fueron filmadas y después retiradas para colocar a la siguiente rata. Se realizó la limpieza del laberinto con una solución jabonosa y posteriormente agua, entre cada una de las ratas. Una vez obtenidos los videos, estos fueron analizados. Los criterios considerados fueron: % de entradas y % de tiempo en los brazos abiertos, respecto al total en los dos brazos. Una reducida actividad en los brazos abiertos (% de tiempo y % de entradas) refleja un incremento del comportamiento similar a la ansiedad.
Al finalizar el periodo experimental, los animales fueron anestesiados con pentobarbital sódico (150 mg/kg peso) y posteriormente eutanizados. Finalmente se realizó la obtención de diversos órganos, de acuerdo con las especificaciones de la NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.
Una vez obtenidos los valores correspondientes a la prueba de laberinto en cruz elevado, se realizó el análisis estadístico, para ello se obtuvieron las medias aritméticas y la desviación estándar. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de una prueba post hoc Tukey.

RESULTADOS. El porcentaje de tiempo en los brazos abiertos disminuye significativamente en el grupo de ratas con DM2 ($p<0.01$) y en el grupo SM y SM+DM2 ($p<0.05$) respecto al control. El tratamiento con el EASC y MF no resultó diferente al grupo control (Fig 1A).
El porcentaje de entradas en los brazos abiertos disminuye significativamente en el grupo de ratas con DM2, ratas con SM ($p<0.01$) y DM2 + SM ($p<0.05$). El tratamiento con el EASC y MF no resultó diferente al grupo control, pero sí respecto al grupo con DM2. (Fig 1B).

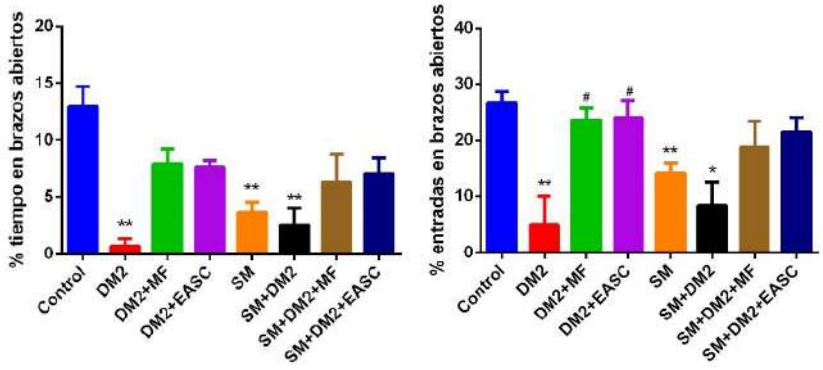


Figura 1. *Porcentaje de tiempo y entradas en brazos abiertos respecto a los todos los brazos del laberinto, ANOVA de una vía, post hoc Tukey. n=6. ** p<0.01 y * p<0.05 respecto al control; # p<0.05 respecto al grupo DM2.*

La exploración reducida en los brazos abiertos (% de entradas y % de tiempo) refleja un incremento en la ansiedad, por lo que, en los grupos con la administración de metformina y EASC respectivamente, el incremento del porcentaje de tiempo y entradas en los brazos abiertos reflejaría una disminución en la ansiedad en las ratas diabéticas. Esto muestra un posible efecto protector de los daños ocasionados por la DM, al aumentar el porcentaje tiempo y de entradas en los brazos abiertos. El tratamiento con EASC revierte los efectos ocasionados por la DM en ratas macho, ya que los animales con EASC exploran los brazos abiertos del laberinto de forma similar a los del grupo control.

CONCLUSIONES. Por primera vez se reporta el efecto del extracto acuoso de S. campanulata sobre los niveles de ansiedad en ratas diabéticas macho de la cepa Sprague Dawley. El extracto acuoso de S. campanulata disminuye los niveles de ansiedad en ratas diabéticas macho.

AGRADECIMIENTOS. El presente trabajo corresponde parcialmente a la tesis de maestría de Campos Nuñez TY (CONAHCYT:845255). El financiamiento fue proporcionado parcialmente por CIC-UMSNH-BFN-2024 a Fenton Navarro B.

REFERENCIAS.

1. Alberry, B., y Silveira, P. P. (2023). Brain insulin signaling as a potential mediator of early life adversity effects on physical and mental health. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 153, 105350. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105350
2. Begum, A. P., and Shahed-Al-Mahmud. (2020). Methanol extract of Spathodea campanulata P. (Beauv.) leaves demonstrate sedative and anxiolytic like actions on swiss albino mice. Clin Phytosci. 6:41. https://doi.org/10.1186/s40816-020
3. Egan A. M., y Dinneen S. F. (2018). What is diabetes? Medicine, S1357303918302627.
4. Eskandari, F., Salimi, M., Binayi, F., Abdollahifar, M. A., Eftekhary, M., Hedayati, M., Ghanbarian, H., & Zardooz, H. (2023). Investigating the Effects of Maternal Separation on Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis and Glucose Homeostasis under Chronic Social Defeat Stress in Young Adult Male Rat Offspring. Neuroendocrinology, 113(3), 361–380. https://doi.org/10.1159/000526989
5. Eskandari, F., Salimi, M., Khodagholi, F., Hedayati, M., & Zardooz, H. (2021). Investigation of the effects of maternal separation on the pancreatic oxidative and inflammatory damages along with metabolic impairment in response to chronic social defeat stress in young adult male rats. Journal of diabetes and metabolic disorders. 20(2), 1557–1565. https://doi.org/10.1007/s40200-021-00902-3
6. Franklin, T. B., Saab, B. J., y Mansuy, I. M. (2012). Neural mechanisms of stress resilience and vulnerability. Neuron. 75(5). 747–761. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.08.016

7. Grigsby, A., Anderson, R and Freedland, K. (2002). Prevalence of anxiety in adults with diabetes: A systematic review. Journal of Psychosomatic Research. 53 (6). 1053-1060.
8. Heim, S.C., Guarnier, F.A., Ferreira, D.T., Braz-Filho, R., Cecchini, R. y Cecchini, A.L. (2011). Antioxidant activity of Spathodea campanulata (Bignoneaceae) extracts. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. 14(2).
9. Ho, N., Sommers and Lucki, I. (2013). Effects of diabetes on hippocampal neurogenesis: links to cognition and depression. Neurosci Biobehav Rev. 37(8). 1346-62
10. Kokkinopoulou, I., Diakoumi, A., & Moutsatsou, P. (2021). Glucocorticoid Receptor Signaling in Diabetes. International journal of molecular sciences, 22(20), 11173. https://doi.org/10.3390/ijms222011173
11. Matar-Khalil, S. R. y Rubio-Sandoval, F. C. (2021). El Deterioro Cognitivo como una complicación de la Diabetes Mellitus Tipo 2. Nova, 19(37), 25-41. https://doi.org/10.22490/24629448.5473
12. Meng, X., Bao, B., y Yue, G. (2023). Global research trends on maternal separation paradigms as an early life stress model: A bibliometric analysis. Heliyon, 9(8), e18469. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18469
13. Misiak, B., Stańczykiewicz, B., Pawlak, A., Szewczuk-Bogusławska, M., Samochowiec, J., Samochowiec, A., Tyburski, E., y Juster, R. P. (2022). Adverse childhood experiences and low socioeconomic status with respect to allostatic load in adulthood: A systematic review. Psychoneuroendocrinology, 136. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2021.105602
14. Niyonzima G., Scharpé G., Van Beeck L., Vlietinck A.J., Laekeman G.M. y Mets T. (1993). Hypoglycaemic activity of Spathodea campanulata stem bark decoction in mice. Phytotherapy Research. 7(1).
15. Ogurtsova K. (2017). IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015. Diabetes Research and Clinical Practic, 128:40-50.
16. Organización Mundial de la Salud. (2024). Diabetes. Recuperado de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes el 02/09/2024
17. Patel S. and Udayabanu M. (2014). Urtica dioica extract attenuates depressive like behavior and associative memory dysfunction in dexamethasone induced diabetic mice. Metabolic brain disease. 29(1). 121-30.
18. Raffield, L., Brenes, G., Cox, A., Freedman, A. and Hugenschmidt. C. (2016). Associations between anxiety and depression symptoms and cognitive testing and neuroimaging in type 2 diabetes. Journal of Diabetes and its Complications. 30 (1). 143-14.
19. Şahin, T., Göçmez, S and Eraldemir, F. (2019). Anxiolytic-Like and Antidepressant-Like Effects of Resveratrol in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats Noro Psikiyatr Ars. 2;56(2):144-149. doi: 10.29399/npa.23176.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524167

ACTIVIDAD DE LA ENFERMEDAD EN MUJERES CON DIAGNÓSTICO DE LUPUS ERITEMATOSO SISTÉMICO EN PERIODO DE EMBARAZO

Rogelio Vega Agavo[1], Alan Fabricio Cano Méndez[1], Yesenia Ambriz Murillo[1], Nallely García Larragoiti[1], Miguel Ángel Álvarez Guerrero[2], Ana Becerril González[2], Martha Eva Viveros Sandoval[1]

1 División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez,", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México.

2 Hospital General "Dr Miguel Silva" Morelia, Michoacán, México.Correo electrónico: martha.viveros@umich.mx

Palabras Clave: Lupus Eritematoso Sistémico, Embarazo, Actividad de la enfermedad.

RESUMEN. El Lupus Eritematoso Sistémico (LES) es una enfermedad sistémica, autoinmune y compleja, afecta con mayor frecuencia a mujeres, con una proporción de 9:1. Habitualmente son diagnosticadas entre la tercera y cuarta década de la vida en la cual se encuentran en plenitud de ejercer la maternidad. Por otro lado, medir la actividad de la enfermedad de LES es crucial con el propósito de evaluar las medidas de desenlace del paciente y su pronóstico. Para lo cual, se ha propuesto el índice Systemic Lupus Erythematosus Disease Activity Index 2000 (SLEDAI-2K). El propósito del presente estudio es evaluar la actividad clínica de la enfermedad de pacientes femeninas con LES. Las pacientes fueron mujeres con diagnóstico de LES con y sin embarazo que acuden a consulta de seguimiento en el Servicio de Reumatología del Hospital General "Dr. Miguel Silva" en la ciudad de Morelia, Michoacán. La población por estudiar constó de 19 pacientes distribuidos en 2 grupos de estudio, Grupo 1: Mujeres con LES y embarazo (n=10). Grupo 2: Mujeres con LES (n=9). Se realizo la revisión de expedientes clínicos y la valoración del paciente para determinar la escala SLEDAI-2K. El análisis estadístico se realizó utilizando estadísticos descriptivos (media ± desviación estándar). El grupo de LES y embarazo presento actividad baja de la enfermedad, trimestre 1 (2), trimestre 2 (2±1) y trimestre 3 (3±2). En relación con el grupo de solo LES (3±3) el desenlace fue similar. Estos resultados sugieren que al presentar actividad baja en ambos grupos reduce significativamente el riesgo de acumulación de daños y brotes de la enfermedad. Las pacientes con LES y embarazo al presentar menor actividad de la enfermedad reflejan un adecuado apego al tratamiento y manifiestan un buen pronóstico que se verá reflejado con un desenlace materno-fetal con resultados óptimos.

INTRODUCCIÓN. Las mujeres con LES, habitualmente son diagnosticadas entre la tercera y cuarta década de la vida en la cual se encuentran en plenitud de ejercer la maternidad. El embarazo se caracteriza por una serie de cambios hormonales y de inmuno regulación. Un desequilibrio entre citocinas proinflamatorias y antiinflamatorias puede conducir a una potencialización de la inflamación que se relaciona con embarazos complicados que comprometen la salud materna-fetal y esto en pacientes con LES se observa con mayor frecuencia que la población sana (Kalagiri et al., 2016). Este trabajo determino la actividad de la enfermedad en mujeres que presentan una enfermedad autoinmune de base como es el LES, se incluyeron participantes en periodo de embarazo lo cual permitió conocer su pronóstico con el fin

de conocer la condición actual de salud de las pacientes y correlacionar los resultados a nivel materno-fetal.

ANTECEDENTES. Actualmente se carece de datos epidemiológicos sobre LES en el 79.9% de los países en el mundo, sin embargo, se ha reportado que la incidencia mundial de LES es 5.4 por 100 000 personas-año y 0.40 millones por año. Respecto a la prevalencia mundial de LES es 43.7 por 100,000 habitantes y 3.42 millones de personas (Tian et al., 2022). La mayoría de los casos de LES se diagnostican entre finales de la adolescencia y principios de los 40 años, particularmente la enfermedad presenta un predominio al género femenino (Do y Druzin, 2019). En el pasado el personal médico recomendaba estrictamente evitar el embarazo en pacientes con LES, sin embargo, hoy en día se cuenta con mayores conocimientos y el embarazo puede ser una realidad con resultados materno-fetales óptimos (Moroni y Ponticelli., 2016). Medir la actividad de la enfermedad de LES es crucial con el propósito de evaluar las medidas de desenlace del paciente y su pronóstico. Por tal motivo se han propuesto diferentes índices validados, sin embargo, el índice SLEDAI-2K es el más completo y actual, donde se propone modificaciones al SLEDAI original de manera que evalúan alopecia, úlceras de las membranas mucosas, erupción cutánea y proteinuria (Gladman, et al., 2002).

OBJETIVO. Evaluar la actividad clínica de la enfermedad de pacientes femeninas con LES.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se revisó el expediente clínico para obtener los resultados de biometría hemática, Hemoglobina, leucocitos, linfocitos, Velocidad de sedimentación globular (VSG), Proteínas C reactiva (PCR), ANA, anti DNA; anticuerpos antifosfolípidos y proteinuria.
La valoración clínica del estado de actividad del LES, se realizó por medio de la escala SLEDAI 2-k, instrumento validado, que en el momento actual es la herramienta que se usa habitualmente en la práctica clínica reumatológica y en estudios de investigación, la cual otorga un puntaje, es una escala cuantitativa continua que va de 0 a 105 puntos, el menor puntaje indica que el paciente esta asintomático y el mayor puntaje indica la presencia de actividad de la enfermedad (Gladman, et al., 2002).

RESULTADOS. En el presente estudio se han incluido un total de 19 pacientes, distribuidos de la siguiente manera; Grupo 1: LES y embarazo (n=10), Grupo 2: LES sin embarazo (n=9). La edad de las participantes se encuentra en mayor medida representadas en la tercera década de vida. El Índice de Masa Corporal (IMC) de las pacientes que se encuentran en periodo de gestación (Grupo 1) es mayor (25,6 ± 5,9) en comparación con aquellas que no presenta un embarazo de por medio (23,2 ± 2,9). Por otro lado, se tiene mayor grado de representatividad del 2do y 3er trimestre de embarazo (Tabla 1).

Variable	LES y embarazo (n=10)	LES sin embarazo (n=9)
Edad (Años, Media ± DS)	28 ± 7	29 ± 9

IMC (kg/m^2, Media ± DS)	25,6 ± 5,9	23,2 ± 2,9
Diagnóstico (Años, Media ± DS)	3,95 ± 4,65	2,51 ± 1,92
SDG (Semanas, Media ± DS)	24,20 ± 9,04	NP

Tabla 1. *Características demográficas.*

Las características clínicas de la población de estudio se muestran en la tabla 2. El grupo de LES y embarazo presento actividad baja de la enfermedad, trimestre 1 (2), trimestre 2 (2±1) y trimestre 3 (3±2). En relación con el grupo de solo LES (3±3) el desenlace fue similar. Los niveles de complemento C3 y C4 muestran valores normales. Los niveles de Proteína C Reactiva (biomarcador de inflamación) se encuentra elevados en pacientes con LES (14,8 ± 24,8) en comparación con LES y embarazo (8,7 ± 9,3).

Variable	**LES y embarazo (n=10)**	**LES sin embarazo (n=9)**	**Referencia**
SLEDAI (Puntaje, Media ± DS) 1er trimestre 2do trimestre 3er trimestre	2 2±1 3±2	3 ± 3	0-105
Anti-DNA (Ui/ml, Media ± DS)	16,01 ± 27,24	22,50 ± 22,39	Menor a <26.9 Negativo Mayor a > 27 Positivo
ANA (Media ± DS)	1:493 ± 226	1:180 ± 82	< 0.8 No reactivo >= 0.8 a <1.0 Indeterminado >= 1.0 Reactivo
Complemento C3 (mg/dL, Media ± DS)	110,2 ± 21,3	104,6 ± 21,3	90.000 - 180.000
Complemento C4 (mg/dL, Media ± DS)	22,6 ± 10,2	15,7 ± 4,8	10.000 – 40.000
Anticoagulante lúpico (Seg, Media ± DS)	5,11 ± 12,04	0	Positivo > 1.2 Negativo < 1.2

Anticardiolipinas (UR/mL, Media ± DS) IgG IgM	 19,95 ± 39,96 7,78 ± 13,74	 3,45 ± 1,35 4,18 ± 2,26	Menor a < 19.9 Negativo Mayor a >20.0 Positivo

Tabla 2. *Características clínicas.*

Antibeta-2-Glicoproteina (UR/mL, Media ± DS) **IgG** **IgM**	19,71 ± 28,94 27,53 ± 34,81	2 13	Menor a < 19.9 Negativo Mayor a >20.0 Positivo
Hemoglobina (g/dL, Media ± DS)	12,9 ± 1,3	12,4 ± 1,4	12.0 – 17.5
Hematrocito (%, Media ± DS)	39,59 ± 3,96	38,91 ± 3,24	36.0 – 48.0
Leucocitos (10^3 /uL, Media ± DS)	8,34 ± 2,02	6,94 ± 3,06	4.5 – 10.0
Linfocitos (%, Media ± DS)	17,31 ± 4,72	26,08 ± 11,66	20.0 – 35.0
Plaquetas (10^3 /uL, Media ± DS)	255 ± 69	337 ± 74	150 - 400
Velocidad de sedimentación globular (mm, Media ± DS)	35 ± 13	32 ± 24	0 - 10
Proteína C reactiva (mg/L, Media ± DS)	8,7 ± 9,3	14,8 ± 24,8	0.0 – 6.0
Creatinina Sérica (mg/dL, Media ± DS)	0,62 ± 0,18	0,59 ± 0,25	0.50 – 0.90
Urea (Media ± DS)	20,6 ± 6,5	27,7 ± 11,2	16.6 – 50.0
Proteinuria (mg/ dl, Media ± DS)	26 ± 42,63	134,11 ± 212,80	< 20 mg/dL

Tabla 2. *Características clínicas.*

CONCLUSIONES. Las pacientes con LES y embarazo al presentar menor actividad de la enfermedad reflejan un adecuado apego al tratamiento y manifiestan un buen pronóstico que se verá reflejado con un desenlace materno-fetal con resultados óptimos.

REFERENCIAS.

1. Gladman, D. D., Ibañez, D., & Urowitz, M. B. (2002). Systemic lupus erythematosus disease activity index 2000. The Journal of rheumatology, 29(2), 288–291. PMID: 11838846

2. Kalagiri, R., Carder, T., Choudhury, S., Vora, N., Ballard, A., Govande, V.,Uddin, M. (2016). Inflammation in Complicated Pregnancy and Its Outcome. American Journal of Perinatology, 33(14), 1337–1356. https://doi.org/10.1055/s-0036-1582397
3. Tian, J., Zhang, D., Yao, X., Huang, Y., & Lu, Q. (2022). Global epidemiology of systemic lupus erythematosus: a comprehensive systematic analysis and modelling study. Annals of the rheumatic diseases, 82(3), 351–356. https://doi.org/10.1136/ard-2022-223035
4. Moroni, G., & Ponticelli, C. (2016). Pregnancy in women with systemic lupus erythematosus (SLE). European Journal of Internal Medicine, 32, 7-12. https://doi.org/10.1016/j.ejim.2016.04.005

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CC0524168**

LA DISBIOSIS MATERNA DISMINUYE LA EXPRESIÓN DE MARCADORES DE INFLAMACIÓN EN EL HIPOCAMPO DE CRÍAS DE RATA MACHO

Ana Belén Venegas Nava[1], Angélica Roque[2], Naima Lajud[3], Esperanza Meléndez[4]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Interleucinas, neurodesarrollo, estrés.

RESUMEN. La exposición al estrés durante las etapas tempranas de la vida se ha asociado con procesos inflamatorios en el hipocampo, una región cerebral vulnerable al estrés. Adicionalmente, la disbiosis materna (DMAB) se ha asociado con el desarrollo del sistema neuroinmunitario de la progenie. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la DMAB sobre la expresión de marcadores inflamatorios en el hipocampo de crías de rata. Las hembras gestantes fueron tratadas con un cóctel de antibióticos a partir del día de gestación 14 (DMAB) o mantenidas en condiciones estándar (STD). Las crías provenientes de cada condición experimental fueron mantenidas en condiciones control (CONT+STD, n=5; CONT+DMAB, n=5) o separadas de su madre (MS) del día postnatal 1 al 14 (MS+STD, n=5; MS+DMAB, n=5). El tejido hipocampal fue obtenido de machos y hembras al día postnatal 15. Analizamos la expresión de las citocinas IL-1β, IL-6 y TNF- α mediante qPCR en el hipocampo. Los resultados muestran que la DMAB reduce la expresión de IL-1β e IL-6 en el hipocampo de los machos al DPN15. La SM no altera la expresión de ninguna de las citocinas estudiadas. No se observa un efecto de ambos estresores sobre la expresión de las citocinas. Los resultados sugieren que la DMAB altera diferencialmente el desarrollo neuroinmunitario de las crías, y los machos son más sensibles a este efecto.

INTRODUCCIÓN. La disbiosis intestinal materna, caracterizada por un desequilibrio en la composición y función de la microbiota intestinal, tiene implicaciones en la salud y el desarrollo neurológico de la descendencia en mamíferos (Mazmanian et al., 2005). La microbiota intestinal materna desempeña un papel crucial en la modulación del sistema inmunitario y la regulación de la inflamación a nivel sistémico de las crías (De Palma et al., 2015; Ratsika et al., 2021). Adicionalmente, los eventos adversos durante las etapas tempranas de la vida pueden alterar la respuesta neuroimunitaria en estructuras como el hipocampo (Roque et al., 2021). El modelo de eventos adversos durante la vida temprana más utilizado es la separación maternal (MS). Este modelo reproduce muchos de los efectos observados en individuos con un historial estrés durante la infancia, como alteraciones conductuales y cognitivas, además afecta estructuras cerebrales como el hipocampo. El hipocampo es una estructura vulnerable a los efectos del estrés y sensible a los cambios del entorno inmunitario.

ANTECEDENTES. La microbiota intestinal es un modulador del sistema inmunitario y endocrino (O'Mahony et al., 2009). Adicionalmente, en mamíferos la transferencia de microbiota materna ocurre durante el parto y la lactancia, y por lo tanto puede estar involucrada en la maduración neuroinmunitaria de la progenie. Por otro lado, la MS afecta la microbiota intestinal y estos efectos

pueden ser permanentes (De Palma et al., 2015). Los efectos de la disbiosis materna y el estrés temprano sobre los marcadores de la inflamación en el hipocampo no han sido estudiados.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de la disbiosis materna sobre la expresión de marcadores de la inflamación en el hipocampo de crías de rata.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron ratas gestantes de 14 días de la cepa Sprague Dawley, asignadas aleatoriamente al grupo estándar (STD) y disbiosis (DMAB). El grupo STD se mantuvo en condiciones de bioterio y el grupo DMAB fue sometido a depleción de la microbiota con un cóctel de antibióticos. Al día postnatal (DPN) 1 se ajustaron las camadas (n=5 machos y n=5 hembras) y las crías fueron asignadas a cuatro condiciones experimentales: CONT+STD, CONT+DMAB, MS+STD, y MS+DMAB. Los animales CONT fueron mantenidos con su madre, mientras los animales del grupo MS fueron separados de su madre por 3h/día del DPN1 al 14. Al DPN15 las crias fueron sometidas a eutanasia y se obtuvo el tejido hipocampal para realizar los análisis de expresión. Se analizó la expresión de las citocinas proinflamatorias IL-6, IL-1β, y TNF-α mediante PCR en tiempo real, utilizando GAPDH como gen endógeno. Las reacciones se realizaron por duplicado y los datos se analizaron utilizando el método de la ΔΔCT. Los datos se analizaron mediante ANOVA de dos vías.

RESULTADOS.

La disbiosis materna disminuye la expresión de la *IL-6* en el hipocampo de ratas macho. Los análisis mostraron un efecto de la DMAB ($F_{(1,19)}$=4.6, p<0.05) pero no de la MS ($F_{(1,19)}$=2.6, p=0.6) ni de la interacción entre factores ($F_{(1,19)}$=0.08, p=0.7) en la expresión de *IL-6* en los machos (Fig.1A) sin diferencias en las hembras (p=0.4, Fig. 1B). El análisis de comparaciones múltiples no mostró diferencias significativas entre los grupos.

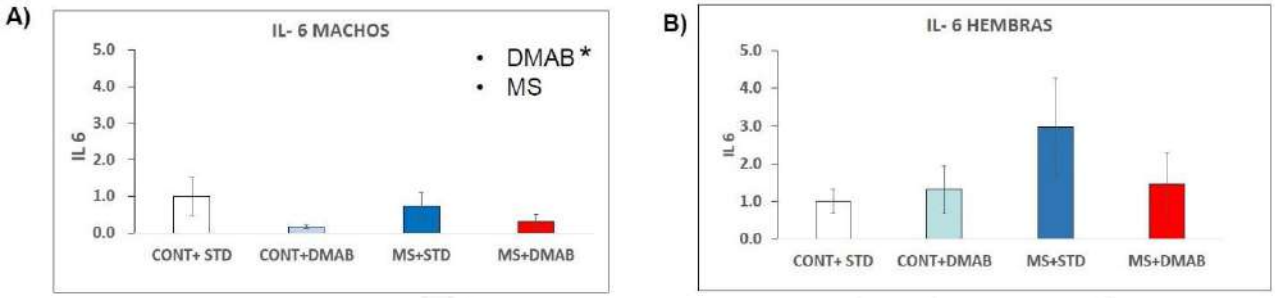


Figura 1. *La disbiosis materna disminuye la expresión de la IL-6 en el hipocampo de ratas macho. A) Gráfica de análisis de expresión relativa de IL-6 en ratas macho. B) Grafica de análisis de expresión relativa de IL-6 en hembras. Control + estándar (CONT+STD), control + disbiosis materna (CONT+DMAB), separación maternal + estándar (MS + STD), separación maternal + disbiosis materna (MS + DMAB). ANOVA *p<0.05, Prom+ EE, N=6.*

La disbiosis materna disminuye la expresión de *IL1-β* en el hipocampo de ratas macho
El análisis mostró un efecto significativo de la DMAB ($F_{(1,19)}$=4.5, p<0.05) pero no de la MS ($F_{(1,19)}$=2.6, p=0.6) ni de la interacción entre factores ($F_{(1,19)}$=0.0, p=0.9. Fig. 2A) en la expresión de *IL1-β* en los machos sin efecto sobre las hembras (p=0.3. Fig. 2B). El análisis de comparaciones múltiples no mostró diferencias significativas.

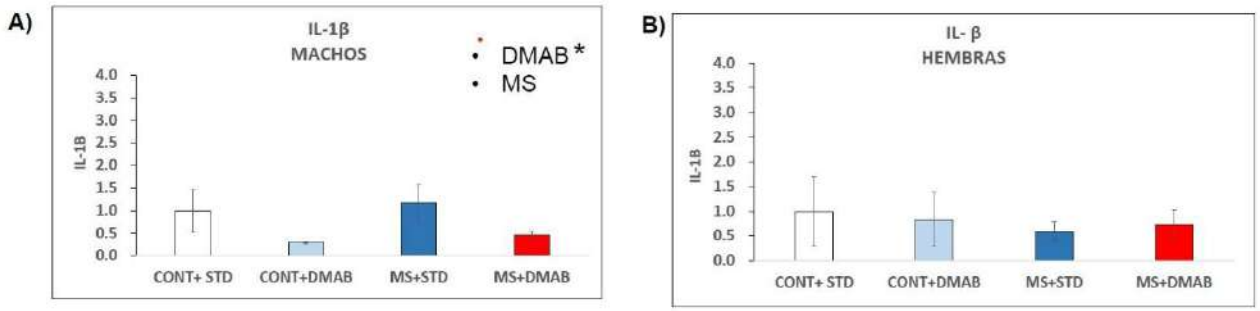


Figura 2. *La disbiosis materna disminuye la expresión de IL1-β en el hipocampo de ratas macho. A) Gráfica de análisis de expresión relativa de IL-1β en ratas macho. B) Gráfica de análisis de expresión relativa de IL-1β en hembras. Control + estándar (CONT+STD), control + disbiosis materna (CONT+DMAB), separación maternal + estándar (MS + STD), separación materna + disbiosis materna (MS + DMAB). ANOVA *p<0.05, Prom ± EE, N=6.*

Ni la separación maternal ni la disbiosis materna afectan la expresión de *TNF-α* en las crías de rata. El análisis no mostró diferencias significativas sobre la expresión de *TNF-α* en los machos (p=0.3, Fig., 3A) ni en las hembras (p=0.7, Fig., 3B).

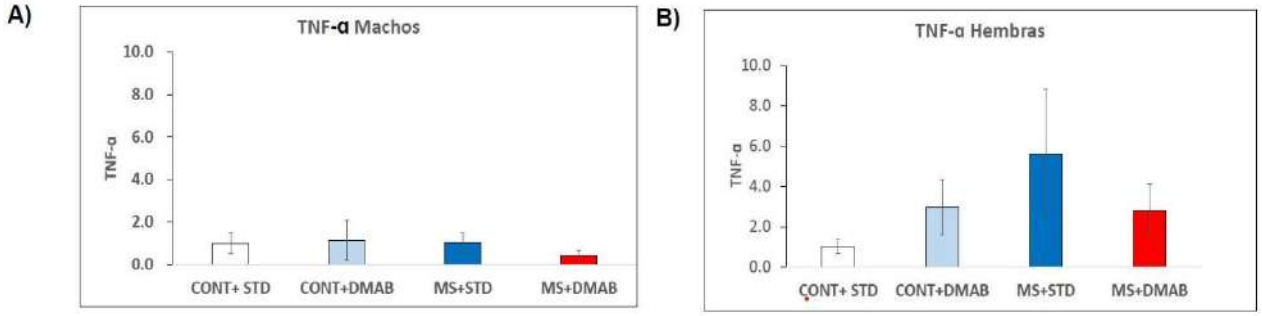


Figura 3. *Ni la separación maternal ni la disbiosis materna afectan la expresión de TNF-α en las crías de rata. A) Gráfica de análisis de expresión relativa de TNF-α en ratas macho. B) Gráfica de análisis de expresión relativa de TNF-α en hembras. Control + estándar (CONT+STD), control + disbiosis materna (CONT+DMAB), separación maternal + estándar (MS + STD), separación materna + disbiosis materna (MS + DMAB). N=6.*

En nuestros datos observamos una disminución de la expresión de marcadores inflamatorios en el hipocampo, como la *IL-6* y la IL-1*β* en las crías macho que estuvieron sometidos a depleción de microbiota materna. Por otro lado, al analizar la expresión de las citocinas en el hipocampo de las hembras no encontramos ningún efecto, lo cual nos conduce a desde la segunda semana postnatal hay un dimorfismo sobre marcadores inflamatorios que pueden estar relacionados con la maduración del sistema neuroinmunitario. Durante las primeras etapas del desarrollo postnatal se ha propuesto que algunas citocinas como IL-6 y TNF-*α* pueden tener efectos neurotróficos sobre las neuronas (Pousset, 1994, Schmitz & Chew, 2008). Adicionalmente, en mamíferos, se sabe que la primera línea de defensa inmunitaria de la cría la aporta la madre, durante el embarazo, en el parto y durante la lactancia. Durante los últimos años, se ha observado a la microbiota como un modulador del sistema inmunitario y endocrino (Milani C, et a., 2017). Algunos trabajos, han mostrado la importancia de la microbiota sobre el desarrollo neurológico y la aparición de enfermedades como autismo y la relación la mortalidad en neonatos prematuros (Lu et al., 2020), sin embargo esta parte de la investigación aún es escasa. Lo cual con nuestros datos podemos resaltar la importancia del efecto materno sobre el desarrollo nueroinmunitario de la progenie.

CONCLUSIONES. La depleción de la microbiota intestinal materna altera la expresión de los marcadores inflamatorios IL-1β e IL-6 en el hipocampo de las ratas macho, pero no de las hembras.

REFERENCIAS.

1. De Palma G, Blennerhassett P, Lu J, Deng Y, Park AJ, Green W, et al. Microbiota and host determinants of behavioural phenotype in maternally separated mice. Nat Commun [Internet]. 2015 Jul 28 [cited 2023 Dec 11];6. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26218677/
2. Lu J, Lu L, Yu Y, Baranowski J, Claud EC. Maternal administration of probiotics promotes brain development and protects offspring's brain from postnatal inflammatory insults in C57/BL6J mice. Sci Rep. 2020 May 18;10(1):8178. doi: 10.1038/s41598-020-65180-0. PMID: 32424168; PMCID: PMC7235088.
3. Mazmanian SK, Liu CH, Tzianabos AO, Kasper DL. An Immunomodulatory Molecule of Symbiotic Bacteria Directs Maturation of the Host Immune System. Cell. 2005;122:107–18.
4. Milani C, Duranti S, Bottacini F, Casey E, Turroni F, Mahony J, Belzer C, Delgado Palacio S, Arboleya Montes S, Mancabelli L, Lugli GA, Rodríguez JM, Bode L, de Vos W, Gueimonde M, Margolles A, van Sinderen D, Ventura M. The First Microbial Colonizers of the Human Gut: Composition, Activities, and Health Implications of the Infant Gut Microbiota. Microbiol Mol Biol Rev. 2017 Nov 8;81(4):e00036-17. doi: 10.1128/MMBR.00036-17. PMID: 29118049; PMCID: PMC5706746.
5. Pousset, F. (1994). Developmental expression of cytokine genes in the cortex and hippocampus of the rat central nervous system. Brain Res Dev Brain Res, 81(1), 143-146.
6. O'Mahony SM, Marchesi JR, Scully P, Codling C, Ceolho AM, Quigley EMM, et al. Early Life Stress Alters Behavior, Immunity, and Microbiota in Rats: Implications for Irritable Bowel Syndrome and Psychiatric Illnesses. Biol Psychiatry. 2009 Feb 1;65(3):263–7.
7. Ratsika A, Codagnone MC, O'mahony S, Stanton C, Cryan JF. Priming for life: Early life nutrition and the microbiota-gut-brain axis [Internet]. Vol. 13, Nutrients. MDPI AG; 2021. p. 1–33. Available from: https://doi.org/10.3390/nu13020423
8. Roque A, Ochoa-Zarzosa A, Torner L. Maternal separation activates microglial cells and induces an inflammatory response in the hippocampus of male rat pups, independently of hypothalamic and peripheral cytokine levels. Brain Behav Immun [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2021 Jun 25];55:39–48.
9. Ruiz-González R, Lajud N, Tejeda-Martínez AR, Flores-Soto ME, Valdez-Alarcón JJ, Tellez LA, et al. Antibiotic-induced microbiota depletion in normally-reared adult rats mimics the neuroendocrine effects of early life stress. Brain Res [Internet]. 2022 Oct 15 [cited 2022 Aug 19];1793:148055. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006899322002797
10. Schmitz, T., & Chew, L. J. (2008). Cytokines and myelination in the central nervous system. ScientificWorldJournal, 8, 1119-1147. doi: 10.1100/tsw.2008.140

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524169

EFECTO DEL PROGRAMA "CHAROLA DE I.D.E.A.S." EN PACIENTES CON HIPERTENSIÓN ARTERIAL SISTEMICA

Citlali Anaid Tirado Armas[1], Itzia Ireri Corona Candelas, Edgar Josue Palomares Vallejos, Abrahan Negrón Rodríguez.

IMSS1, UMF 842, UMF 853, CPEI3, UMF 795. Correo: dra.anaid.tirado@gmail.com, itziacc@unisan.edu.mx, edgarjosue.palomares@gmail.com, axlroses_07anr@hotmail.com.

Palabras Clave: Efecto, intervención educativa, presión arterial.

INTRODUCCIÓN. La hipertensión arterial sistémica (HAS) es producidad por factores de riesgo conductuales como una dieta poco saludable, inactividad física y otros factores metabólicos como la obesidad, diabetes y dislipidemias1. Por otro lado, existen factores de riesgo no modificables, como los antecedentes familiares, una edad superior de 65 años y la concurrencia de otras enfermedades2. Desde décadas atrás se conoce que la HAS interviene en el aumento de morbilidad y mortalidad cardiovascular, es una enfermedad silenciosa y letal por lo que es importante fomentar la sensibilización pública para una detección temprana y realizar cambios significativos en el estilo de vida , ya que se ha demostrado que las modificaciones estilo de vida disminuyen la incidencia de HAS y favorecen su control. El objetivo de este estudio es brindar el programa "Charola de I.D.E.A.S." al paciente con HAS para educarlo sobre un estilo de vida saludable, favoreciendo su control y disminuyendo la morbi – mortalidad asociada a esta patología.

ANTECEDENTES. La hipertensión arterial sistémica (HAS) es un padecimiento multifactorial caracterizado por la elevación sostenida de la presión arterial sistólica (PAS), la presión arterial diastólica (PAD) o ambas$_3$ mayor o igual a 140/90 mmHg después de un examen repetido, tomada en el consultorio. Esta clasificación es útil para jóvenes, adultos de mediana edad y ancianos[4].
La HAS es una entidad predominantemente asintomática que se puede detectar mediante programas estructurados de cribado de la población o con la medición oportunista de la PA. Cuando se ha puesto en marcha este tipo de programas, se ha detectado un número alarmante de personas con HAS (>50%) que no eran conscientes de ello[5]. En México, en adultos mayores de 19 años, cerca de 25.5 millones de personas son portadores de HAS, de estos el 40% lo ignora[4].
Existen 2 estrategias ampliamente establecidas para reducir la PA: las intervenciones en el estilo de vida y el tratamiento farmacológico[5]. Las modificaciones en el estilo de vida pueden prevenir o retrasar la aparición de PA alta y reducir el riesgo cardiovascular, también es la primera línea de tratamiento antihipertensivo además de que pueden potenciar los efectos del tratamiento antihipertensivo[6]; por lo que se se diseñó y validó el programa didáctico visual "Charola de I.D.E.A.S." (Fig. 1) y un manual para explicar al paciente, en el año 2019 como una estrategia educativa para el paciente con HAS , esto con la finalidad de mejorar el estilo de vida del paciente; este programa es basada en el modelo educativo de competencias, para desarrollar un pensamiento crítico que le permita discernir, deliberar y elegir, actuando para su mejoría en un

estilo de vida saludable[14] y en las recomendaciones por la AHA y el Séptimo Informe del Comité Nacional (JNC7) que incluye cinco modificaciones en el estilo de vida:
I: IMC, tener un control de peso y lograr un índice de masa corporal normal.
D: Dieta D.A.S.H.
E: Ejercicio, realizar actividad física tipo aeróbica 150 minutos a la semana.
A: Alcohol, moderar su consumo, consumo menor de 210gr/ semana en hombres y 140gr/ semana en mujeres.
S: Sal, limitar su uso y consumo, ingerir alrededor de 2.4 g de sodio al día, lo que equivale a unos 6g de sal equivalente a una cuchara cafetera[7].



Figura 1. *Charola de I.D.E.A.S. Muestra las 5 recomendaciones del tratamiento no farmacológico: control de peso (IMC), llevará una dieta D.A.S.D.H (se muestran los alimentos sus porciones con la técnica de mano y se utiliza la semaforización de colores donde el verde para alimentos que deben consumirse, amarillo para los de moderado consumo y el rojo para los que menos debemos comer), realizar ejercicio, moderar el consumo de alcohol y disminuir la ingesta de sal. Fuente: Negrón A, Corona I, Gómez C, Palomares E, Rangel L. 2019, p79.*

OBJETIVO.
Evaluar el efecto del programa “Charola de I.D.E.A.S” sobre la cifra de presión arterial, el IMC, la adapatación de la dieta tipo DASH, el apego de actividad física, la ingesta de alcohol e ingesta de sal en pacientes con hipertensión arterial sistémica adscritos a la UMF 84.

MATERIALES Y MÉTODOS. Estudio cuantitativo, experimental, longitudinal, prospectivo en 166 pacientes, de 25 a 90 años de edad, con hipertensión arterial sistémica en desconrol, fraccionado en un grupo de intervención y un grupo control con previa autorización de consentimiento informado; realizado durante el periodo marzo 2022 a diciembre 2023. Considerado categoría II “Investigación con riesgo mínimo”. Se utilizó estadística descriptiva y de correlación con Chi^2 apoyado en la versión SPSS 23 Windows.

RESULTADOS. Del total de la muestra se excluyeron 55 pacientes al término del estudio, debido a que no cumplieron con el número total de consultas médicas. Por lo anterior se concluyó con 111 pacientes, de los cuales 68 son del grupo intervención. La población esta conformada por 81 (72.97%) pacientes del sexo femenino, la edad fue de 33 a 85 años con una media de 59.13 ± DE 10.23 La escolaridad en su mayor porcentaje fue primaria con el 37.8% seguida por secundaria con el 30.6%.
La determinación del efecto del programa "Charola de I.D.E.A.S" intragrupo sobre la cifra de presión arterial en pacientes con HAS adscritos a la UMF 84, se realizó de acuerdo la nemotecnia IDEAS divididos por grupo de intervención y control:
-Al evaluar el efecto de la intervención educativa sobre el IMC vemos que no tuvo un efecto significativo (tabla 1).

IMC	Grupo intervención (n=68)			Grupo control (n=43)		
	Inicial	Final	*p*	Inicial	Final	*p*
Normal	13 (19.2%)	13 (19.2%)	0.923	3 (7%)	3 (7%)	0.798
Sobrepeso	20 (29.4%)	18 (26.4%)	0.923	22 (51.2%)	19 (44.2%)	0.798
Obesidad	35 (51.4%)	37 (54.4%)	0.923	18 (41.8%)	21(48.8%)	0.798

Tabla 1. *Comparación de grupos de acuerdo a la clasificación del IMC*

-Al valorar el efecto de la intervención educativa sobre la adaptación de la dieta tipo DASH, se encontró que en ambos grupos se presentaron cambios significativos positivos (tabla 2).

Tabla 2. Comparación de grupos de acuerdo a la clasificación de la dieta

Dieta	Grupo intervención (n=68)			Grupo control (n=43)		
	Inicial	Final	*p*	Inicial	Final	*p*
No saludable	14 (20.6%)	0 (0%)	0.000	2 (4.6 %)	0 (0 %)	0.000
Necesita cambios	52 (76.4%)	53 (78%)	0.000	41(95.4 %)	28 (65.2 %)	0.000
Protectora	2 (3%)	15 (22%)	0.000	0 (0 %)	15 (34.8 %)	0.000

Tabla 2. *Comparación de grupos de acuerdo a la clasificación de la dieta*

-Al examinar el efecto de la intervención educativa sobre el apego de 150 minutos a la semana de actividad física, se encontró que hubo diferencia significativa positiva en el grupo de intervención en contraste con el grupo control (tabla 3).

Tiempo de actividad física	Grupo intervención (n=68)			Grupo control (n=43)		
	Inicial	Final	*p*	Inicial	Final	*p*
Tiempo recomendado	17 (25 %)	26 (38.2 %)	0.001	1 (2.4 %)	5 (11.6%)	0.000
Tiempo menor al recomendado	25(36.8%)	35 (51.4 %)	0.001	10(23.2%)	32 (74.4%)	0.000
No realiza actividad física	26(38.2%)	7 (10.2 %)	0.001	32 (74.4%)	6 (14%)	0.000

Tabla 3. *Comparación de grupos de acuerdo a la clasificación de la actividad física*

Al contrastar el efecto de la intervención educativa sobre la ingesta de alcohol no se observó diferencia significativa, ya que el 100% de la población presentó un consumo adecuado (tabla 4).

Tabla 4. Distribución de los pacientes de acuerdo a la clasificación de la ingesta del alcohol

Consumo de alcohol	Grupo intervención (N=68)	Grupo control (N=43)	p
Adecuado	68 (100 %)	43 (100 %)	*
Elevado	0 (0 %)	0 (0 %)	*

*No se han calculado estadísticos porque la ingesta de alcohol es una constante.

Tabla 4. *Distribución de los pacientes de acuerdo a la clasificación de la ingesta del alcohol*

-Al revisar el efecto de la intervención educativa sobre la ingesta de sal, se observó diferencia significativa (tabla 5).

Consumo de sal	Grupo intervención (n=68)			Grupo control (n=43)		
	Inicial	Final	p	Inicial	Final	p
Adecuado	56(82.4%)	68 (100%)	0.000	39 (90.6 %)	43 (100%)	0.000
Elevado	12(17.6%)	0 (0%)	0.000	4 (9.4 %	0 (0%)	0.000

Tabla 5. *Comparación de grupos de acuerdo a la ingesta de sal*

-Al analizar el efecto de la intervención educativa sobre la presión arterial, se observó diferencia significativa (tabla 6).

Presión arterial	Grupo intervención (n=68)			Grupo control (n=43)		
	Inicial	Final	*p*	Inicial	Final	*p*
En control	21(30.8%)	55(80.8%)	0.000	12(28 %)	37 (86%)	0.000
En descontrol	47(69.2%)	13(19.2%)	0.000	31(72 %)	6(14%)	0.000

Tabla 6. *Comparación de la presión arterial en el grupo de intervención y el grupo control*

CONCLUSIÓN. Se obtuvo un efecto favorable en el 50% de la población de estudio al presentar una disminución del 5% en la PA, logrando mejorar el estilo de vida.

BIBLIOGRAFÍA

1. Campos, I. Hernández, L. Flores, A. Gómez, E. y Barquera, S. (2019). Prevalencia, diagnóstico y control de hipertensión arterial en adultos mexicanos en condición de vulnerabilidad. Resultados en la Ensanut 100k. Salud Pública México.
2. Carbo, G.M. Berrones, L.F. Y Guallpa, M.J. (2021) Riesgos modificables relacionados a la hipertensión arterial. Revista de Ciencias de la Salud.
3. Secretaría de Salud (SSA). (2017). PROY-NOM-030-SSA2-2017: Para la prevención, detección, diagnóstico, tratamiento y control de la hipertensión arterial sistémica. Ciudad de México: SSA.
4. Promoción, Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la Hipertensión Arterial en el Primer Nivel de Atención. Guía de Evidencias y Recomendaciones: Guía de Práctica Clínica. México: Instituto Mexicano del Seguro Social. (2021).
5. Williams, B. Mancia, G. Spiering, W. Agabiti, E. Azizi, M. Burnier, M. Clement, D. L. Coca, A. De Simone, G. Dominiczak, A. Kahan, T. Mahfoud, F. Redon, J. Ruilope, L. Zanchetti, A. Kerins, M. Kjeldsen, SE. Kreutz, R. Laurent, S. Lip, G. McManus, R. Narkiewicz, K. Ruschitzka, F. Schmieder, R. E. Shlyakhto, E. Tsioufis, C.

Aboyans, V. Desormais, I. Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) y la European Society of Hypertension (ESH) sobre el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial. (2019). Revista Española de Cardiología.

6. Unger, T. Borghi, C. Charchar, F. Khan, N.A. Poulter, N.R. y Prabhakaran, D. (2020) International Society of Hypertension Global Hypertesion Practice Guidelines. Asociación Americana del Corazón, Inc.
7. Negrón, A. Corona, I.I. Gómez, C. Palomares, E.J. y Rangel, L. (2019) Diseño y validación de una herramienta didáctica visual fundamentada en la dieta D. A. S. H. para paciente con hipertensión arterial. [Disertación doctoral inédita]. Instituto Mexicano del Seguro Social.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524170

EFECTOS DE PROPIONATO EN AORTA AISLADA DE RATA WISTAR

Erandi Ruiz Rodríguez[1], Leticia Pérez Ordaz[1], Juan Carlos Cortés García[1].
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; erarurod@gmail.com, leticia.perez@umich.mx, juan.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Propionato, aorta aislada de rata Wistar, ácido graso de cadena cota, fenilefrina, endotelio, músculo vascular

RESUMEN. Al propionato, siendo un ácido graso de cadena corta, se le ha descrito un efecto cardioprotector. Esto gracias a su capacidad de disminuir la aterosclerosis, a su efecto inhibidor de la hipertensión, ya que en estudios *in vivo* se mostró que alivia la hipertrofia cardiaca, fibrosis y disfunción vascular [1]. La investigación tuvo como objetivo el evaluar la respuesta del musculo vascular de la aorta aislada de rata Wistar a sustancias vasoconstrictoras como la fenilefrina tras la exposición a propionato en diferentes concentraciones de ambas sustancias. Para esto se utilizó un sistema de órgano aislado, que nos ayudó a registrar la reacción del tejido desafiado con el vasoconstrictor, y a su vez este sistema estaba conectado a una computadora con un software que nos permitió obtener curvas a partir de la contracción registrada. Los resultados nos llevaron a concluir que el propionato disminuye la respuesta vascular a la fenilefrina, de manera independiente al endotelio vascular, sin embrago, consideramos que estos resultados no son definitivos, sino preliminares, ya que se piensa necesario hacer un estudio con un mayor número de muestras para dar un resultado más certero.

INTRODUCCIÓN. Un nutracéutico se define como un complemento alimenticio que cumple con una función nutritiva y farmacéutica para la prevención y tratamiento de algunas enfermedades. Entre estos se encuentran la fibra dietética, que da lugar a los ácidos grasos de cadena corta.
Los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) son metabolitos producidos a partir de la fermentación de la fibra por parte de la microbiota intestinal, principalmente en colon. Los principales AGCC son el propionato, butirato y acetato. Se les han atribuido diversos efectos como agentes cardioprotectores, neuro-protectores, anti-obesidad, inmunorreguladores, anticancerígenos, entre otras.
El efecto cardioprotector de los AGCC puede contar con la participación de otros elementos del sistema cardiovascular como las arterias. Y para esta contribución el endotelio vascular podría jugar un papel importante. El endotelio es un tejido especializado localizado en los vasos sanguíneos que tienen actividad en diversos procesos como la hemostasia, la regulación de la presión, respuesta inflamatoria, etc., y forma parte de la capa más interna del músculo vascular, la túnica intima.

OBJETIVO. El objetivo general de esta investigación fue evaluar si el propionato ejerce un efecto sobre el músculo liso vascular. Esto mediante nuestros objetivos específicos: obtener las arterias aorta de tres ratas Wistar, dividir las arterias en segmentos torácicos y abdominales, cortar cada segmento en cuatro anillos arteriales, instalar los anillos en un sistema de órgano aislado, analizar los resultados obtenidos en el software utilizados.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron 3 ratas Wistar macho de entre los 240 a los 350 gramos. Se mantuvieron en cajas de acrílico transparente a temperatura ambiente con libre acceso de agua y alimento, y bajo un ciclo de luz/oscuridad de 12/12 horas
Después de una semana de capacitación práctica, se dio inició a la fase experimental individual con el fin de evaluar la contracción del tejido vascular tras la exposición a propionato.
Se inició por sacrificar a la rata mediante exposición a dióxido de carbono de acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-062-ZOO-1999 para posteriormente realizar la disección de la aorta, que una vez extraída fue limpiada del tejido adherido a ella, se dividió en sus segmentos torácico y abdominal para poder obtener cuatro anillos de la región torácica y cuatro abdominales. Para medir la respuesta se utilizó un sistema de órgano aislado, en donde cada anillo arterial se colocó en dos ganchos de nickrom, uno fijado a la base de una cámara y del otro extremo se enlazó a un transductor de tensión isométrica, se cubrió con solución Krebs mantenida a 37°C, pH 7.4 y burbujeo de carbógeno constante y se aplicó una tensión basal de 3.0±0.2 g.
La primera curva, de sensibilización, constó de tres estimulaciones durante cinco minutos con cien microlitros de fenilefrina a una concentración real de $1x10^{-7}$ M, con un lavado de 10 minutos entre las primeras dos estimulaciones; posterior en la tercera estimulación, una vez alcanzada la meseta de contracción inducida por fenilefrina, se administraron cien microlitros de carbacol a una concentración dé $1x10^{-6}$ M que se dejó actuar por cinco minutos, con el fin de confirmar la presencia de endotelio, que se evidencia cuando los valores obtenidos tras la estimulación con carbacol muestran disminución de al menos el 60% de la tensión desarrollada por fenilefrina.
La segunda curva constó de nueve estimulaciones con concentraciones de fenilefrina ($1x10^{-9}$-$1x10^{-5}$ M) a un intervalo de 0.5 con exposición de cinco minutos cada una. Posterior a la obtención de la curva se midió la tensión desarrollada a cada concentración administrada.
La tercera curva, la problema, se realizó posterior a la recuperación del tejido a la exposición anterior. Dicha recuperación tiene una duración de una hora con lavados con solución fisiológica cada veinte minutos, Una vez transcurrido el tiempo se analiza que concentración de propionato llevara cada cámara, esto de acuerdo con el criterio de relación de relajación, que en esta ocasión fue marcado en 60%. Para la obtención de esta tercera curva se utilizaron tres concentraciones de propionato ($1x10^{-9}$, $1x10^{-8.5}$ y $1x10^{-8}$ M), donde cada una de estas fue adicionada a una cámara en ambos segmentos anatómicos. Se permitió un periodo de equilibrio de treinta minutos, para posteriormente correr la curva concentración respuesta a fenilefrina ($1x10^{-9}$-$1x10^{-5}$ M) como se describió en la curva control.
Los datos registrados fueron recopilados en hojas de Excel donde se generaron ocho tabulaciones, dos correspondientes al segmento torácico con endotelio, dos sin endotelio y dos al abdominal con endotelio, y dos al abdominal sin endotelio. A partir de estas tabulaciones se Calcularon el promedio ± EE y se graficaron construyendo curvas concentración-respuesta (concentración de fenilefrina vs contracción arterial).

RESULTADOS. Tras pasar los datos obtenidos con el software, éstos fueron trasladados a hojas de Excel en donde se elaboraron ocho tabulaciones: una de aorta torácica con endotelio sin exposición al propionato, una de aorta torácica con endotelio tras exposición al propionato una de aorta torácica sin endotelio sin exposición al propionato, una de aorta torácica sin endotelio tras exposición al propionato, una de aorta abdominal con endotelio sin exposición al propionato, una de aorta abdominal con endotelio tras exposición al propionato, una aorta abdominal sin endotelio sin exposición al propionato, una aorta abdominal sin endotelio tras exposición al propionato.

A partir de las tablas se obtuvieron cuatro gráficas, tomando como criterios de inclusión: en gráficas donde se considera que hay presencia de endotelio, los anillos debían tener una reacción endotelial a al carbacol igual o mayor al 60%; aquellas gráficas en las que se menciona que no hay existencia de endotelio, los anillos debían tener una reacción endotelial al carbacol igual o menor al 10%; siendo que aquellos anillos que tenían una reacción endotelial entre el 10%-60% quedaron fuera del análisis final.

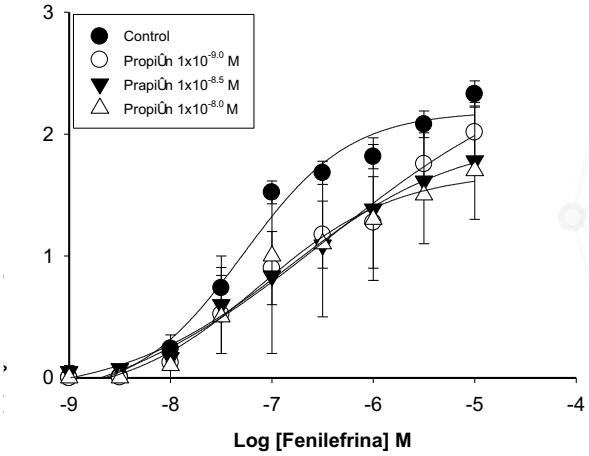


Figura 1. *CC-R a fenilefrina en ausencia y presencia de propionato en* ***aorta torácica con endotelio****. Cada punto representa el promedio ± EE de n=4 anillos.*

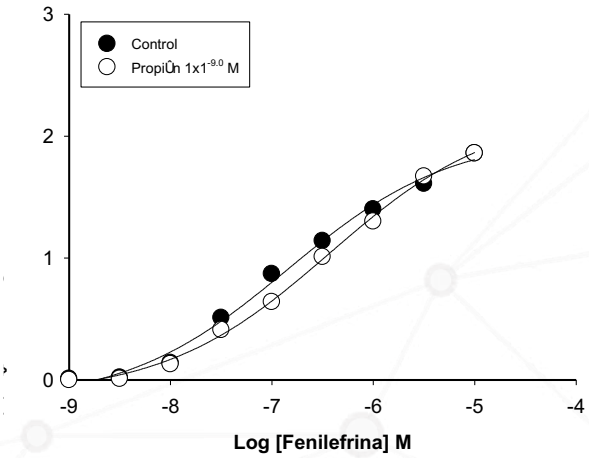


Figura 2. *CC-R a fenilefrina en ausencia y presencia de propionato en* ***aorta abdominal con endotelio****. Cada punto representa el promedio ± EE de n=1 anillos.*

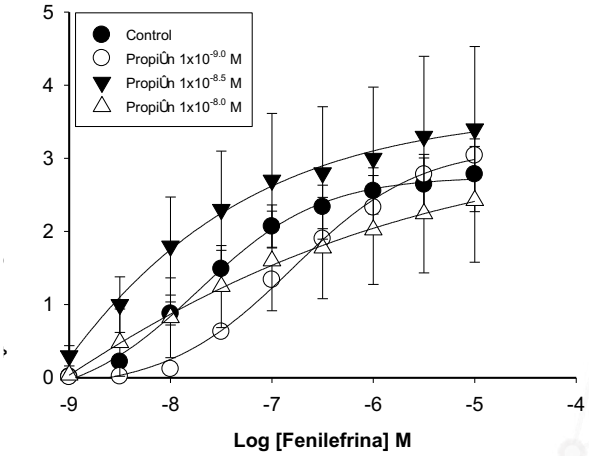


Figura 3. *CC-R a fenilefrina en ausencia y presencia de propionato en* ***aorta torácica sin endotelio****. Cada punto representa el promedio ± EE de n=4 anillos.*

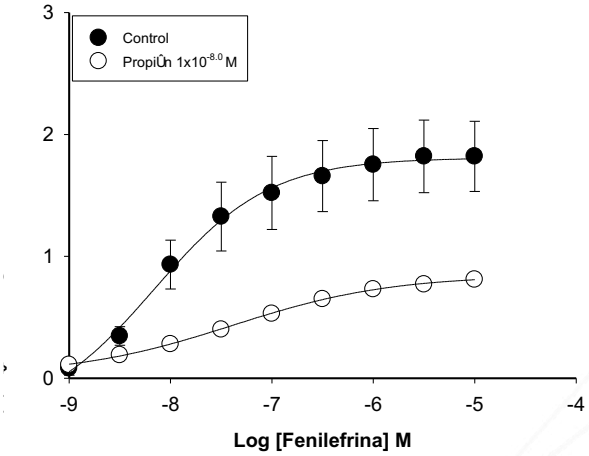


Figura 4. *CC-R a fenilefrina en ausencia y presencia de propionato en* ***aorta abdominal sin endotelio****. Cada punto representa el promedio ± EE de n=4 anillos.*

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos nos llevan a concluir que el efecto del propionato disminuye la respuesta vascular a vasoconstrictores como la fenilefrina, esto de manera independiente del endotelio, lo que sugiere un efecto beneficioso en la función vascular. Sin embrago, se considera que sería útil hacer un estudio con un número mayor de muestras, esto para tener una visión más amplia, e igual buscando más precisión en los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Manrique Vergara, D. (2017). Ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico) y patologías intestinales. *Nutrición hospitalaria: órgano oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral*, *34*(4). https://doi.org/10.20960/nh.1573

[2]. Xiong, R. G., Zhou, D. D., Wu, S. X., Huang, S.Y., Saimaiti, A., Yang, Z. J., Shang, A., Zhao, C. N., Gan, R.Y., y Li, H.-B. (2022). Health benefits and side effects of short-chain fatty acids. *Foods (Basel, Switzerland)*, *11*(18), 2863. https://doi.org/10.3390/foods11182863

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524173

PERSISTENCIA DE SECUELAS EN PACIENTES RECUPERADOS DE COVID-19 Y SU RELACIÓN CON BIOMARCADORES INFLAMATORIOS Y TROMBÓTICOS.

Daniela Jose Alcantar Zavala , Nallely García-Larragoiti1, Alan Cano-Méndez1, Rogelio Vega-Agavo1, Patricia Guzmán-Cancino1, Martha Eva Viveros-Sandoval1.

1 Laboratorio de Hemostasia y Biología Vascular, FCMB "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Autor de correspondencia: martha.viveros@umich.mx; Ponente: 1812359f@umich.mx

Palabras Clave: Long COVID, secuelas, biomarcadores, inflamatorios, inmunotromboticos, citometría de flujo.

RESUMEN. El termino Long COVID (LC) es usado para describir el malestar en las personas que aún si se han recuperado de COVID-19 siguen reportando efectos que perduran de la infección o que han tenido los síntomas usuales por más tiempo del esperado. La presencia de COVID prolongado (LC) tras la infección por SARS-CoV-2 es una condición común que afecta la calidad de vida de los pacientes y representa un desafío diagnóstico debido a la diversidad de síntomas que pueden coexistir. Aún no contamos con información precisa sobre las vías patofisiológicas que generan la presencia de LC, por lo que es importante conocer los perfiles de biomarcadores inflamatorios e inmunotrombóticos y sus implicaciones para caracterizar subgrupos de riesgo y establecer estrategias terapéuticas tempranas. Realizamos la determinación de biomarcadores inflamatorios e inmunotrombóticos en voluntarios con diagnósticos previos de SARS-CoV-2. Los biomarcadores inflamatorios se analizaron en plasma mediante citometría de flujo, y analizamos el factor von Willebrand (vWF) en las muestras de plasma utilizando ELISA. Luego se analizaron las variables clínicas y la presencia o ausencia de síntomas de COVID prolongado. Los niveles de IL-6, IL-8, sCD40L, p-Selectina, PSGL-1, PAI-1, tPA, D-Dímero, TF y Factor IX fueron evaluados en una población de pacientes recuperados con secuelas y en una población recuperada la cual no presenta secuelas.

INTRODUCCIÓN. El término Long COVID (LC) se utiliza para describir la persistencia de síntomas en personas que habiendo superado la fase aguda del COVID-19, continúan experimentando una variedad de manifestaciones clínicas durante semanas o meses. Esta condición no solo afecta significativamente la calidad de vida de los pacientes, sino que también presenta un desafío diagnóstico debido a la heterogeneidad de los síntomas. A pesar de los avances en el conocimiento de COVID-19, las vías fisiopatológicas subyacentes del LC aún no están completamente claras. Este desconocimiento resalta la necesidad urgente de entender el estado inmunotrombótico asociado al LC y desarrollar estrategias terapéuticas oportunas.
En nuestro estudio, se incluyeron voluntarios con diagnóstico previo de SARS-CoV-2 que referían persistencia de síntomas y se clasificaron en un grupo LC (n=20). Estos se compararon con un grupo control de individuos aparentemente sanos (n=15). Se evaluaron diversas variables clínicas y demográficas y se realizaron determinaciones plasmáticas de biomarcadores inflamatorios e inmunotrombóticos. Los biomarcadores analizados incluyen marcadores como IL-6, IL-8, sCD40L, p-Selectina, PSGL-1, PAI-1, tPA, D-Dímero, TF y Factor IX, evaluados mediante ensayo

inmunoenzimático acoplado a perlas por citometria de flujo además, se realizo una encuesta con el fin de obtener historia clínica reciente en el que se manifestaran los síntomas crónicos de los voluntarios, estos datos fueron comparados con los que anteriormente se determinaron en el laboratorio como los más comunes. Se espera que nuestros resultados confirmen una correlación significativa entre la presencia de LC y un estado inmunotrombótico activo. Observando concentraciones elevadas de proteínas asociadas con respuestas inflamatorias y procoagulantes en el grupo LC en comparación con el grupo control.

ANTECEDENTES. El COVID-19 es una enfermedad infecciosa ocasionada por el coronavirus tipo 2 estel virus es conocido como SARS-CoV-2, un nuevo beta-coronavirus de la familia de los *Coronaviridae*, llamado así por su cápsula lipo-protéica de forma esférica rodeada de múltiples espículas (glicoproteínas-S) que le dan aspecto de corona. El material genético en su interior es una sola cadena de ácido ribonucleico (RNA) de sentido-positivo (Escudero, et. al, 2021), causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) que apareció en China a finales del 2019 y se extendió por el mundo causando la pandemia más reciente. Ritchie, H. (2021).
Una vez transcurrida la pandemia, el impacto generado a la salud además de los signos clínicos que se presentaron no desaparecieron por completo, si bien entre los síntomas característicos de la infección aguda se encontraron como síntomas la anosmia, ageusia, fiebre, mialgia, fatiga, entre muchos otros, esto debido a que el receptor de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) permite la entrada del virión del SARS-CoV-2 a las células del hospedero a través de su fijación con la proteína S, además de la proteasa celular, TMPRSS. El receptor ACE2 se localiza en distintos tejidos corporales que incluyen pulmones, corazón, endotelio vascular, hígado, intestino, riñones y testículo; de ahí la generación de diversas manifestaciones clínicas. (Morales, et.al, 2021). El fenómeno del Long COVID ha captado la atención mundial debido a sus implicaciones prolongadas para la salud post-COVID-19. Investigaciones previas han mostrado que algunos pacientes experimentan una serie de síntomas persistentes que afectan su bienestar general y funcionalidad. Los siguientes síntomas se han identificado con mayor frecuencia después de la recuperación de la COVID-19: fatiga (58 %), cefalea (44 %), trastorno de atención (27 %), caída del cabello (25 %) y disnea (24 %) ; sin embargo, se han documentado una gran variedad de molestias adicionales, por ejemplo: ageusia (23 %), anosmia (21 %), polipnea (21 %), tos (19 %), artralgias (19 %), sudoración (17 %), dolor torácico (16 %), náusea (16 %), pérdida de la memoria (16 %), alteraciones auditivas (15 %), entre otras (Lopez-Leon, S., et al, 2021).
Desde las primeras veces que se hizo mención a este término, Long COVID, se han hecho múltiples escritos e investigaciones buscando identificar su proceder o un patrón en la forma de manifestarse o un marcador inmunotrombóticos alterados específicos.
El factor von Willebrand y otros biomarcadores de la cascada inflamatoria y de coagulación han demostrado ser relevantes en la patogénesis de enfermedades cardiovasculares y trombóticas, lo que sugiere su potencial utilidad en el contexto del LC.
Este proyecto propone hacer un seguimiento de una base de datos previa del laboratorio para ver cómo evolucionan las secuelas de la enfermedad además de determinar si el estado es crónico mediante los inmunomarcadores. Siendo el estudio de los mecanismos inmunotrombóticos en LC crucial para entender mejor esta condición y desarrollar intervenciones efectivas.

OBJETIVOS. Caracterizar el estado inmunotrombótico en pacientes con Long COVID mediante la evaluación de biomarcadores plasmáticos, así como dar seguimiento a las secuelas y estado inmunotrombotico de los voluntarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

PACIENTES. Se incluyó una cohorte de los voluntarios registrados el en un análisis anterior del mismo laboratorio de pacientes con diagnostico positivo de infección por SARS-CoV-2 confirmado por pruebas de biología molecular, de acuerdo a la presencia o no de síntomas de los que se recuperaron de la fase aguda, los cuales fueron clasificados en pacientes aparentemente sanos o sin ninguna enfermedad de base con y sin secuelas de COVID19. Entendiéndose como secuelas a la persistencia de síntomas a las 6 semanas de recuperación.

MUESTRAS. Se obtuvo una nueva muestra de sangre periférica de los pacientes que aceptaron participar en el estudio y firmaron la carta de consentimiento informado, siguiendo los estándares clínicos. La muestra se obtuvo por medio de venopunción en el antebrazo con sistema al vacío Vacutainer® en tubo azul con citrato de sodio al 3,2% como anticoagulante y en tubo rojo sin anticoagulante para la obtención de suero y plasma. El suero y el plasma se obtuvieron por centrifugación a 3500 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente y se conservaron a -4 °C hasta su posterior uso para la evaluación de biomarcadores.

EVALUACIÓN DE BIOMARCADORES INMUNOTROMBOTICOS. La determinación del factor von Willebrand (vWF) se realizará mediante la técnica ELISA utilizando el Human vWF kit de Invitrogen®. Mientras que el análisis de IL-6, IL-8, sCD40L, P-selectina, PSGL-1, PAI-1, tPA, Dímero-D, Factor Tisular y Factor IX se evaluaran mediante un ensayo inmunoenzimático acoplado a perlas con el kit LEGENDplex™ Human Thrombosis Panel de Biolegend®.

RESULTADOS

Síntoma	Long COVID sin enfermedad inflamatoria 2022 (n=21)	Long COVID sin enfermedad inflamatoria 2024 (n=16)	Síntoma	Long COVID sin enfermedad inflamatoria 2022 (n=21)	Long COVID sin enfermedad inflamatoria 2024 (n=16)
Cefalea (Porcentaje)	38.09	12.5	**Taquicardia (Porcentaje)**	9.52	0
Fiebre (Porcentaje)	4.76	0	**Tos (Porcentaje)**	61.90	25
Ansiedad (Porcentaje)	47.62	37.5	**Ageusia (Porcentaje)**	4.76	6.3
Problemas digestivos (Porcentaje)	4.76	12.5	**Cansancio (Porcentaje)**	14.29	6.3
Anosmia (Porcentaje)	33.33	0	**Mialgias (Porcentaje)**	9.52	6.3
Dolor de garganta (Porcentaje)	4.79	0	**Lumbalgia (Porcentaje)**	14.29	18.8
Artralgia (Porcentaje)	14.29	6.3	**Urticaria (Porcentaje)**	9.52	0
Arritmia (Porcentaje)	4.76	0	**Fatiga (Porcentaje)**	14.29	6.3
Rinorrea (Porcentaje)	4.76	6.3	**Rash (Porcentaje)**	0	0
Trastornos de sueño (Porcentaje)	19.05	37.5			

Tabla 1. *comparativa de signos y síntomas persistentes de los pacientes*

Como resultados preliminares se obtuvo un comparativo entre el porcentaje de la prevalencia de los síntomas, datos obtenidos en el estudio realizado como antecedente a este. Como resultado se obtuvo un porcentaje mayor de la incidencia en los trastornos de sueño, refiriéndonos a este como la dificultad para conciliar el sueño o mantener la calidad del mismo aunado a esto se incide mayormente en la presencia ansiedad en los pacientes

CONCLUSIONES. En los resultados obtenidos destacamos la prevalencia de las secuelas una vez que el paciente se recuperó de la enfermedad coincidiendo con los trastornos de los cuales en otros estudios se registró también una mayor incidencia. Se dará continuidad al estudio a través del análisis de los biomarcadores inmunotrombóticos, se espera que los hallazgos de nuestro estudio destaquen la existencia de un estado inmunotrombótico activo en pacientes con Long COVID. La elevación de biomarcadores inflamatorios y procoagulantes en este grupo sugiere que el LC puede estar vinculado a procesos inflamatorios y trombóticos persistentes. Estos resultados subrayan la necesidad de una evaluación más profunda y de estrategias terapéuticas específicas para abordar los mecanismos subyacentes del LC. Por lo que se le dará seguimiento a este a través de un ensayo inmunoenzimático de los niveles de IL-6, IL-8, sCD40L, p-Selectina, PSGL-1, PAI-1, tPA, D-Dímero, TF y Factor IX.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lopez-Leon, S., Wegman-Ostrosky, T., Perelman, C., Sepulveda, R., Rebolledo, P. A., Cuapio, A., & Villapol, S. (2021). More than 50 Long-term effects of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. En *bioRxiv* (p. 2021.01.27.21250617). https://doi.org/10.1101/2021.01.27.21250617
2. Ritchie, H. (2021). EO-O., Diana Beltekian, Edouard Mathieu, Joe Hasell, Bobbie Macdonald, Charlie Giattino, Cameron Appel and Max Roser. Coronavirus (COVID-19) Vaccinations.
3. Morales Fernández, J. A., & Wong Chew, R. M. (2021). Generalidades, aspectos clínicos y de prevención sobre COVID-19: México y Latinoamérica. *Universitas Médica*, *62*(3), 97–114. https://doi.org/10.11144/javeriana.umed62-3.gacp
4. Escudero, X., Guarner, J., Galindo-Fraga, A., Escudero-Salamanca, M., Alcocer-Gamba, M. A., & Del-Río, C. (2021). La pandemia de Coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19): Situación actual e implicaciones para México. *Archivos de cardiologia de Mexico*, *90*(91), 7–14. https://doi.org/10.24875/acm.m20000064

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524174

NANOPARTÍCULAS DE ZIRCONIA Y SU INFLUENCIA EN LA REGENERACIÓN ÓSEA: INVESTIGACIÓN IN VITRO

Ricardo Saúl Legorreta Álvarez[1], Marco Aurelio Pardo Galván[2], Ana Edith Higareda Mendoza[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1368515a@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mapardo@umich.mx

3 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; higareda@umich.mx

Palabras Clave: Nanopartículas de zirconia, Regeneración ósea, Ingeniería de tejidos 3

RESUMEN. Las fracturas óseas representan un desafío significativo para la salud pública mundial, con millones de casos anuales y un alto impacto económico y social. La ingeniería de tejidos ofrece soluciones prometedoras para la regeneración ósea mediante implantes biomiméticos que integran células, andamios y moléculas bioactivas. Las nanopartículas de zirconia (ZrO_2) destacan en aplicaciones biomédicas por sus propiedades excepcionales y su uso en prótesis articulares y dentales, gracias a su resistencia mecánica y biocompatibilidad. Este estudio explora el potencial de las nanopartículas de ZrO_2 para estimular la osteogénesis en preosteoblastos, contribuyendo al desarrollo de implantes óseos innovadores que mejoren la recuperación del tejido óseo.

INTRODUCCIÓN. Las fracturas óseas representan un problema de salud global, con millones de casos al año. La Fundación Internacional de Osteoporosis informa que cada 3 segundos ocurre una fractura por osteoporosis, afectando considerablemente la economía y la dinámica familiar, con un 33% de los pacientes volviéndose totalmente dependientes de cuidadores (Amgen, 2021). En América Latina, la prevalencia de fracturas por fragilidad aumenta con la edad, afectando a más de la mitad de quienes tienen masa ósea baja. La ingeniería de tejidos es un campo interdisciplinario que combina principios de ingeniería y ciencias de la vida para crear sustitutos biológicos que restauren o mejoren la función de los tejidos (Baino *et al*., 2015). Sus tres componentes básicos son células, andamios y moléculas bioactivas, conocidos como la tríada de ingeniería de tejidos (Murphy *et al*., 2013). Las células forman y secretan estructuras de soporte llamadas matriz extracelular, que no solo sostiene a las células, sino que también actúa como un medio de señalización.

En la ingeniería de tejidos óseos, se busca desarrollar implantes biomiméticos para regenerar tejidos y recuperar su funcionalidad (Flores-Macías, 2017). Según Concepto S.r.l. (2024), las nanopartículas de zirconia se utilizan en prótesis metálicas y dentales debido a sus propiedades únicas. El óxido de zirconio (ZrO_2) ha sido utilizado en medicina desde 1969, particularmente en prótesis de articulación de cadera, como una alternativa al titanio, acero o aluminio. En odontología, el óxido de zirconio se ha confirmado como el material de excelencia para la fabricación de prótesis dental, gracias a sus elevadas propiedades mecánicas y alta compatibilidad biológica con el tejido de las encías y el hueso.

ANTECEDENTES. El hueso es un tejido conjuntivo que se endurece por la mineralización con fosfato de calcio. A pesar de no ser el tejido más duro del cuerpo (ese es el esmalte dental), el tejido óseo es vital en la estructura y función de los huesos, que también contienen grasa, nervios, tejido conjuntivo, sangre, médula ósea y cartílago (Saladin, 2012). Las lesiones óseas afectan la estructura y masa ósea, aumentando el riesgo de fracturas, deformidades o cáncer, y son una preocupación importante en cirugía ortopédica (Oheim, 2015). En México, más de 10 millones de personas padecen osteoporosis, con más de 1.4 millones de fracturas anuales, lo que representa el 15.7% de las fracturas a nivel mundial (Gasca *et al*., 2017). Otras patologías óseas se muestran en la Tabla 1 y la distribución de fracturas óseas en Latinoamérica en la Figura 1.

Osteítis deformante (enfermedad de Paget[37])	Proliferación excesiva de osteoclastos y resorción de exceso de hueso, mientras los osteoblastos tratan de compensar mediante el depósito de hueso adicional. Esto lleva a una remodelación rápida y desordenada y a huesos débiles y deformados. La osteítis deformante suele pasar inadvertida, pero en algunos casos provoca dolor, desfiguración y fracturas. Es más común en hombres mayores de 50 años de edad
Osteomielitis[38]	Inflamación del tejido óseo y la médula como resultado de infección bacteriana. Esta enfermedad solía ser letal antes del descubrimiento de los antibióticos y aún es muy difícil de tratar
Osteogénesis imperfecta	Defecto en el depósito de colágeno que lleva a huesos demasiado frágiles, lo que produce fracturas presentes al nacer o que ocurren con extraordinaria frecuencia durante la infancia; también causa deformación dental y pérdida de la audición debido a la deformación de los huesos de oído medio
Osteosarcoma[39]	La forma de cáncer de huesos más común y fatal; crea metástasis en los pulmones y otros órganos; si se deja sin tratar, la muerte ocurre antes de 1 año

Tabla 1. *Lesiones óseas.*

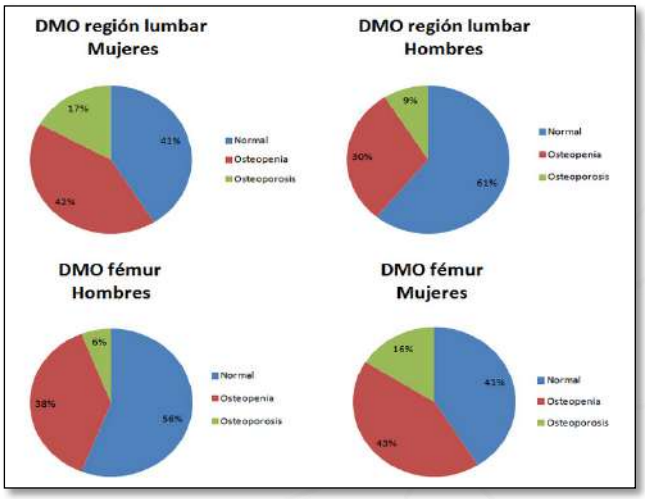


Figura 1. Porcentaje de fracturas óseas en Latinoamérica*. Las fracturas pueden ser causadas por accidentes o pérdida de masa ósea debido a enfermedades crónicas como la osteoporosis, que afecta a 1 de cada 3 mujeres y 1 de cada 5 hombres mayores de 50 años (Amgen, 2021).*

Actualmente, la ingeniería de tejidos tiene un rol limitado en el tratamiento clínico, aunque existen implantes experimentales de vejigas, arterias, cartílago y tráqueas. Los órganos complejos, como el corazón o el hígado, aún no son totalmente reproducibles para su implantación (NIBIB, 2024). En la ingeniería de tejidos óseos se busca implementar terapias que ayuden a la creación de implantes que sean biomiméticos y que estimulen la regeneración de los tejidos hasta recuperar su funcionalidad. Un componente clave en la estrategia de síntesis de implantes óseos es la

aplicación de células, andamios y moléculas bioactivas que se conocen como triada de los tejidos (Flores-Macías, 2017; Murphy *et al*., 2013).

OBJETIVO. Evaluar *in vitro* la actividad osteogénica de preosteoblastos sembrados sobre películas de PLA con nanopartículas de Zirconia.

BIOMATERIALES Y ANDAMIOS. Los biomateriales interactúan con sistemas biológicos para tratar, reemplazar o mejorar funciones tisulares. Para la fabricación de andamios se utilizan cerámicas, polímeros y biocompuestos, los cuales deben cumplir criterios de biocompatibilidad, osteoinductividad, osteoconductividad, biodegradabilidad, propiedades mecánicas, porosidad y facilidad de fabricación (Tabla 2) (Flores-Macías, 2017; Thavornyutikarn *et al*., 2014).

CRITERIO	DESCRIPCIÓN
Biocompatibilidad	Correcta adhesión al tejido del hospedero sin ser tóxico o que active respuesta inmune.
Osteoinductividad	Reclutamiento de células madre y osteoprogenitoras en el sitio de regeneración, estimuladas para que se presente la diferenciación hacia la línea osteogénico.
Osteoconductividad	Fácil adhesión al tejido óseo como soporte estructural; permitir y/o estimular la proliferación y diferenciación de las células.
Biodegradabilidad	La degradación debe ser constante para que permita el depósito de nuevo tejido óseo a la misma tasa de degradación; los productos de degradación no deben ser tóxicos.
Propiedades Mecánicas	Los andamios deben ser resistentes a la carga según el sitio donde serán implantados.
Porosidad	Deben ajustarse a una alta porosidad con poros interconectados de 100 a 500 µm (el tamaño de los poros afecta la velocidad de migración celular) para la distribución de nutrientes y estimulantes, la eliminación de desechos metabólicos y la vascularización.
Fabricación	Deben de ser fáciles de fabricar y reproducibles, modificables, esterilizables y de bajo costo.

Tabla 2. *Criterios que debe cumplir un andamio.*

Las nanopartículas de zirconia son relevantes en la regeneración ósea por sus propiedades antibacterianas y capacidad de administración de fármacos. Estas nanopartículas también pueden combinarse con otros materiales, como el quitosano, para crear andamios más eficaces en la regeneración de tejido óseo (Benítez *et al*., 2020).

RESULTADOS

Expresión relativa de colágeno



Figura 2. Tinción de colágeno. *Días 4, 7, 14. Imágenes en microscopio de luz invertida (LEICA) a un aumento de 100x de los cultivos celulares en presencia de biomaterial.*

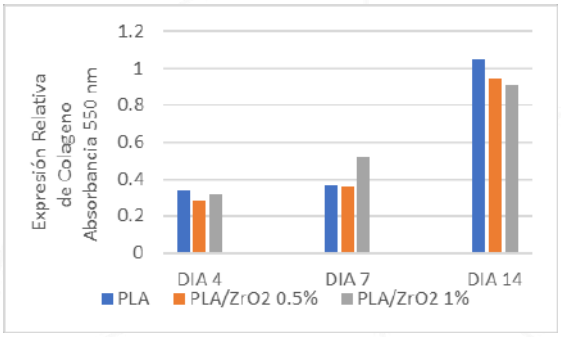


Figura 3. Expresión relativa de colágeno. *Lecturas de absorbancia a 550nm, inicia una expresión mayor a partir del día 7 para la película PLA/ZrO_2 1% en comparación al día 4.*

Actividad de fosfatasa alcalina

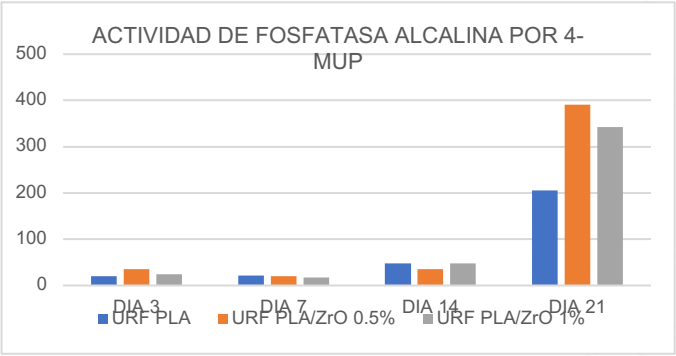


Figura 4. Actividad de fosfatasa alcalina. *Durante los días 3 y 7, los valores se mantuvieron similares en todas las muestras. A partir de ese punto, se observó un aumento, alcanzándose los niveles más altos de actividad el día 21, con un incremento del 70% en las películas que contenían ZrO_2.*

Mineralización ósea

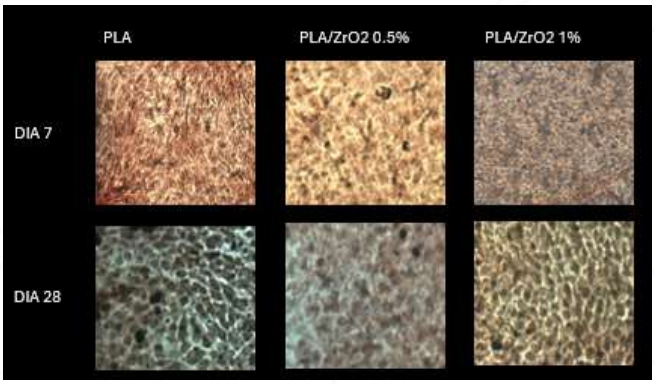


Figura 5. Grado de mineralización ósea. *Tinción por Rojo de Alizarina de nódulos de calcio el día 7 y 28. Se observa en el día 28 como las células van creando una matriz alineada.*

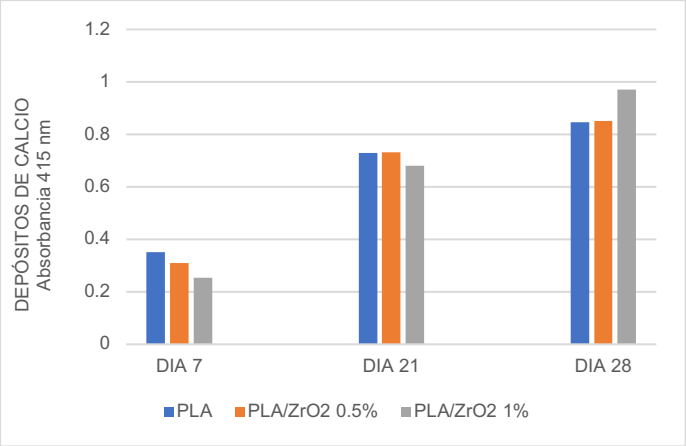


Figura 6. Grado de mineralización ósea. *Se observó una pequeña expresión el día 7, en comparación con los días 21 y 28. La diferencia en el grado de mineralización sobre las películas de PLA/ZrO_2 se ve desde el día 21, incrementando aún más para el día 28 para PLA/ZrO_2 1%.*

CONCLUSIÓN. Este estudio evaluó la incorporación de nanopartículas de zirconia (ZrO_2) combinadas con ácido poliláctico (PLA) en biomateriales poliméricos para la regeneración ósea. Los resultados mostraron que, aunque no hay diferencias significativas, la adición de ZrO_2 al 1% en la matriz de PLA mejora notablemente la expresión de colágeno, la actividad de fosfatasa alcalina (ALP) y la mineralización ósea. Estos hallazgos subrayan que la zirconia, en combinación con PLA, potencia la diferenciación osteoblástica y la formación de nueva matriz ósea sin comprometer la biocompatibilidad del material base, destacando su potencial en aplicaciones de ingeniería de tejidos óseos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amgen. (2021, 18 de octubre). "Cada 3 segundos se presenta una fractura por osteoporosis en el mundo", Amgen, consultado el 19 de octubre de 2020, de https://www.amgen.com.mx/media/news-release-listing/2021/10/segundos-se-presenta[1]
2. Baino, F., Novajra, G. y Vitale-Brovarone, C. (2015). "Biocerámicas y andamios: una combinación ganadora para la ingeniería de tejidos", Fronteras en bioingeniería y biotecnología, Vol. 3, 2015, p. 202.
3. Benítez, L. D. L. C. C., Delgado, R. M., & Díaz, F. L. C. (2020). "Actualización sobre los últimos adelantos científicos en estomatología", Medimay, Vol. 27(4), 2020, pp. 567-577.
4. Concepto S.r.l. (2024, 23 de abril). "Zirconia en medicina", Zirconia Concept, consultado de https://www.zirconiaconcept.it/es/zirconia/zirconia-en-medicina[2]
5. Flores Macias R. (2017). "Evaluación biológica in vitro de biomateriales de PLA-PLC-nHA aplicables a la regeneración de tejidos óseos", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2017, p. 78.
6. Gasca, L. G. D., & Villaseñor, S. L. O. (2017). "Frecuencia y tipos de fracturas clasificadas por la Asociación para el Estudio de la Osteosíntesis en el Hospital General de León durante un año", Acta médica grupo Ángeles, Vol. 15(4), 2017, pp. 275-286.
7. Murphy, CM, O'Brien, FJ, Little, DG y Schindeler, A. (2013). "Interacciones célula-andamio en la tríada de ingeniería de tejido óseo", Revista de Investigación, Vol. 2, 2013, pp. 1-10.
8. NIBIB. (2024, 29 de marzo). "Ingeniería de Tejidos y Medicina Regenerativa", NIBIB, recuperado de https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/ingenier%C3%ADa-de-tejidos-y-medicina-regenerativa-0
9. Saladin, K. S. (2012). "Anatomía y fisiología: la unidad entre forma y función", McGraw-Hill, 7a ed., 2012, p. 370.
10. Thavornyutikarn, B., Chantarapanich, N., Sitthiseripratip, K., Thouas, GA y Chen, Q. (2014). "Andamiaje de ingeniería de tejido óseo: técnicas de andamiaje asistidas por computadora", Avances en biomateriales, Vol. 3(2), 2014, pp. 61-102.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524175

SÍNTESIS DE HÍBRIDOS AINE-AMINOÁCIDO Y SU EVALUACIÓN IN SILICO EN LA INHIBICIÓN DEL SISTEMA DUAL COX/INOS COMO MEDIADORES INFLAMATORIOS DESENCADENADOS EN PATOLOGÍAS COMO ARTRITIS REUMATOIDE

Juan Carlos Jiménez Cruz[1], Ramón Guzmán Mejía[2], Pedro Navarro Santos[3], Hugo A. García Gutiérrez[4], Julio C. Ontiveros Rodríguez[5], Rafael Herrera Bucio[6], Judit A Aviña Verduzco[7]

1 CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.jimenez@conahcyt.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ramon.guzman@umich.mx

3 CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pedro.navarro@gmail.com

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo hgarcia@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; julio.ontiveros@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.herrera.bucio@gmail.com

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jaavina@umich.mx

Palabras Clave: COX/iNOS, artritis reumatoide, péptidos, AINES

RESUMEN. La inflamación es la respuesta del sistema inmune generado ante una infección o estímulo extraño, este proceso inflamatorio se le denomina agudo cuando es por un corto periodo de tiempo o crónico cuando al proceso que se padece es por tiempo prolongado, el cual puede ir de unos cuantos meses a incluso años; en este sentido un proceso inflamatorio crónico que se ha convertido en un problema de salud pública es la artritis reumatoide con una alta prevalencia en México; en esta enfermedad 2 de las enzimas inducidas por el proceso inflamatorio son la cicloxigenasas 2 (COX-2) y óxido nítrico sintasa (iNOS) y, por lo tanto, la inhibición paralela de estas enzimas que conducen a la síntesis de tromboxanos, prostaglandinas y óxido nítrico contribuyen a una disminución de la inflamación, ya que estos metabolitos están involucrados también en la liberación de citocinas proinflamatorias como las interleucinas.
Recientemente, una de las principales estrategias para conseguir sistemas de inhibición enzimática eficientes son la conjugación de AINES comerciales unidos a sistemas peptídicos o a aminoácidos logrando así resultados prometedores al disminuir la inflamación de manera efectiva.
Por lo anterior, el presente trabajo describe la síntesis de moléculas entre un análogo del AINE fenbufen con los aminoácidos aromáticos, fenilalanina y tirosina y su estudio teórico mediante acoplamiento y dinámica molecular. Es de destacar que los resultados obtenidos de los estudios teóricos mostraron una interacción fármaco-receptor comparable con los fármacos comerciales como diclofenaco y celecoxib.

INTRODUCCIÓN. La inflamación es parte de una serie de procesos generados como mecanismo de defensa del sistema inmune: de acuerdo al tiempo de duración se denomina inflamación aguda (inflamación de días) e inflamación crónica (inflamación por meses a años) [1], un claro ejemplo de la inflamación crónica es la artritis reumatoide, la cual es una enfermedad inflamatoria que afecta al sistema músculo esquelético, esta enfermedad se caracteriza por la acumulación de

células, moléculas (interleucinas) y proteínas inflamatorias (COX-2/*i*NOS) en la membrana sinovial, esto trae como consecuencia la destrucción de las articulaciones conocida como osteoartritis; dentro de los síntomas más frecuentes de esta enfermedad son rigidez, dolor e inmovilidad articular, fibrosis y arterioesclerosis, etc [2].

ANTECEDENTES. Históricamente hablando el ácido salicílico fue la primera sustancia utilizada por el ser humano para controlar la inflamación, esta molécula fue obtenida de *Salis alba* y *Spirea ulmaria*; sin embargo, a pesar de tener una buena actividad antiinflamatoria, su efecto positivo iba a acompañado por irritación gástrica, posteriormente este problema fue resuelto por el químico Félix Hoffman quien modificó el ácido salicílico adicionando un grupo acetilo obteniendo así la aspirina o ácido acetilsalicílico [3]. Actualmente, las investigaciones se centran en la generación de una nueva serie de antiinflamatorios basados en aminoácidos y péptidos los cuales al ser reconocidos por proteínas y enzimas que son de la misma naturaleza se presume tengan un efecto favorable respecto a la inflamación y menor riesgo de desencadenar efectos adversos graves. Una referencia de esta premisa es la actividad antiinflamatoria que posee el medicamento clonixinato de lisina, el cual está constituido por un fragmento de clonixinato unido iónicamente a una molécula del aminoácido *L*-lisina [4]. Otra de las estrategias que recientemente se han tomado como pauta para combatir la inflamación es la síntesis de moléculas entre aminoácidos o péptidos con AINES comerciales como naproxeno donde han demostrado tener una excelente actividad antiinflamatoria, especialmente los compuestos que contenías fragmentos de alanina-fenilalanina y metionina-fenilalanina [5].

OBJETIVO

Sintetizar dos híbridos de tipo AINE-aminoácido entre fenilalanina y tirosina mediante un enlace amida con un análogo de fenbufen y evaluar su interacción fármaco receptor teórica frente a las proteínas COX-2/*i*NOS expresadas en artritis reumatoide.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó la síntesis de los compuestos AINES-aminoácido **3** y **4** iniciando con la protección de los aminoácidos fenilalanina y tirosina, posteriormente se acoplaron vía anhídridos mixtos con el ácido 4-(4-metoxifenil)-4-oxobutanoico, el producto obtenido se llevó a una reacción de hidrólisis con LiOH, los productos obtenidos se caracterizaron por resonancia magnética nuclear, se optimizaron y se llevaron a estudios de simulación con autodock 4.2 (Fig. 1).

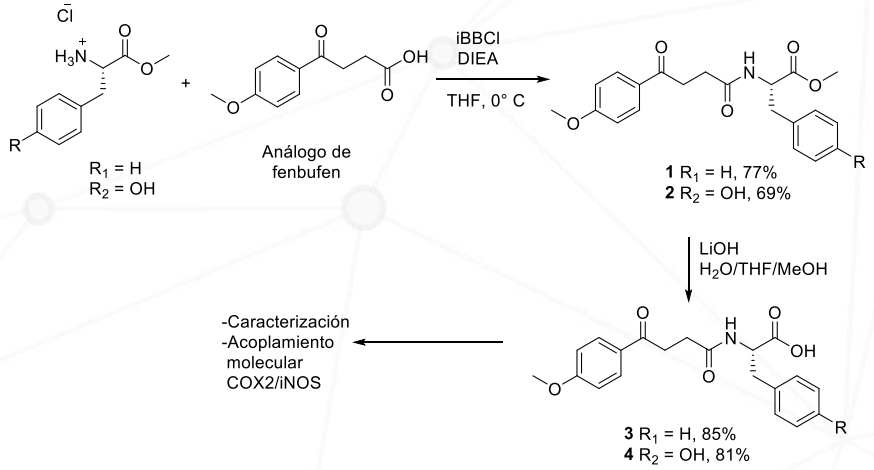


Figura 1. *Metodología utilizada en este trabajo.*

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. Se obtuvieron los compuestos (4-(4-metoxifenill)-4-oxobutanoil)-*L*-fenilalanina (**1**) y (4-(4-metoxifenil)-4-oxobutanoil)-*L*-tirosina (**2**) en buenos rendimientos, 85% y 81% respectivamente, de los productos obtenidos se muestra en la Fig. 2a el espectro de RMN de ^{1}H y ^{13}C Fig. 2b de **3**, las señales características para los anillos aromáticos presentes en la molécula, tal como lo observado para los hidrógenos 8, 8´, 9 y 9´ del anillo de anisol, estos hidrógenos se desdoblan como dos señales dobles en 7.90 ppm (d, *J* = 8.8 Hz, 2H) y 6.95 ppm (d, *J* = 8.8 Hz, 2H), por otro lado los hidrógenos del anillo aromático del aminoácido fenilalanina (hidrógenos 14-16) se aprecia como una señal múltiple en 7.16 ppm (m, 5H); posteriormente en 4.52 ppm (dt, *J* = 15.7, 7.8 Hz, 1H) se desdobla la señal para el hidrogeno del centro estereogénico (H-2) como una señal doble de triple e integral para uno, a continuación con un desplazamiento de 3.87 ppm (s, 3H) solo se aprecia una señal simple para los hidrógenos de un -OMe del anillo de anisol, ya en la región de los hidrógenos alifáticos se observa el desdoblamiento del sistema a-b de los hidrógenos diasterótopicos del metino 12 observados en 3.21 ppm (dd, *J* = 13.8, 4.8 Hz, 1H) y 2.95 ppm (dd, *J* = 13.8, 8.1 Hz, 1H), finalmente el sistema etilenico del fragmento de la cetoamida se aprecia en 3.13 ppm la señal de los hidrógenos H-5 (td, *J* = 6.9, 3.9 Hz, 2H) y en 2.52 ppm (dd, *J* = 6.9, 1Hz, 2H) los hidrógenos del metileno 4. En el espectro de ^{13}C (Fig 2b) se confirma la presencia de los carbonos esperados para la molécula **3** destacando que solo se observa una señal de OMe en 54.9 que corresponde para el OMe del anisol, además de las señales para los carbonilos de éster (173.7 ppm) y amida (198.0 ppm).

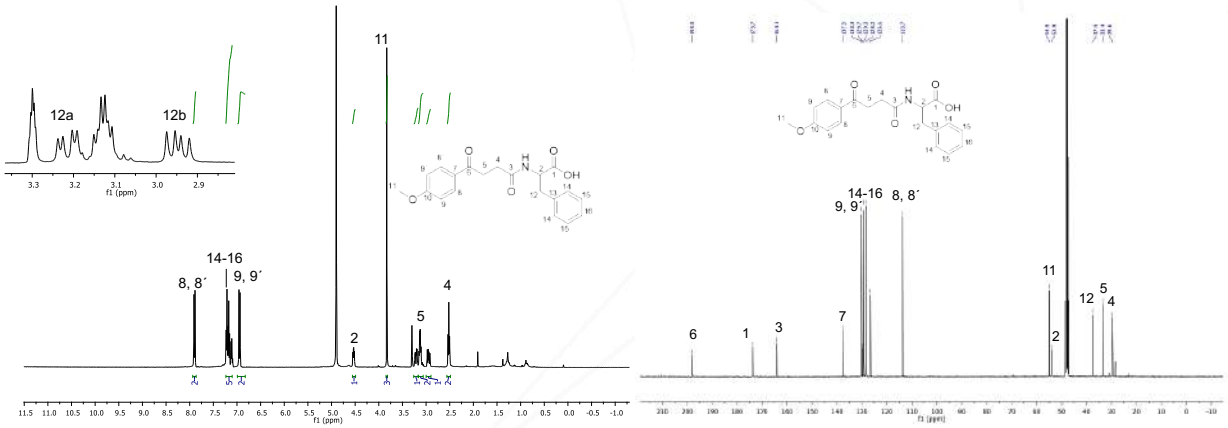


Figura 2. *Espectro de RMN de* ***3*** *obtenidos a 400 MHz en CD_3OD para a) ^{1}H y b) ^{13}C.*

El acoplamiento molecular del compuesto **3** frente a COX-2 mostró una energía de afinidad de –7.8 kcal/mol, además de interacciones relevantes con los aminoácidos (aa) PHE504 y MET508 como los observados entre el celecoxib y la enzima COX-2, además de las interacciones VAL509 y SER339 importantes también para la actividad antiinflamatoria de fármacos de tipo COXIB. El resto de las interacciones, pueden ser observadas en la figura correspondiente (Fig. 3a)
Por otro lado, para el acoplamiento entre el compuesto **4** se obtuvo una energía de interacción = –8.1 kcal/mol**,** se observaron además las interacciones hidrofóbicas con SER339 y VAL509, la interacción entre MET509 con el hidroxilo del anillo aromático fenólico de la tirosina y dos puentes de hidrógeno del ácido carboxílico libre de **4** con los residuos PHE504 y ALA513 (Fig. 3b).

Respecto a los resultados de *i*NOS con **3**, mostró una energía de afinidad de -9.05 kcal/mol además de interacciones de gran importancia las cual van desde interacciones hidrofóbicas con

PRO350, ASP382 y ARG381 y la presencia de 4 puentes de hidrógeno destacando las interacciones de GLU377, GLN263 y TYR347, además de un puente de hidrógeno con uno de los COOH del grupo HEMO510, es de destacar que esta interacción es de suma importancia ya que la presencia del hierro del grupo HEMO es indispensable para la actividad catalítica y por tanto para la síntesis de óxido nítrico (Fig. 4).

Para el caso de la simulación obtenida de **4** con *i*NOS, mostró una energía de afinidad menor a la del compuesto **3** (-8.64 kcal/mol) en ella se aprecian interacciones hidrofóbicas entre el anillo del anisol con los anillos aromáticos del grupo hemo que se puede traducir en la estabilización del complejo, además se localizan 4 puentes de hidrogeno con PRO350, TYR347, GLU377 y GLN263, este último residuo de gran importancia, a ya que está relacionado con la generación de un nuevo bolsillo en el sitio catalítico, relacionado con la especificidad de los compuestos selectivos de la enzima inducida (Fig 4b).

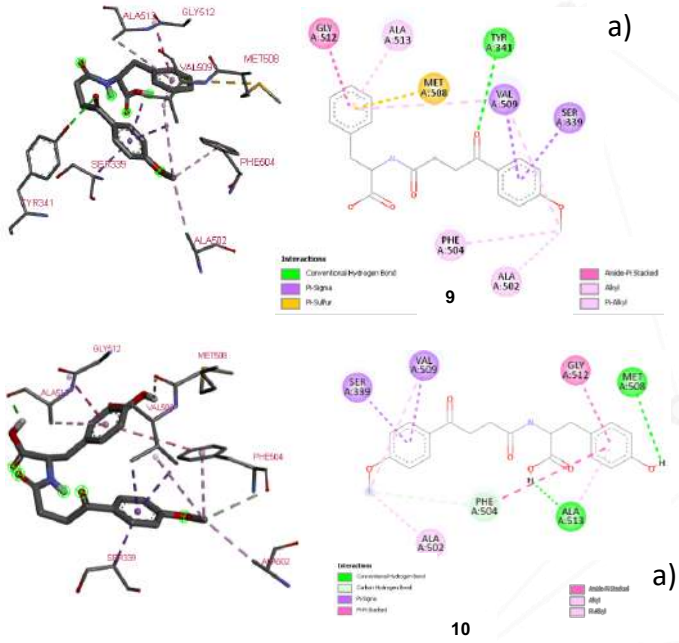


Figura 3. *Mejores poses encontradas par los compuestos* ***3*** *y* ***4*** *con la enzima COX2.*

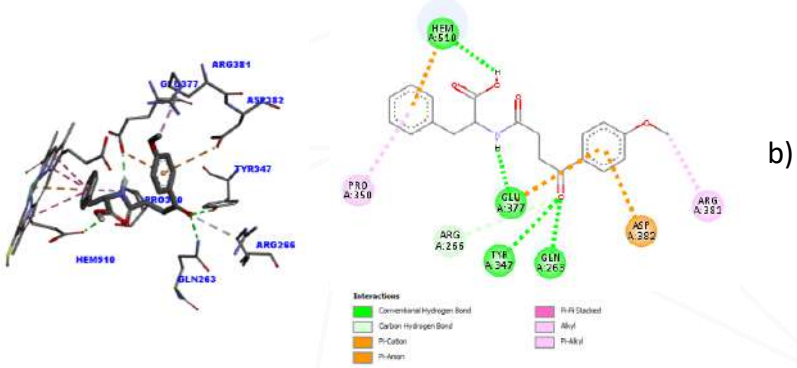


Figura 4. *Mejores poses encontradas par los compuestos* ***3*** *con la enzima iNOS.*



Figura 5. *Interacciones observadas de* ***4*** *con iNOS.*

CONCLUSIONES. La obtención de los compuestos híbridos **3** y **4** abre la pauta para su exploración y uso como agente antiinflamatorio, dadas las relevantes interacciones con su diana farmacológica, lo anterior los destaca como candidatos promisorios para ser el punto de partida para una nueva generación de fármacos con acción sobre dos enzimas relacionadas con la inflamación COX/iNOS observadas en enfermedades como artritis reumatoide y cáncer-.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pahwa R, Goyal A, Jialal I. Chronic Inflammation. [Updated 2023 Aug 7]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493173/
2. Peláez-Ballestas, I., Sanin, L. H., Moreno-Montoya, J., Alvarez-Nemegyei, J., Burgos-Vargas, R., Garza-Elizondo, M., ... & Cardiel, M. H. (2011). Epidemiology of the rheumatic diseases in Mexico. A study of 5 regions based on the COPCORD methodology. *The Journal of Rheumatology Supplement*, *86*, 3-8.
3. Jack, D. B. (1997). One hundred years of aspirin. *The Lancet*, *350*(9075), 437-439.
4. Franchi, A. M., Di Girolamo, G., De los Santos, A. R., Martí, M. L., & Gimeno, M. A. F. (1998). Effects of lysine clonixinate on cyclooxygenase I and II in rat lung and stomach preparations. Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids, 58(6), 421-424.
5. Moreira, R., Jervis, P. J., Carvalho, A., Ferreira, P. M., Martins, J. A., Valentão, P., ... & Pereira, D. M. (2020). Biological evaluation of naproxen–dehydrodipeptide conjugates with self-hydrogelation capacity as dual LOX/COX inhibitors. *Pharmaceutics*, *12*(2), 122.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CC0524178

CARACTERIZACIÓN DE LA MEMORIA INCIDENTAL-INTENCIONAL EN HIJOS DE PACIENTES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

María Fernanda Rincón Ortega[1], María Esther Olvera Cortés[2], Claudia Guadalupe Älvarez Huante[3], Edgar Josué Palomares Vallejo[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; fernandarincon.fr@hotmail.com

2 Centro de investigación biomédica de Michoacán; maesolco@yahoo.com

3 Centro de investigación biomédica de Michoacán; pride_7@hotmail.com

4 Instituto Mexicano del Seguro Social UMF 84, Tacícuaro; edgarjosue. palomares@gmail.com

Palabras Clave: Alzheimer, Memoria incidental, Memoria Intencional

RESUMEN. La enfermedad de Alzheimer (EA) es una enfermedad neurodegenerativa progresiva asociada con un deterioro cognitivo. Es evidente que la enfermedad de Alzheimer se presentan estadios que van marcando el deterioro de la capacidad cognitiva y de la memoria, la capacidad de codificar, almacenar y recuperar información de acontecimientos vividos personalmente, muchos estudios han demostrado que su rendimiento disminuye con la edad y que es la memoria afectada principalmente en la EA. Los familiares bilógicos de primer grado de personas con enfermedad de Alzheimer, tiene un riesgo de 4 a 10 veces mayor de demencia que las personas sin antecedentes familiares de la enfermedad, por eso la importancia que tiene estudiar la caracterización que presentan los pacientes de los hijos que comparten esta enfermedad, los descendientes de enfermedad de Alzheimer asintomáticos presentan vulnerabilidad en pruebas de alta demanda cognitiva como interferencia semántica proactiva y pobre desempeño en tareas de memoria de trabajo espacial. Ya que la memoria visuoespacial incidental es demandante y sensible a cambios por el envejecimiento es posible que descendientes asintomáticos presentan alteraciones en esta capacidad de memoria.
La importancia de estudiar a los pacientes sanos con un factor predisponente nos ayudará a la detección temprana de alguna deficiencia cognitiva y así poder realizar acciones preventivas de una manera oportuna. Por lo que se empleó la prueba de la memoria incidental para evaluar la caracterización de la memoria visuoespacial incidental-intencional en hijos de pacientes con enfermedad de Alzheimer.

OBJETIVO
Evaluar la memoria visuoespacial incidental-intencional en hijos de pacientes con enfermedad de Alzheimer.

MATERIAL Y MÉTODO: Estudio observacional, transversal, prospectivo en la UMF 84, muestreo por conveniencia, incluyendo 110 participantes con descendencia y sin descendencia de Alzheimer. Se aplicó la escala Mini mental, Beck, Hamilton, prueba de Raven y de memoria incidental. Los datos fueron analizados con estadística descriptiva y para asociación de variables se empleó de U Mann- Whitney apoyados en el spss 18.

RESULTADOS: La muestra estuvo constituida por 110 participantes, 55 participantes descendientes de pacientes con enfermedad de Alzheimer y 55 participantes sin el antecedente, que cumplieron los criterios de selección. En su mayoría fueron mujeres de 35 años de edad, con estado civil casadas, en cuanto a ocupación, empleadas y con nivel de escolaridad medido en años, de 20 años en promedio en ambos grupos de participantes. La prueba de coeficiente intelectual (RAVEN) con un rango de 70-95 puntos en ambos grupos. La escolaridad se consideró respecto al número de años que corresponden a cada grupo, 9 años nivel primaria, 12 años secundaria, 16 años bachillerato, licenciatura, 20 años licenciatura, 22 años o más maestría y doctorado. La memoria incidental fue deficiente en los descendientes de pacientes con EA, esto es evidente en el número de asociación objeto lugar que fue menor, así como en la proporción de participantes eficientes que fue menor (15, 31.3%) que en los no descendientes 33 (68.8%) con una significancia p <0.001. La memoria intencional mostró resultados similares, es decir menor eficiencia para los descendientes tanto en asociación objeto lugar como en mayor número de participantes no eficientes.

Desempeño de la memoria incidental. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos respecto a la variable asociación objeto lugar, con un 64.5% (40) de los participantes descendientes en la categoría deficiente, con respecto al 35.5 % (22) de los no descendientes (tabla II).

Tabla II.

Memoria Incidental Asociación objeto lugar

	Descendientes	No descendientes	Total	*p*
Deficiente (0-4 objetos)	40	22	62	
	64.5%	35.5%	100.0%	
Eficiente (5-8 objetos)	15	33	48	0.001*
	31.3%	68.8%	100.0%	
T otal	55	55	110	

Nota: F: frecuencia, %: porcentaje, *p:<0.05* chi cuadrada. 110 participantes

Prueba de la memoria intencional. Se observó una diferencia entre los grupos en la eficacia de asociación objeto lugar en la memoria intencional, en cuanto a descendientes y no descendientes, demostrando una mayor proporción de participantes eficientes en la memoria intencional de asociación objeto lugar en los participantes no descendientes (40 %) que en los descendientes (29.1%) (tabla VIII).

Tabla VIII.

Memoria Intencional Asociación objeto lugar

	Descendientes	No descendientes	Total	*p*
Deficiente (0-4 objetos)	23	11	34	
	67.6%	32.4%	100.0 %	0.013*
Eficiente (5-8 objetos)	32	44	76	
	29.1%	40.0%	69.1%	
Total	55	55	110	

Nota: F: frecuencia, %: porcentaje, *p: <0.05* chi cuadrada.

CONCLSUIÓN: El grupo descendiente de pacientes con EA se presentó con una capacidad de memoria deficiente en la memoria incidental visuoespacial que fue evidente principalmente en una capacidad reducida de establecer asociaciones objeto lugar. Esta deficiencia también se presentó en las asociaciones intencionales, así como una capacidad reducida para mejorar luego del esfuerzo intencional de aprender

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

1. Matziorinis AM, Koelsch S. The promise of music therapy for Alzheimer's disease: A review. Ann N Y Acad Sci. 2022 Oct;1516(1):11-17. doi: 10.1111/nyas.14864. Epub 2022 Jul 18. PMID: 35851957; PMCID: PMC9796133.
2. Kontaxopoulou D, Beratis IN, Fragkiadaki S, Pavlou D, Andronas N, Yannis G, et al. Exploring the Profile of Incidental Memory in Patients with Amnestic Mild Cognitive Impairment and Mild Alzheimer's Disease. J Alzheimers Dis.2018;65(2):617-627. Disponible en: doi: 10.3233/JAD-180328. PMID: 30056423.
3. Talboom JS, Håberg A, De Both MD, Naymik MA, Schrauwen I, Lewis CR, et al. Family history of Alzheimer's disease alters cognition and is modified by medical and genetic factors. Elife. 2019 Jun 18;8:e46179. doi: 10.7554/eLife.46179. PMID: 31210642; PMCID: PMC6615857.
4. Deng F, Dounavi M-E, Ritchie K, Muniz-Terrera G, Malhotra P, Ritchie CW, et al. Disrupted role of the connectivity between the locus coeruleus and the hippocampus in cognition of healthy, middle-aged individuals at risk of dementia: the PREVENT- Dementia study [Internet]. bioRxiv. 2022 [citado el 10 de agosto de 2023]. p. 2022.09.02.22279541. Disponible en: https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2022.09.02.22279541v1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624101

REPERCUSIONES DE LA CONTRIBUCIÓN CROMODIPOLAR EN EL PROCESO gg -> tt

Javier Montaño Domínguez[1], Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta[2], Victor Manuel Torres Dominguez[3]

1Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; j.montano.d@hotmail.com,

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; iguazu.ramirez@umich.mx,

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.manuel.torres@umich.com

Palabras Clave: Modelo Estándar, Fuerza fuerte, Momentos cromodipolares

RESUMEN. Se presentan los avances del estudio del impacto de las interacciones cromodipolares del quark top, obtenidas vía fluctuación cuántica, en procesos hadrónicos a nivel de árbol de manera efectiva. Nos enfocamos en el momento cromodipolar magnético (MCDM) t, el cual es conocido teóricamente en el Modelo Estándar (ME) a partir de sus dos fuentes, la interacción cromodipolar abeliana gtt¯ y la no abeliana ggtt¯.

INTRODUCCIÓN. Se considera calcular el impacto del cromodipolo magnético del quark top, obtenido en el contexto del ME, surgido de las interacciones de tres y cuatro cuerpos, gtt¯ y ggtt¯, respectivamente, en procesos conocidos tales como abeliana gg→tt¯, qq→tt¯, etc. En el régimen de altas energías será factible notar desviaciones de las secciones eficaces debidas a la presencia de la interacción cromodipolar porque es una cantidad grande.

ANTECEDENTES. Desde la perspectiva experimental, CMS Collaboration reportó para el quark top MCDM Expt=-0.024-0.009+0.013stat-0.011+0.016(sys) (Sirunyan et al., 2020) mediante colisiones pp¯ a una energía de centro de masa de 13 TeV con una luminocidad integrada se 35.9 fb-1 .
Teóricamente, el operador efectivo de dimensión cinco que caracteriza a q y al momento dipolar cromoeléctrico (MDCE) dq establece que ambas cantidades son proporcionales tanto a los vértices gqq de 3 cuerpos como a los de 4 cuerpos ggqq (Haberl et al., 1996). Éstos resultados del MCDM, t, han sido estudiados a partir de del vertice de tres cuerpos gtt a nivel de un lazo (Choudhury & Lahiri, 2015).

OBJETIVO. Verificar el impacto del momento cromodipolar magnético en proceso gg→tt¯, esto es, se espera comprobar que la señal de la sección eficaz del proceso de gg→tt¯ muestra alteraciones al añadir los términos de la teoría que comprenden a los momentos cromodipolares. En el presente estudio se diferencia entre el MCDM que fue reportado por CSM Collaboration y el MCDM obtenido mediante corrección radiativa a un lazo.

MATERIALES Y MÉTODOS. El operador efectivo de cinco dimensiones que caracteriza la fluctuación cuántica que induce los momentos dipolares cromoelectromagnéticos (MDCEM) (Haberl et al., 1996) tiene la forma
Leff =-12qAμvq+idq5qBGμvaTABa,

donde
Gμva= ga- ga-gsfabcgbgc
es el tensor de esfuerzo del gluón, el MCDM, q, presenta conservación CP y el MDCE, dq, que presenta violación CP, μv12[,], qA y qB son los campos espinores con A y B los índices de color de los quarks, ga es el campo gluón con a=1,. ..,8, TABa son los generadores de color y fabc son las constantes de estructura del grupo SU3C; gs=√4πs es la constante de acoplamiento de grupo de cromodinámica cuántica, con la constante de acoplamiento fuerte smZ2=0.01179 (Workman et al., 2022) obtenida en el dominio espacialoide a la escala de masa del bosón de norma mZ para la física de altas energías. A partir del Lagrangiano, las reglas de Feynman de las interacciones cromodipolares, los vértices de 3 cuerpos gq q̄ y el vértice de 4 cuerpos ggq q̄, son

3B=TABaμv qq +idq5,
4Bμv=igsfabcTABcμvq+idq5.

RESULTADOS. Como parte de la exploración de éste proceso, se tiene el siguiente conjunto de graficas con las que se ilustra la influencia de la contribución cromodipolar magnética en gg→tt.

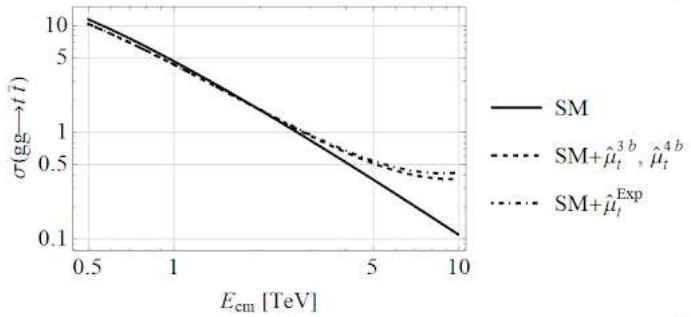


Figura 1. *Secciones eficaces del proceso gg → t t̄*

En la Fig. 1 se presentan las gráficas de las secciones eficaces para el ME (línea continua), es decir, sin tomar en cuenta la contribución del MCDM; la sección eficaz en la que se considera el MCDM y se contemplan la diferencia entre la contribución de tres y cuatro cuerpos (línea discontinua); y la sección eficaz en que se incluye el MCDM reportado por CMS Collaboration (línea discontinua con puntos).

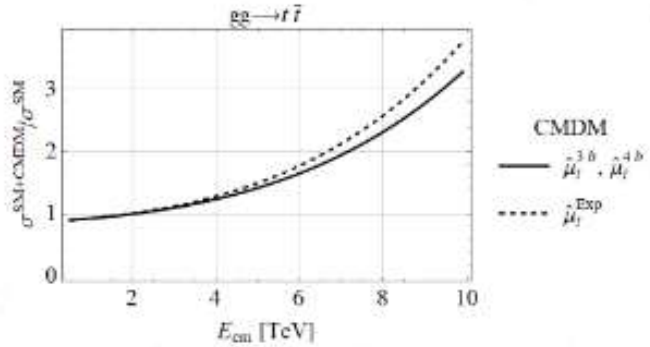


Figura 2. *Razón de las secciones eficaces con contribución cromomagnética y la sección eficaz del ME.*

Con el fin de visualizar la relación entre las cross section con contribución cromodipolar y la sección eficaz del ME, se presenta en la Fig. 2 la gráfica de la razón de las sección eficaz con

contribución cromomagnética y la sección eficaz del ME; considerando el cromodipolo magnético para tres y cuatro cuerpos (línea continua), así como el cromodipolo magnético experimental (línea discontinua) en el proceso gg→tt.

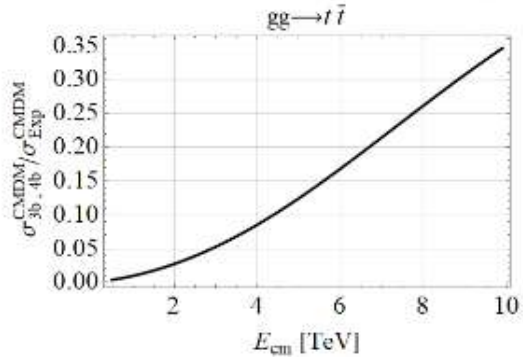


Figura 3 *Razón de la contribución de la parte cromodipolar a las secciones eficaces.*

En la Fig. 3 se presenta la razón de la contribución de la parte cromodipolar a las secciones eficaces, considerando el cromodipolo magnético para tres y cuatro cuerpos y el cromodipolo magnético reportado por los experimentales.

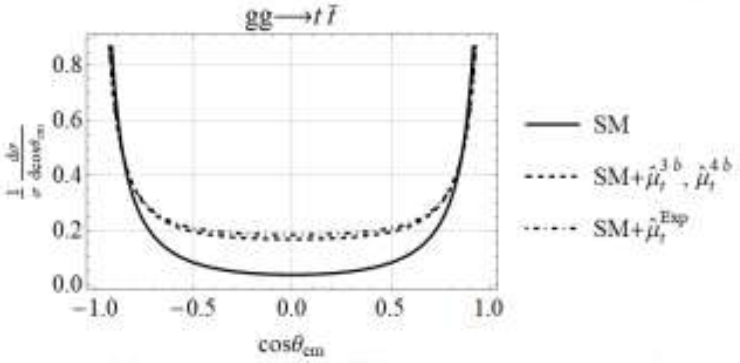


Figura 4 *Distribución angular de gg → tt̄ a ECM = 4 GeV.*

Una parte interés para la comunidad de la física de altas energías es la exploración de la dependencia angular de las secciones eficaces, la cual muestra la vinculación de la sección eficaz al cambio del ángulo de medición del detector. En la Fig. 4 se muestra la distribución angular de la cross section del ME (línea continua); la sección eficaz en la que se valora la contribución de tres y cuatro cuerpos (línea discontinua); y la cross section en que se presenta la contribución del MCDM experimental (línea discontinua con puntos).

CONCLUSIONES. Se ha estudiado el impacto del momento cromodipolar magnético en el decaimiento gg→tt̄ mediante la inclusión de un lagrangiano efectivo en el que se presentan las interacciones de tres, gtt, y cuatro, ggtt, cuerpos. Para poder ponderar el impacto de la contribución cromodipolar se realizó el análisis de las secciones eficaces en un intervalo que comprende de 0 TeV a 10 TeV en la energía de centro de masa del proceso antes mencionado. En ésta exploración, (véase Fig. 1) se aprecia que el MCDM genera una desviación en la señal en casi toda la gráfica, mostrando una interferencia constructiva a partir de alrededor de 2 TeV. Respecto a la exploración de la razón de las secciones eficaces en que se considera el MCDM

respecto a la cross section del ME (véase la Fig 2) se denota la interferencia constrictiva de la contribución cromodipolar, dada la naturaleza creciente de ambas curvas, tanto para los valores teóricos en la interacción de tres y cuatro cuerpos, como para el experimental; mostrando ésta una señal más intensa que aquella. Con el fin de analizar el impacto de la parte puramente cromodipolar de los procesos se presentó la Fig. 3, en ésta se puede notar que, al no considerar al ME, es el MCDM para tres y cuatro cuerpos la que aporta más información a la señal que la debida al valor experimental. Como última parte del presente análisis se empleó la gráfica de la distribución angular a 4Tev (véase la Fig. 4), en ella se puede notar que la dependencia angular de las secciones ficases se ve ligeramente atenuada debido al efecto del MCDM. Con la información anterior se puede concluir que el impacto manado de considerar los momentos cromodipolares es importante ya que presentan una desviación considerable de la sección eficaz, lo cual es de interés para la comunidad de física de altas energías, motivo por el cual se insta a mantener los esfuerzos en el estudio de los momentos cromodipolares.

REFERENCIAS.

1. DomínguezSirunyan, A. M., Tumasyan, A., Adam, W., Ambrogi, F., Bergauer, T., Dragicevic, M., Erö, J., Del Valle, A. E., Flechl, M., Frühwirth, R., Jeitler, M., Krammer, N., Krätschmer, I., Liko, D., Madlener, T., Mikulec, I., Rad, N., Schieck, J., Schöfbeck, R., . . . Trembath-Reichert, S. (2020). Measurement of the top quark forward-backward production asymmetry and the anomalous chromoelectric and chromomagnetic moments in pp collisions at $\sqrt{s}$ = 13 TeV. Journal Of High Energy Physics, 2020(6). https://doi.org/10.1007/jhep06(2020)146.
2. Haberl, P., Nachtmann, O., & Wilch, A. (1996). Top-quark production in hadron-hadron collisions and anomalous top-quark–gluon couplings. Physical Review. D. Particles, Fields, Gravitation, And Cosmology/Physical Review. D. Particles And Fields, 53(9), 4875-4885. https://doi.org/10.1103/physrevd.53.4875.
3. Choudhury, I. D., & Lahiri, A. (2015). Anomalous chromomagnetic moment of quarks. Modern Physics Letters A, 30(23), 1550113. https://doi.org/10.1142/s0217732315501138.
4. Workman, R. L., Burkert, V. D., Crede, V., Klempt, E., Thoma, U., Tiator, L., Agashe, K., Aielli, G., Allanach, B. C., Amsler, C., Antonelli, M., Aschenauer, E. C., Asner, D. M., Baer, H., Banerjee, S., Barnett, R. M., Baudis, L., Bauer, C. W., Beatty, J. J., . . . Zyla, P. A. (2022). Review of Particle Physics. Progress Of Theoretical And Experimental Physics, 2022(8). https://doi.org/10.1093/ptep/ptac097.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624102

MOMENTOS DIPOLARES DEL LEPTÓN TAU INDUCIDOS POR BOSONES Z' EN FUTUROS COLISIONADORES

Francisco Santoyo Valdez[1], Fernando Ramírez Zavaleta[1], Isidro Aranda Sánchez[1], Alejandro Gutiérrez Rodríguez[2]

[1]Facultad de Ciencias Físico Matemáticas "Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
francisco.santoyo@umich.mx, jarandas@umich.mx, iguazu.ramirez@umich.mx
[2]Facultad de Física, Universidad Autónoma de Zacatecas, alexgu@fisica.uaz.edu.mx

Palabras Clave: Dipolo, tau, magnético, eléctrico

RESUMEN. Reconsideramos el problema de la búsqueda de momentos eléctrico y anómalo magnético del leptón tau en el esquema de modelos extendidos. Estimamos límites en la predicción para los momentos dipolares eléctrico y anómalo magnético del leptón tau mediado por un nuevo bosón de norma neutro Z' dentro del contexto de Corrientes Neutras con Cambio de Sabor (FCNC's) en el contexto de futuros colisionadores como el Colisionador Internacional Lineal (ILC) y el Colisionador Lineal Compacto (CLIC) con energías en el centro de masa hasta los 100 TeV y luminosidades de L=1000-10000 fb-1.

INTRODUCCIÓN. El estudio de la física del leptón tau desde un punto de vista teórico, fenomenológico y experimental ha sido un tema de interés en los últimos años. En particular, las propiedades electromagnéticas del tau son un tema muy activo, ya que se cree que está fuertemente relacionado con la física más allá del Modelo Estándar (EM) [1-7]. En el lado experimental, las colaboraciones ATLAS y CMS en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC) del CERN contemplan en su programa de física el estudio del tau [8-11]. Recientemente, las colaboraciones ATLAS y CMS observaron la producción de pares de leptones tau y establecieron límites en el momento magnético anómalo del tau. Específicamente, la Colaboración ATLAS informa la primera observación de producción de pares de leptones tau en colisiones de plomo-plomo ultraperiféricas con una significancia superior a 5 sigma. El número observado de eventos es compatible con el esperado por la predicción del EM. Los eventos se utilizan para establecer límites en el momento magnético anómalo del leptón tau. Motivados por estos recientes estudios experimentales sobre el momento magnético del leptón tau, llevamos a cabo un estudio sobre el Momento Magnético Anómalo (AMM) y el Momento Dipolar Eléctrico (EDM) del tau, en el contexto de varias extensiones del EM, donde el ingrediente principal de nuevos acoplamientos es el propuesto bosón Z'. Para nuestro análisis fenomenológico nos enfocamos en el CLIC, que es un futuro colisionador de leptones y los futuros colisionadores de leptones. Debido a la naturaleza de las partículas colisionantes, los colisionadores de leptones son generalmente útiles para examinar los procesos. Debido a que las partículas elementales están completamente definidas a nivel fundamental, las colisiones en el colisionador de leptones son limpias sin ninguna actividad hadrónica, y las mediciones se realizan con mayor precisión. Los colisionadores de hadrones tienen mayores energías de colisión que los colisionadores de leptones. Sin embargo, las altas energías de colisión son cruciales para investigar las nuevas partículas y sus interacciones. Por otro lado, cada colisión en un colisionador de hadrones compone varios fondos para el análisis de física, creando una gran cantidad de procesos elementales. Por lo tanto, no es fácil analizar y

realizar mediciones precisas en colisionadores de hadrones. El potencial de descubrimiento del LHC sería complementado por el CLIC.

ANTECEDENTES. Antes de adentrarnos en las propiedades dipolares del leptón tau y de analizar en detalle el proceso en cuestión, es necesario comenzar explicando los elementos fundamentales a los cuales este pertenece, así como el modelo que lo rige, que es el ME. Este modelo describe las interacciones fundamentales entre las partículas subatómicas y ha sido exitoso en predecir y explicar una amplia variedad de fenómenos subatómicos observados experimentalmente. El ME ofrece una descripción precisa de las partículas fundamentales. Algunas de estas partículas son consideradas como los componentes más elementales de la materia. La precisión del ME ha sido ampliamente medida en diferentes trabajos colaborativos, siendo esta teoría la encargada de describir los bloques que forman la materia y los encargados de las interacciones entre ellos. Dentro del marco del modelo, a los elementos que lo componen se les conoce como partículas elementales. Se distinguen dos categorías: los fermiones, considerados los bloques fundamentales de la materia, y los bosones, que actúan como portadores de las fuerzas que existen en la naturaleza. Los datos experimentales que nos sirven de referencia fueron obtenidos por colaboraciones experimentales como ATLAS y CMS. A continuación, se presenta una tabla en donde se muestran los resultados obtenidos.

Colaboración	Mejores límites experimentales	C.L.
ATLAS	-0.057 < a< 0.024	95%
CMS	(-8.8 < a < 5.6) x 10-2	95%
DELPHI	-0.052 < a < 0.013	95%
Colaboración	Mejores límites experimentales	C.L.
BELLE	-2.2 < Re(d(10-17ecm)) < 4.5	95%
DELPHI	-2.2 < Re(d(10-16ecm)) < 0.45	95%

Tabla 1. *Los resultados experimentales para el dipolo eléctrico y la anomalía magnética del leptón tau [8-11].*

MATERIALES Y MÉTODOS. Para entender la complicada dinámica de ciertos procesos de colisión de partículas, es esencial un marco teórico sólido. Uno de los métodos poderosos utilizados en la física de partículas de alta energía es el modelo de resonancia de Breit-Wigner. Este enfoque sirve como una herramienta valiosa para comprender y cuantificar los comportamientos de estados resonantes formados durante eventos de colisión. La resonancia de Breit-Wigner, un concepto fundamental en la física de partículas, desempeña un papel crucial en la comprensión y descripción de ciertos procesos que involucran interacciones de partículas. En el contexto de experimentos de alta energía, como las colisiones, la producción de pares de partícula-antipartícula junto con la emisión de un fotón puede ocurrir a través de varios mecanismos. El modelo de resonancia de Breit-Wigner es particularmente importante para caracterizar el comportamiento de estados resonantes, como partículas intermedias, que se forman durante estos procesos de colisión. Este modelo incorpora la dependencia de la energía de la sección eficaz, proporcionando información sobre la probabilidad de observar estados intermedios específicos en función de su energía. Recurrimos a la sección eficaz resonante de Breit-Wigner, que en nuestro caso es

$$\sigma(\ell^+\ell^- \to Z' \to \tau^+\tau^-\gamma) = \frac{12\pi m_{Z'}^2}{s}\frac{\Gamma(Z' \to \ell^+\ell^-)\Gamma(Z' \to \tau^+\tau^-\gamma)}{(s-m_{Z'}^2)^2 + m_{Z'}^2\Gamma_{Z'}^2}$$

Para realizar el cálculo anterior utilizamos los siguientes diagramas de Feynman (Fig. 1) que nos orientan al momento de construir las amplitudes de cada uno de los procesos.

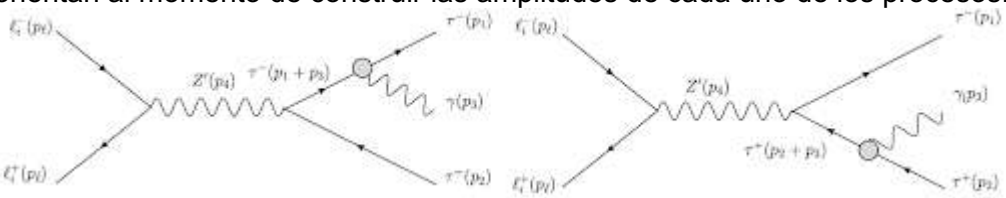


Figura 1 *Diagramas de Feynman para el proceso de dispersión.*

Comenzamos el proceso de decaimiento a dos cuerpos que describe el proceso de transición del bosón Z' a un electrón y un positrón. La anchura de decaimiento para este proceso es:

$$\Gamma = \frac{1}{48\pi m_{Z'}}\left[(|\Omega_{L\ell\bar{\ell}}|^2 + |\Omega_{R\ell\bar{\ell}}|^2)\left(2 - \frac{m_\ell^4 + m_{\bar{\ell}}^4 - 2m_\ell^2 m_{\bar{\ell}}^2}{m_{Z'}^4} - \frac{m_\ell^2 + m_{\bar{\ell}}^2}{m_{Z'}^2}\right) + \frac{6m_\ell m_{\bar{\ell}}}{m_{Z'}^2}(\Omega_{L\ell\bar{\ell}}\Omega^*_{R\ell\bar{\ell}} + \Omega^*_{L\ell\bar{\ell}}\Omega_{R\ell\bar{\ell}})\right]\sqrt{(m_{Z'}^2 - (m_\ell^2 + m_{\bar{\ell}}^2))^2 - 4m_\ell^2 m_{\bar{\ell}}^2}$$

Luego procedemos a calcular el proceso a tres cuerpos en el que se da la transición de un bosón Z' a un leptón tau, un anti-tau y un fotón. Los diagramas para este proceso son

RESULTADOS. Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes figuras

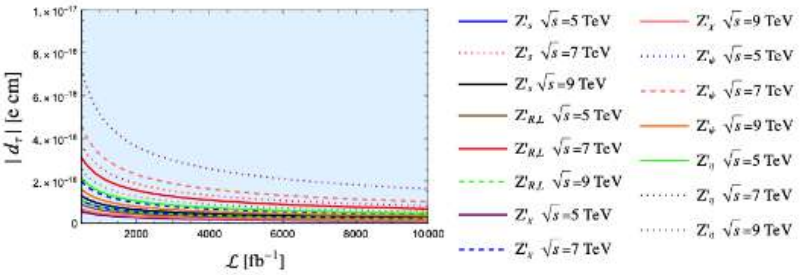


Figura 2 *Relación del dipolo eléctrico del tau para los diferentes modelos del bosón.*

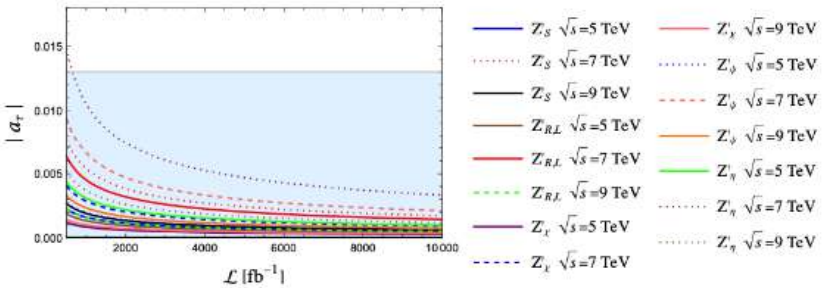


Figura 3 *Relación del dipolo anómalo magnético del tau para los diferentes modelos del bosón Z' a diferentes centros de masa.*

CONCLUSIONES. Los mejores límites encontrados para los dipolos magnético y eléctrico a altas energías y luminosidades correspondientes se encuentran a órdenes de O(10-3) y O(10-17)(ecm) respectivamente. Se propuso un escenario experimental en el marco del Colisionador Lineal Internacional (ILC) y del Colisionador Lineal Compacto (CLIC).

REFERENCIAS.

1. E. O. Iltan, Eur. Phys. J. C44, 411 (2005).
2. B. Dutta, R. N. Mohapatra, Phys. Rev. D68, 113008 (2003).
3. E. Iltan, Phys. Rev. D64, 013013 (2001).
4. E. Iltan, JHEP 065}, 0305 (2003).
5. E. Iltan, JHEP 0404, 018 (2004).
6. The ATLAS Collaboration, arXiv:2204.13478 [hep-ex].
7. The CMS Collaboration, CMS PAS HIN-21-009.
8. The CMS Collaboration, arXiv:2206.05192 [nucl-ex].
9. The CMS Collaboration, arXiv:2205.05312v2 [hep-ex].

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624107

EL ESTUDIO DEL HIGGS PESADO A UN FOTON Y BOSÓN Z EN EL CONTEXTO DEL BESTEST LITTLE HIGGS

David Espinosa Gómez[1], Eligio Cruz Albaro[2], Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta[1], Eduardo Salvador Tututi Hernández[1]
[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; david.espinosa@umich.mx
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas

Palabras Clave: Bosón, sección eficaz, Higgs

RESUMEN. En la actualidad, las búsquedas experimentales sobre la producción de nuevas resonancias que decaen a un par de partículas del Modelo Estándar (ME) son una de las investigaciones destacados en el Gran Colisionador de Hadrones. Tanto colaboraciones ATLAS como CMS presentaron las primeras pruebas experimentales sobre el decaimiento del bosón de Higgs del ME ($h0$) a un fotón (γ) y un bosón Z, por lo que este proceso es importante en estudiarla en el contexto de modelos extendidos, ya que abre nuevas oportunidades para explorar el efecto de nueva física. De este modo, estamos interesados en estudiar el bosón Higgs pesado denotado como $H0$ predicho por el modelo Bestest Little Higgs (BLH). Esta nueva partícula surge a la escala de teraelectronvoltios (TeV), por lo que podría generar escenarios de estudio de fenómenos novedosos en la física de partículas elementales. El modelo BLH está cimentado por dos modelos sigma no lineales independientes. Esto es, la simetría global $SO(6)A \times SOB$ se rompe al grupo diagonal $SO(6)V$ a través de la escala de energía f, mientras que la simetría global $SU(2)C \times SU(2)D$ es rota al subgrupo diagonal $SU(2)$ a la escala F. Las escalas de energía f y F adquieren valores del orden de unidades de TeV, y estas representan las escalas de la nueva física del modelo BLH. De acuerdo con la información expuesta anteriormente, proponemos estudiar el decaimiento $H0 \rightarrow \gamma Z$, donde este proceso se induce a nivel de un lazo y recibe contribuciones virtuales del quark top del ME, fermiones pesados del BLH y bosones cargados. Finalmente, analizamos la sección eficaz de producción de $H0 \rightarrow \gamma Z$ como función de la masa del bosón de Higgs pesado, obteniendo una estimación del orden de 10−2 femtobar para f = 2 TeV.

INTRODUCCIÓN. El modelo BLH está basada en dos modelos sigma no lineales independientes, cuyo valor de expectación del vacío (vev) del campo Σ, $\langle\Sigma\rangle$ = 16, rompe la primera simetría global $SO(6)A \times SO(6)B$ al grupo diagonal $SO(6)V$ a la escala de energía f~1 TeV [1,2,3,4,5], y un campo Δ con su vev $\langle\Delta\rangle$ = 16, rompe la segunda simetría global $SU(2)C \times SU(2)D$ al subgrupo diagonal $SU(2)$ a la escala F~3 TeV [1,2,3,4]. Después del rompimiento de la simetría surgen 15 pseudobosones de Nambu-Goldstone que están parametrizados como dos tripletes reales (ϕa y ηa, a = 1,2,3), dos vectores de Higgs $h1$ y $h2$ de $SO(4)$ y un singlete real σ. La incorporación de los campos al campo Σ se estructura de la siguiente manera:

$$\Sigma = e^{\frac{i\Pi}{f}} e^{\frac{2i\Pi_h}{f}} e^{\frac{i\Pi}{f}} \qquad (1)$$

siendo Π y Πh matrices complejas y antisimétricas dados en [1]. Los modos de Nambu Goldstone del campo Δ están parametrizados como:

$$\Delta = F\, e^{2i\,\Pi_d/F}, \qquad \Pi_d = \chi_\alpha \frac{\tau^\alpha}{2}, \tag{2}$$

donde $\chi\alpha$ representa a los pseudo bosones y $\tau\alpha$ las matrices de Pauli generadores del grupo SU(2) [1]. Es importante mencionar que existen ciertos parámetros fundamentales del modelo BLH, los cuales son $m1$, $m2$, $B\mu$ y $\lambda 0$ [5]; estos parámetros pueden ser reemplazados por otro conjunto de variables que son bastante accesibles fenomenológicamente, los cuales son

$$\lambda_0 = \frac{m_{h0}^2}{v^2}\left(\frac{m_{h0}^2 - m_{A0}^2}{m_{h0}^2 - m_{A0}^2 \sin^2 2\beta}\right), \tag{3}$$

$$B_\mu = \frac{1}{2}(m_{A0}^2 + \lambda_0 v^2)\sin 2\beta, \tag{4}$$

$$\tan\alpha = \frac{B_\mu \cot 2\beta + \sqrt{\left(\frac{B_\mu}{\sin 2\beta}\right)^2 - 2\lambda_0 B_\mu v^2 \sin 2\beta + (\lambda_0 v^2 \sin 2\beta)^2}}{B_\mu - \lambda_0 v^2 \sin 2\beta}, \tag{5}$$

$$m_{H^\pm}^2 = m_{A0}^2 = m_1 + m_2\,, \tag{6}$$

$$m_{H_0}^2 = \frac{B_\mu}{\sin 2\beta} + \sqrt{\left(\frac{B_\mu}{\sin 2\beta}\right)^2 - 2\lambda_0 B_\mu v^2 \sin 2\beta + (\lambda_0 v^2 \sin 2\beta)^2}. \tag{7}$$

Esta última ecuación nos proporciona la masa del bosón de Higgs $H0$, y está en términos del ángulo β que adquiere valores en el intervalo siguiente [1, 5],

$$1 < \tan\beta < \sqrt{\frac{2 + 2\sqrt{\left(1 - \frac{m_{h0}^2}{m_{A0}^2}\right)\left(1 - \frac{m_{h0}^2}{4\pi v^2}\right)}}{\frac{m_{h0}^2}{m_{A0}^2}\left(1 + \frac{m_{A0}^2 - m_{h0}^2}{4\pi v^2}\right)} - 1}\,. \tag{8}$$

Nótese que el modelo BLH se caracteriza por tener un espacio de parámetros relativamente grande, y una fenomenología muy amplia. En esta teoría se generan nuevos quarks pesados, tales como, T, $T5$, $T6$ y $T2/3$, todas de carga 2/3 y son conocidos como los compañeros del quark top. Otros quarks que también surgen son el compañero
del quark bottom (B) de carga −1/3, y un quark exótico $T5/3$ de carga 5/3. En el sector escalar se generan cinco estados físicos de Higgs: tres campos neutros ($h0$, $H0$, $A0$) y dos campos cargados ($H\mp$). El $h0$ representa el bosón de Higgs del ME, $H0$ es el nuevo bosón de Higgs pesado, y $A0$

es una partícula pseudo escalar pesada. En el sector de norma surgen bosones neutros y cargados (γ, Z, $W\pm$) y nuevos bosones de norma como Z' y
$W'\pm$.
En el lado experimental, las colaboraciones ATLAS y CMS realizan de forma independiente búsquedas de $h0 \rightarrow Z\gamma$. Estas colaboraciones, recientemente han reportado el resultado experimental de la primera evidencia en la naturaleza de la desintegración del bosón de Higgs $h0$ a un bosón Z y a un fotón [6], por consiguiente, este proceso es relevante y novedoso en el área de la física de partículas elementales. Motivado por esto, en este trabajo analizamos el decaimiento de $H0 \rightarrow \gamma Z$, el cual se induce a nivel de un lazo a través de las contribuciones virtuales del quark top y bosones cargados del ME, así como fermiones pesados y bosones pesados que surgen en el marco del modelo BLH. Cabe mencionar que nuestro objetivo principal es el estudio de la sección eficaz de producción $H0 \rightarrow \gamma Z$.

MATERIALES Y MÉTODOS. En la Fig. 1, se muestran los diagramas de Feynman que contribuyen al decaimiento del bosón de Higgs pesado a un fotón y bosón Z del ME, cuyas reglas de Feynman asociados a los vértices se proporcionan en las referencias [1-4]. En este proceso circulan un quark top del ME y los quarks pesados T, $T5$, $T6$, $T2/3$ predichos por BLH. Asimismo, circulan bosones de norma, tales como W y W'. Hemos utilizado el método de Passarino-Veltman para obtener la amplitud de transición del proceso mencionado con la ayuda de FeynCalc [7]. Por lo tanto, encontramos la amplitud como

$$M(H_0 \rightarrow \gamma Z) = -(A_f^{\gamma Z} + A_W^{\gamma Z} + A_{W'}^{\gamma Z})(k_1.k_2\, g^{\mu\nu} - k_1^{\nu}k_2^{\mu})\varepsilon_{\mu}^{*a}(k_1)\varepsilon_{\nu}^{*b}(k_2), \qquad (9)$$

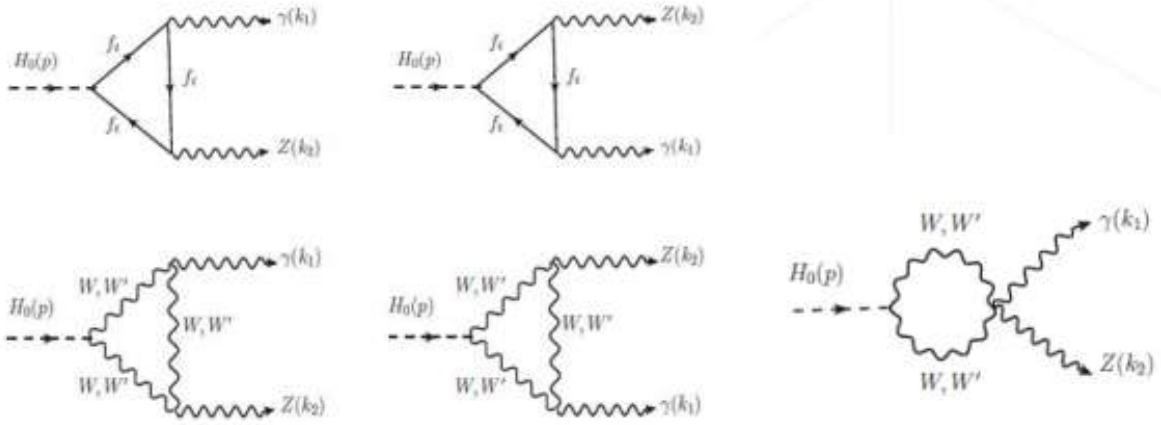


Figura 1 *Diagramas de Feynman que contribuyen al decaimiento $H0 \rightarrow \gamma Z$ donde fi = t, T, T_5, T_6, $T^{2/3}$.*

$$A_f^Z = \frac{N_c}{2\pi^2(m_{H_0}^2 - m_Z^2)^2} \sum_{f=t,T,T_5,T_6,T^{2/3}} m_f Q_f \Big[g_{H_0 ff} g_{Aff} g_{Zff} \Big((m_{H_0}^2 - m_Z^2)(m_Z^2 + 4m_f^2 - m_{H_0}^2) \times C_0(m_{H_0}^2, 0, 0, m_f^2, m_f^2, m_f^2) + 2 \Big) - 2m_Z^2 \Big(B_0(m_Z^2, m_f^2, m_f^2) - B_0(m_{H_0}^2, m_f^2, m_f^2) \Big) \Big], \quad (10)$$

$$A_W^{\gamma Z} = \frac{g_{H_0 WW} g_{WWA} g_{WWZ}}{16\pi^2 t_W^4 (1-t_Z^2) m_{H_0}^2} \Big[\Big(12t_W^4 - 2t_W^2(t_Z^2 - 1) - t_Z^2 \Big) \times \Big(t_Z^2 (B_0(m_{H_0}^2, m_W^2, m_W^2) - B_0(m_Z^2, m_W^2, m_W^2) - 1) + 1 \Big) - 2t_W^2(t_Z^2 - 1) \Big(12t_W^4 + 6t_W^2(t_Z^2 - 1) - t_Z^2(2t_Z^2 - 1) \Big) \times m_{H_0}^2 C_0(m_{H_0}^2, m_Z^2, 0, m_W^2, m_W^2, m_W^2) \Big], \quad (11)$$

$$A_{W'}^{\gamma Z} = \frac{g_{H_0 W'W'} g_{W'W'A} g_{W'W'Z}}{16\pi^2 t_{W'}^4 (1-t_Z^2) m_{H_0}^2} \Big[\Big(12t_{W'}^4 - 2t_{W'}^2(t_Z^2 - 1) - t_Z^2 \Big) \times \Big(t_Z^2 (B_0(m_{H_0}^2, m_{W'}^2, m_{W'}^2) - B_0(m_Z^2, m_{W'}^2, m_{W'}^2) - 1) + 1 \Big) - 2t_{W'}^2(t_Z^2 - 1) \Big(12t_{W'}^4 + 6t_{W'}^2(t_Z^2 - 1) - t_Z^2(2t_Z^2 - 1) \Big) \times m_{H_0}^2 C_0(m_{H_0}^2, m_Z^2, 0, m_{W'}^2, m_{W'}^2, m_{W'}^2) \Big], \quad (12)$$

donde $tW = mW\ mH0$, $tZ = mZ\ mH0$ y $tW' = mW'\ mH0$. Se observa que la amplitud encontrada es libre de divergencias ultravioletas y su estructura de Lorentz correspondiente satisface la invariancia de norma. Los parámetros $gH0ff$ y $gAff$, $gH0WW$, $gWWA$, $gWWZ$, $gH0W'W'$, $gW'W'A$, $gW'W'Z$,, representan las constantes de acoplamiento de los vértices de interacción involucrados en los diagramas de Feynman de la Fig. 1 [1,4].

RESULTADOS. Partiendo de la ecuación (9) y de la definición de la anchura parcial de decaimiento [8], podemos encontrar la fracción de decaimiento de la siguiente forma:

$$\mathrm{Br}(H_0 \to \gamma Z) = \frac{1}{32\pi\, m_{H_0}^3} \left| A_f^{\gamma Z} + A_W^{\gamma Z} + A_{W'}^{\gamma Z} \right|^2 \frac{\left(m_{H_0}^2 - m_Z^2\right)^3}{\Gamma_{H_0}}, \quad (13)$$

donde $\Gamma H0$ denota la anchura total de decaimiento del bosón de Higgs $H0$, el cual se calculó considerando los siguientes modos de decaimiento del Higgs $H0$: $\bar{t}t$, WW, ZZ, $h0h0$, WWZ, WWh, ZZh, $\gamma\gamma$, γZ, gg.

$$\sigma(gg \to H_0 \to \gamma Z) = \frac{\pi}{8\pi} \frac{Br(H_0 \to gg) Br(H_0 \to \gamma Z)}{m_{H_0}^2}, \quad (14)$$

donde Br($H0 \to gg$) se ha calculado en la referencia [9]. Para nuestro propósito de este presente trabajo, hemos considerado los siguientes valores numéricos para los acoplamientos de Yukawa involucrados en nuestro estudio [2,3,4]: y2 > y3, y1 = 0.61, y2 = 0.84, y3 = 0.35. En la Fig. 2, podemos observar el comportamiento de $\sigma(gg \to H0 \to \gamma Z)$ como función de masa del Higgs pesado que es predicho por BLH. Este proceso es dependiente de los parámetros f y F, por lo que se analiza en dos escenarios: el primero cuando f = 1 TeV y F = 4 TeV, el segundo para f = 2 TeV y F = 4 TeV. De este modo, hemos encontrado que para el primer caso toma valores de

10−2 fb hasta 10−3 fb en el intervalo de masa estudiada. Mientras que el segundo caso, se aprecia que es del orden de 10−2 fb en el intervalo 1 TeV ≤ $mH0$ ≤ 3 TeV. En ambos casos, la sección eficaz es decreciente conforme $mH0$ adquiere valores cada vez más grandes. Finalmente, hemos encontrado una contribución dominante para el decaimiento a nivel de un lazo para $H0 \rightarrow \gamma Z$, siendo el segundo escenario.

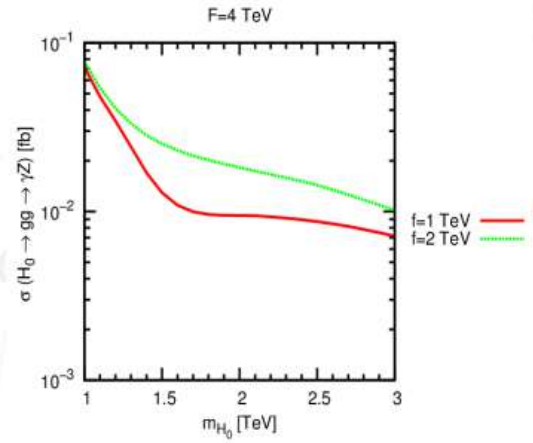


Figura 2 *La sección eficaz para el proceso H0 → γZ como función de la masa del bosón de Higgs pesado.*

CONCLUSIONES. En este trabajo se ha estudiado el decaimiento de una partícula escalar masiva denotado como $H0$ en el contexto del modelo BLH. Se obtuvo la sección eficaz de producción de $H0 \rightarrow \gamma Z$ como función de la masa del bosón de Higgs pesado. De acuerdo con las estimaciones numéricas, hemos encontrado la contribución dominante, el cual es para el escenario f = 2 TeV y F = 4 TeV. La sección eficaz estimada es del orden de 10−2 fb en todo el intervalo de $mH0$. El estudio del decaimiento de la partícula $H0$ es interesante, dado que este es una partícula escalar nueva predicha por el BLH, por tanto, estudiar sus interacciones con partículas de ME, podría ser un camino para para comprender los efectos de nueva física.

REFERENCIAS.

1. M. Schmaltz, D. Stolarski, J. Thaler, JHEP 1009, 018 (2010).
2. P. Kalyniak, T. Martin and K. Moats, Phys. Rev. D91, 013010 (2015).
3. E. Cruz-Albaro, A. Gutiérrez-Rodríguez, Eur. Phys. J. Plus 137, 1295 (2022).
4. E. Cruz-Albaro, A. Gutiérrez-Rodríguez, J.I. Aranda, F. Ramírez-Zavaleta, Eur. Phys.
5. J. C 82, 1095 (2022).
6. E. Cruz-Albaro, A. Gutiérrez-Rodríguez, M. A. Hernández-Ruíz, T. Cisneros-Pérez,
7. Eur. Phys. J. Plus, 138_506 (2023).
8. P. Kalyniak, T. Martin, K. Moats, Phys. Rev. D91, 013010 (2015).
9. The ATLAS and CMS Collaborations, CERN-EP-2023-114. arXiv:2309.03501.
10. R. Mertig, M. Bohm and A. Denner, Phys. Commun. 64, 345 (1991).
11. R. L. Workman et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Phys. 2022, 083C01 (2022)
12. and 2023 update.
13. E. Cruz-Albaro, A. Gutiérrez-Rodríguez, D. Espinosa-Gómez, T. Cisneros-Pérez, and
14. F. Ramírez-Zavaleta, Phys. Rev. D110, 015013 (2024).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624108

AISLAMIENTO DEL ALIODORIN DEL DURAMEN DE CORDIA ELAEAGNOIDES A. DC. Y SU ACTIVIDAD INHIBITORIA SOBRE *TRAMETES VERSICOLOR*

Fredy Geovannini Morales Palacios[1], Pedro Navarro Santos[1], José Guadalupe Rutiaga Quiñones[1], Pablo López Albarrán[1], Tomas Alejandro Fregoso Aguilar[1], Rafael Herrera Bucio[1]

1Instituto de Investigación Químico Biológicas, UMSNH. Correo: fgmp08@hotmail.com

Palabras Clave: Docking, productos naturales, antifúngico

RESUMEN. Los árboles de Cordia elaeagnoides son una especie endémica de México, conocidos comúnmente como Cueramo o bocote, usado por los artesanos de Michoacán para artesanía, mueblería y ebanistería debido a que presenta un color y veteado muy atractivo, aunado a ser una madera dura y pesada lo cual le confiere una alta durabilidad natural, además, su duramen se ha clasificado de durable a moderadamente durable. Por lo que en este trabajo se realizaron extracciones mediante el quipo soxhelt con harina del duramen de este árbol con el disolvente de polaridad media THF y posteriormente el extracto se sometió a purificación en columna cromatográfica, de lo cual, se logró aislar un compuesto el cual fue identificado y caracterizado mediante RMN de H1 y C13 como 8-(2,5-Dihidroxifenil)-2,6-dimetilocta-2,6-dienal o Aliodorin, por otra parte, este compuesto presento actividad inhibitoria del 100% sobre el hongo Trametes versicolor a una concentración de 0.125 mg/mL mediante el empleo del método en agar de difusión en pozos. El hongo Tramates versicolor, es uno de los principales degradadores de la madera, razón por lo que las normas americanas ASTM lo recomienda para estos ensayos de durabilidad.

INTRODUCCIÓN. Los árboles de *Cordia elaeagnoides* DC. son una especie endémica de México de gran importancia ecológica y económica, ya que su madera es de las más duras y pesadas del género y presenta un color y veteado muy atractivo, por loque es muy usado por los artesanos de Michoacán1, mueblería fina, ebanistería, artículos artesanales variados torneados y tallados. Además, se ha clasificado de durable a moderadamente durable por Lomelí (1991)2 quien determinó la durabilidad natural al ataque de los hongos xilófagos Lentinus lepideus Fr. y Aetiporus sulphureus. Y se ha clasificado el duramen como resistente a moderadamente resistente a los hongos de pudrición (Clases 2 y 3 según ASTM D 2017-71)3. En el presente trabajo se realizaron pruebas de inhibición sobre el hongo Tramates versicolor, el cual es uno de los principales degradadores de la madera, razón por lo que las normas americanas3 lo recomienda para estos ensayos de durabilidad, del cual se obtuvo una inhibición del 100% con el extracto de THF, por lo que se llevó a purificación en columna cromatográfica de la cual se obtuvo un compuesto de buena pureza, el cual mostro actividad inhibitoria del hongo antes mencionado, con lo anterior se realizó un análisis mediante RMN del compuesto obtenido el cual se caracterizó e identificó como Aliodorin (8-(2,5-Dihidroxifenil)-2,6-dimetilocta-2,6-dienal).

ANTECEDENTES. La durabilidad, como resistencia al deterioro biológico, está asociada principalmente a la presencia de extractivos tóxicos depositados en la madera durante el proceso de duraminización, estos metabolitos tóxicos se acumulan hasta alcanzar niveles letales lo cual determina la muerte celular y la formación del duramen, esto es por lo que se atribuye a que el duramen es el que le confiere principalmente a la madera su durabilidad natural. Sin embargo, se considera a la albura siempre más susceptible a modificaciones por agentes xilófagos. Esta vulnerabilidad se debe a la presencia de hidratos de carbono (almidón, azúcar), que constituyen sustancias nutritivas susceptibles de favorecer el desarrollo de los insectos y hongos lignolíticos. Por el contrario, el duramen, que no contiene estas sustancias de reserva, es siempre más resistente frente a agresiones biológicas[4]. Además, Kollman (1959) sostienen que el duramen se protege de hongos e insectos lignícolas mediante obstrucción mecánica de los vasos, taponamiento de las punteaduras e impregnación de las paredes celulares, con metabolitos que la hacen resistentes a los ataques de organismos xilófagos. Además, se depositan en las células del duramen sustancias polifenólicas, básicamente derivados del ácido shiquímico, cinámico y cafeico, cuyas combinaciones con compuestos orgánicos determinan una gran variedad de preservadores de la madera, capaces de ejercer efectos tóxicos y/o repelentes contra organismos lignícolas.

La durabilidad natural de la madera es entendida como la resistencia que presentan algunas especies contra el deterioro ambiental que se puede manifestar como pudrición[5].

Los hongos de pudrición, generan una degradación más importante ya que alteran la pared celular de la madera. Por lo tanto, es frecuentemente que la durabilidad de las maderas es asociada con la resistencia a la degradación fúngica, debido a que los hongos xilófagos son los organismos más importantes y potentes de pudrición de la madera, ya que tienen la capacidad de degradar por procesos biológicos-enzimáticos algunos de los componentes principales de la madera. Como es el caso del hongo de pudrición blanca *Trametes versicolor* el cual puede degradar y metabolizar la lignina y los carbohidratos de la madera[6,7]. Este es un hongo de pudrición blanca, el cual desarrolla cuerpos fructíferos o setas (basidiomas) con sombrero de 3 a 6 cm, delgados de borde ondulado, carece de pie, crecen de forma imbricada (sobre puestos unos con otros). La cara superior es aterciopelada, satinada y presenta anillos concéntricos de varios colores que van del pardo al blanco y del marrón al ocre, a veces con iridiscencias dependiendo del grado de humedad presente en el ambiente[8].

OBJETIVO. Realizar extracciones mediante Soxhlet con el disolvente THF, para obtener los extractos crudos a partir de la harina del duramen de la madera de *Cordia elaeagnoides*

Realizar purificaciones en columnas cromatográficas del extracto de THF con la finalidad de obtener el compuesto aliodorin

Analizar y elucidar mediante RMN el aislamiento y puificacion del compuesto aliodorin

Realizar pruebas de inhibición sobre el hongo Trametes versicolor mediante el método de difusión en placa

MATERIALES Y MÉTODOS. La madera de *Cordia elaeagnoides* fue identificada por el laboratorio de Anatomía de la Madera perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. De la muestra de cada madera se tomó solamente el duramen, el cual fue reducido de tamaño con formón y martillo en forma de astillas, para poder llevar a un molino (marca Micron k-20 con capacidad de 20 Kg/h) y obtener harina de duramen, la cual se dejó expuesta al aire libre para la perdida humedad. Posteriormente la harina fue sometida a extracciones en un equipo Soxhlet por 4 horas con el disolvente tetrahidrofurano (THF).

Para las cromatografías en columna, se utilizó como fase estacionaria gel de sílice malla 70-230 Mesh ASTM (Whatman) y como fase móvil proporciones de mezclas de disolventes hexano-AcOEt. Los espectros de resonancia magnética nuclear de ^{1}H (RMN-^{1}H) así como los espectros de ^{13}C (RMN-^{13}C) fueron obtenidos en el Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, en un espectrómetro Varian Mercuri plus a 400 MHz y un espectrómetro Varian Mercuri plus a 200 MHz. Las pruebas de inhibición se realizaron mediante el método de difusión en placa por pozos, utilizando como medio de cultivo agar papa-dextrosa, el cual se sometió a esterilización en autoclave, al término de este proceso se incorporaron las diferentes concentraciones del aliodorin 0.03, 0.06, 0.075, 0.1, and 0.125 mg/mL y luego se inoculo con el micelio del hongo, continuando con la incubación por 7 días a 28 ±2˚C. De igual manera se preparó un control el cual consistió en el agar sin tratamiento. Posteriormente transcurrido el tiempo de incubación, se determinó el porcentaje de inhibición que presentaron los extractos con la siguiente formula (Rutiaga, 2001)[9].

$$\%\ \text{de inhibición} = \frac{\textit{Crecimiento control} - \textit{Crecimiento tratamiento}}{\textit{Crecimiento control}} \times 100$$

RESULTADOS. El extracto de THF de C. elaeagnoides presento una consistencia de miel de color negro. Se prosiguió a someter a purificación en una columna cromatográfica de 1 g, utilizando gel de sílice como fase estacionaria y una fase móvil constituida por mezclas de hexano:EtOAc en polaridad ascendente, empleando 150 mL por mezcla de solventes. En fracciones con proporciones de hexano:EtOAc que van desde 9:1 hasta 7:3, se observó un compuesto mayoritario mediante cromatografía en capa fina (TLC), obtenido mediante aislamiento utilizando una polaridad de hexano:EtOAc 9:1, que fue sometido a caracterización mediante espectroscopia de RMN-H^{1} y C^{13}, obteniéndose los siguientes resultados (**Fig. 1, 2**): ^{1}H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ 1.74 (s, 3H, H-10´), 1.75 (s, 3H, H-9´), 2.26 (t, J = 7.2 Hz, 2H, H-4´), 2.51 (q, J = 7.3 Hz, 2H, H-5´), 3.30 (d, J = 7.2 Hz, 2H, H-1´), 4.87 (s, 1H, OH), 5.14 (s, 1H, OH), 5.32 (tq, J = 8.5, 1.2 Hz, 1H, H-2´), 6.49 (tq, J = 7.3, 1.3 Hz, 1H, H-6´), 6.54 (d, J = 3.0, Hz, 1H, H-6), 6.57 (dd, J = 8.4, 3.0 Hz, 1H, H-4), 6.65 (d, J = 8.4 Hz, 1H, H-3), 9.36 (s, 1H, H-8´). ^{13}C NMR (101 MHz, $CDCl_3$) δ 9.28 (C-10´), 15.98 (C-9´), 27.09 (C-5´), 28.95 (C-1´), 37.91 (C-4´), 113.72 (C-6), 116.22 (C-3), 116.35 (C-4), 123.10 (C-2´), 128.05 (C-3´), 135.82 (C-1), 139.58 (C-7´), 147.56 (C-5), 149.47 (C-2), 154.70 (C-6´), 196.09 (C-8´), Rf: 0.22 (Hex: EtcOAc, 8:2). Los datos obtenidos de ^{13}C NMR se analizaron y compararon con los datos reportados obtenidos de *Cordia polycephala*[10], que correspondían a 8-(2,5-Dihidroxifenil)-2,6-dimetilocta-2,6-dienal o aliodorina.

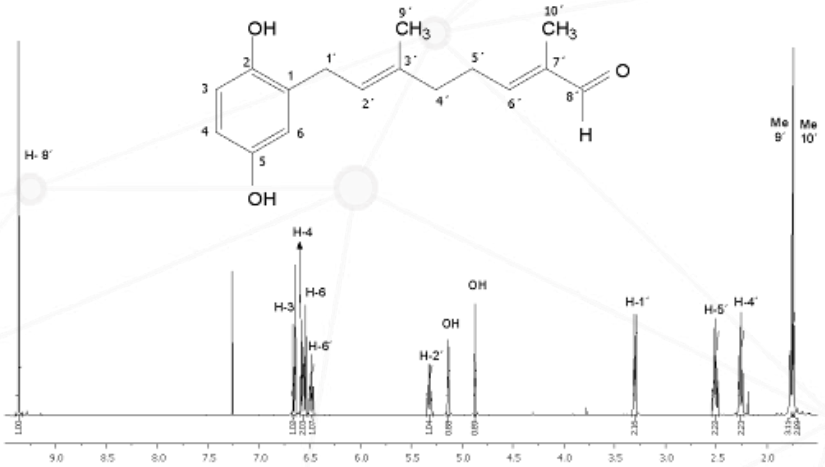


Figura 1 *Espectro de RMN de ^{1}H de aliodorin*

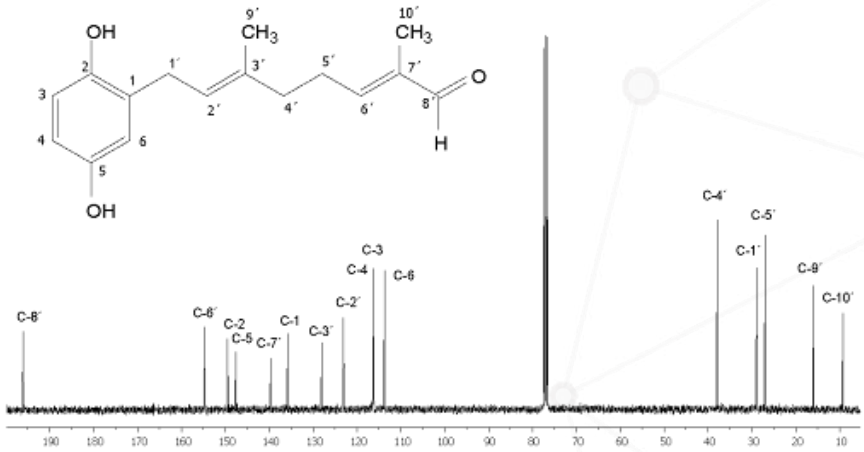


Figura 2 *Espectro de RMN de ^{13}C de aliodorin*

Con la identificación del compuesto aliodorin, se prosiguió a realizar las pruebas de inhibición sobre *T. versicolor*, donde se demostró la inhibición de un 100% a la concentración de 0.125 mg/mL (**Fig. 3**). Sin embargo, las demás concentraciones sirvieron para realizar una gráfica con la cual se determinó la concentración letal media (LC50) siendo de 0.079 mg/mL. Realizando un comparativo con el compuesto benomilo (antifúngico comercial) el cual requiere 1 mg/mL para inhibir el 100% del hongo, podemos conocer que el compuesto aliodorin resulto altamente efectivo como antifúngico (**Fig. 4**).



Figura 3 *Actividad inhibitoria de la aliodorina sobre T. versicolor a una concentración de 0,25 (A), 0,125 (B), 0,0625 (C), 0,0312 (D), 0,0156 (E) mg/mL y control de metanol (F) utilizando el método de ensayo de difusión en pocillos de agar.*

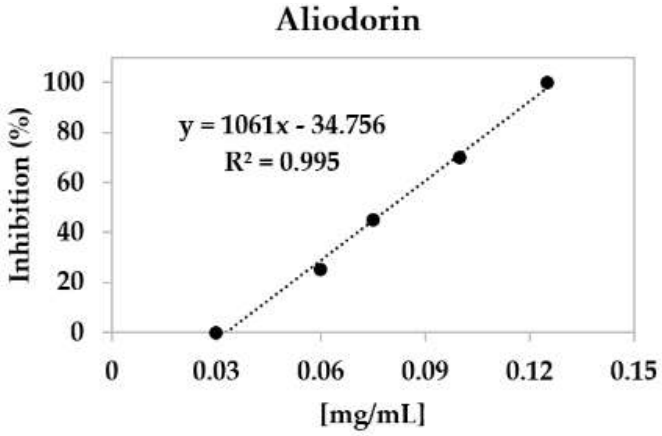


Figura 4 *Curva de concentración de aliodorin para el cálculo de CL50 y CL100 del porcentaje de inhibición.*

CONCLUSIONES. En conclusión, la aliodorina exhibe actividad inhibidora contra el hongo de la podredumbre blanca, lo que arroja luz sobre su posible papel en la mejora de la durabilidad natural del duramen de C. elaeagnoides. Con los resultados obtenidos en este estudio, creemos que se puede continuar con la investigación y el desarrollo de formulaciones conservantes y/o antifúngicas basadas en productos naturales.

REFERENCIAS.

1. Pennington, T.D.; Sarukhán, J. (2005). Árboles Tropicales de México: Manual para la Identificación de las Principales Especies; UNAM Publishing: Mexico City, Mexico, ISBN 9789703216437
2. Lomelí Ramírez. M.G. (1991). Determinación de la durabilidad natural de las maderas de árboles tropicales (Hura polyandra Baill.; Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. y Cordia elaeagnoides D.C.) al ataque de los hongos xilófagos Lentinus lepideus Fr. y Laetiporus sulphureus (Bull.: Fr.) Murr. Tesis de Licenciatura en Biología. Centro universitario de ciencias exactas e ingenierías CUCEI. Universidad de Guadalajara. Departamento de Madera, Celulosa y Papel. Guadalajara, México. Pp. 62.
3. Anual Book of Estándar, ASTM (1994). Designation D: 2017-81. Estándar method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods.
4. Zabel R. A. and Morrell J. J. (1992). Wood microbiology. Decay and its prevention. Academics Press Inc., pp. 476.
5. Balaban M., Atik C., Uçar G. (2003). Fungal growth inhibition by wood extracts from Juniperus foetidissima and J. oxycedrus. Holz als Roh und Werks-toff. Vol. 61 (3), pp. 231-232.
6. Liese, W. (1970). Ultrastructural Aspects of Woody Tissue Disintegration. Annu. Rev. Phytopathol. Vol. 8, 231–258.
7. Dávila G., Vázquez-Duhalt R. (2006). Enzimas ligninolíticas fúngicas para fines ambientales, Mensaje bioquímico, Vol. 30.
8. Menéndez Valderrey J. (2006). Trametes versicolor (L.). Pill Asturnatura.com
9. Rutiaga Q., Windeisen E. and Schumacher P. (1995). Antifungal activity of heartwood extracts Dalbergia granadillo and Enterolobium cyclocarpum. Holz als Roh-und Werkstoff. Vol. 53(5), pp. 308-309.
10. Manners G. D. (1983). The hydroquinone terpenoids of Cordia elaeagnoides. J. Chem. Soc. Perkin Trans. Vol. I, pp. 39-43.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 6. Ciencias Exactas **ID: CC0624109**

PRESENCIA DEL 3-O-RAMNÓSIDO DE MIRICETINA EN HOJAS DE *CAESALPINIA PULCHERRIMA*

Joselyn G. Hernández-Moreno[1] , Irving R. Vázquez-Cacho[2] , Armando Talavera-Alemán[3], Gabriela Rodríguez-García[4] , Mario A. Gómez-Hurtado[5] , Yliana López[6] , Rosa E. del Río[7]

1 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; 1900127a@umich.mx
[2] Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; 1419177g@umich.mx
[3] Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; armando.talavera@umich.mx
[4] Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; gabriela.rodriguez@umich.mx
[5]Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; mario.gomez@umich.mx
[6]Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; yliana.lopez@umich.mx
[7]Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; norma.del.rio@umich.mx

Palabras Clave: *Caesalpinia pulcherrima*, flavonoides, fitoquímica.

RESUMEN. La especie vegetal *Caesalpinia pulcherrima* perteneciente a la familia Fabaceae, es una planta ornamental considerada fuente de compuestos biológicamente activos. De los estudios realizados a *C. pulcherrima* han surgido distintas investigaciones sobre las propiedades farmacológicas relevantes, un ejemplo de ellas fue el aislamiento de flavonoides que presentaron actividades farmacológicas como antibacterial, antifúngica, antiviral, anticancerosa y antiinflamatoria. Resultando atractivo continuar con la búsqueda de metabolitos de esta especie, se llevó a cabo el aislamiento de un flavonoide a partir del extracto metanólico de las hojas de *C. pulcherrima*. El análisis preliminar de RMN de ^{1}H del extracto mostró la presencia de un compuesto aromático funcionalizado con un glicósido el cual corresponde al 3-*O*-ramnósido de miricetina por comparación con los datos de García-Heredia,1996.

INTRODUCCIÓN. Desde la época prehistórica los compuestos naturales obtenidos de plantas han sido de suma trascendencia, cuyo fin era ser utilizados por la humanidad para realizar curaciones y pócimas (Marcano et al., 2002). Incluso en la actualidad, desde la perspectiva química han representado un punto de partida importante dado a la relevancia que presentan en la agricultura, medicina e industria (Ikan, 1991). Alrededor del 80% de la población mundial utiliza principalmente medicinas tradicionales para tratar enfermedades. Newman y Cragg realizaron una revisión del uso de plantas empleadas con algún uso terapéutico. (Newman y Cragg, 2020). La mayoría de los estudios sobre plantas se centran en especies herbáceas, mientras que el porcentaje de investigaciones sobre especies arbóreas es bajo. Dentro de estas especies arbóreas está el género *Caesalpinia*, nombrado por Charles Plumier en honor al botánico francés Andrea Caesalpini, autor de "*Le Plantis*" y otras obras de botánica (López-González, 2006). *Caesalpinia pulcherrima,* cuyo nombre significa "*muy hermoso*" en latín, es una planta ornamental conocida por varios nombres comunes en diferentes regiones, como chacaloxóchitl, flor de jilote, cabello de ángel, y framboyán, San Agustín entre otros. Su origen y distribución abarcan los trópicos de América, África, Asia y algunas áreas mediterráneas. Es un arbusto que puede alcanzar de 2 a 4 metros de altura, con hojas compuestas y flores vistosas en colores que varían del amarillo al rojo. Los frutos son legumbres pequeñas con 5-8 semillas. Diversos compuestos aislados del género *Caesalpinia*, como flavonoides, diterpenos y esteroides, han mostrado una amplia gama de actividades biológicas, incluyendo propiedades antiulcerosas, antidiabéticas,

antiinflamatorias, antirreumáticas, antimicrobianas e incluso anticancerígenas. Este estudio se centra en una reinvestigación química de las hojas de *Caesalpinia pulcherrima.*

ANTESCEDENTES. El género *Caesalpinia* ha sido objeto de diversas investigaciones, por ejemplo: De *Caesalpinia sappan* comúnmente usada para el tratamiento de enfermedades como trastornos de hígado, fiebre y úlceras bucofaríngeas. De sus semillas se aislaron un nuevo cassano llamado Fangininoxi A (**1**) y otro conocido como Fanginina A (**2**) (Fig. 1).

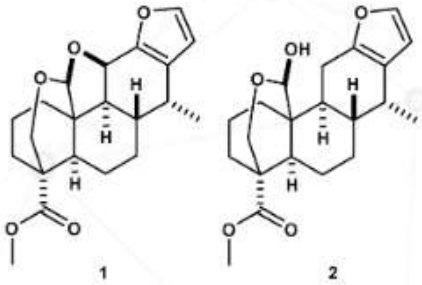


Figura 1 *Cassanos 1 y 2 aislados de C. sappan.*

De los estudios realizados a *Caesalpinia pulcherrima* han surgido distintas investigaciones sobre las propiedades farmacológicas como gastoprotector contra Helicobacter pylori (Thombre et al., 2016), inhibidor de las enzimas aldosa reductasa, antioxidante, antidiabética, antiinflamatoria, antimicrobiana y antifúngica. Los extractos metanólicos de tres tipos de flores de *C. pulcherrima* (naranja rosa y amarillo) fueron probados como antioxidantes en un modelo in vitro de rebanadas de hígado de cabra para simular un modelo in vivo. Los tres tipos de flores mejoraron significativamente el estado antioxidante (Yamuna & Padma., 2013). De la flor de *C. pulcherrima* mediante cromatografía de gases identificaron 19 componentes de aceites esenciales, exclusivamente monoterpenoides. Los compuestos que presentaron mayor rendimiento fueron α-felandreno 36.5%, p-cimeno 15.3%, γ-terpineno 7.9%, óxido cis-linalool 8.5%, óxido trans-linalool 7.9% (Ogunbinu et al., 2010). De las partes aéreas de C. pulcherrima, maceradas con cloroformo-metanol (1:1), aislaron los homoisoflavonoides 3 y 4, los cuales presentaron mayor inhibición frente a Bacillus subtilis, B. sphaericus, S. aureus, Klebsiella aerogenes y Chromobacterium violaceum (Fig. 2) (Das et al., 2009).

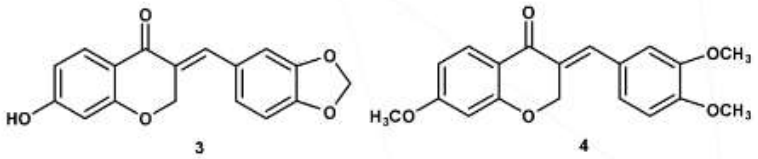


Figura 2 *Estructura de homoisoflavonoides 3 y 4 aislados de C. pulcherrima.*

Resultando atractivo continuar con la búsqueda de metabolitos de esta especie, el presente trabajo aborda el aislamiento de un flavonoide a partir del extracto metanólico de las hojas de *C. pulcherrima*.

OBJETIVO. E Realizar un estudio químico del extracto metanólico de las hojas de *C. pulcherrima*. Aislar e identificar los metabolitos secundarios presentes en el extracto metanólico y el extracto metanólico acetilado. Caracterizar por métodos químicos y espectroscópicos los componentes aislados.

MATERIALES Y MÉTODOS. La colecta de la especie de *C. pulcherrima* se realizó en el rancho El Bonete, municipio de La Huacana en el Estado de Michoacán, separando las hojas y dejándose secar a la sombra. Posteriormente se maceraron 305 g de hojas con 2.7 L de metanol durante tres días por dos ocasiones a temperatura ambiente. La maceración fue filtrada y concentrada en rotavapor a presión reducida y evaporada a sequedad. Después se filtró y se concentró, al extracto se le realizó extracción liquido-liquido con *n*-butanol. Para obtener el compuesto puro, dado a su naturaleza, se procedió a realizar una acetilación a un gramo del extracto metanólico total disuelto en 2 mL de piridina, 2 mL de anhídrido acético y se dejó reaccionar por 24 h a temperatura ambiente obteniéndose un sólido verde oscuro el cual fue sometido a purificación en cromatografía en columna de 2 cm de diámetro, se utilizaron 14 cm de gel de sílice como fase estacionaria y mezclas de hexanos-acetato de etilo en polaridad ascendente como fase móvil.

RESULTADOS. El análisis preliminar de RMN de ^{1}H del extracto (Fig. 3) mostró señales de hidrógenos aromáticos entre 8.0 y 6.3 ppm, así como señales en la región de los hidrógenos base de heteroátomos de 5.3 a 3.3 ppm aproximadamente, la que indicó que el derivado aromático se encuentra funcionalizado con un glicósido. Este patrón de señales, al ser comparado con una muestra aislada de *Bursera sarukhanii*, mostró que podría tratarse de 3-*O*-ramnósido de miricetina (5) (García-Heredia, 1996). Sin embargo, debido a la naturaleza polar del compuesto no pudo ser purificado, por lo que se decidió llevar a cabo una reacción de acetilación lo que condujo al derivado peracetilado 6 caracterizado por comparación con los datos reportados por Hernández et al., 2002.

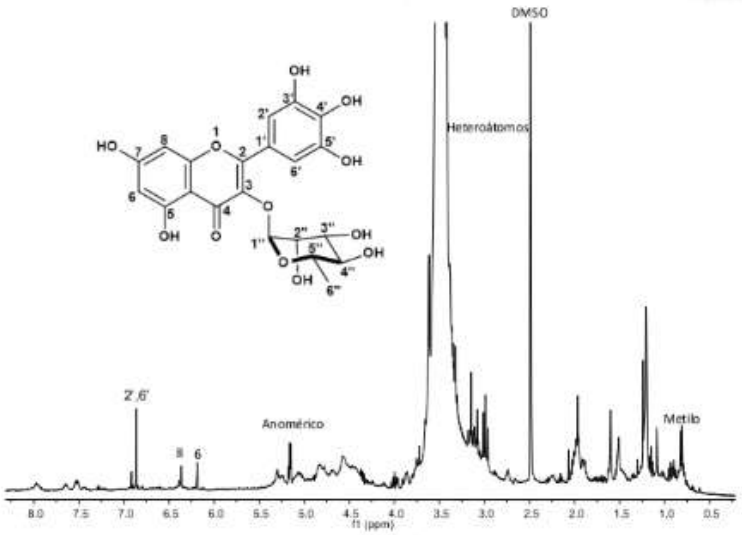


Figura 3 *Espectro de RMN de ^{1}H a 400 MHz del extracto metanólico de las hojas de C. pulcherrima*

Su espectro de RMN de ^{1}H (Fig. 4) mostró 7.69 ppm una señal simple que integró para los dos protones H-6' y H-2'. En 7.30 ppm una señal doble con un J = 2.2 Hz asignada al H-8 y en 6.84 ppm una doble con J = 2.2 Hz asignada al H-6, protones que confirmaron la presencia de un esqueleto flavonoide. Así mismo, se observaron un grupo de señales en la región de los heteroátomos de 5.75 a 2.50 ppm se observaron las señales del anillo de ramnosa, como se pude observar en la figura 4, mientras que el metilo de la ramnosa se observó en 0.92 ppm como una señal doble con J=6.2 Hz. Entre 1.98-2.43 ppm se observaron 7 señales correspondientes a los 8 metilos de los acetatos. Dichos datos confirman la presencia del peracetato del 3-*O*-ramnósido de miricetina (6), por comparación con lo reportado por Hernández *et al.*, 2002.

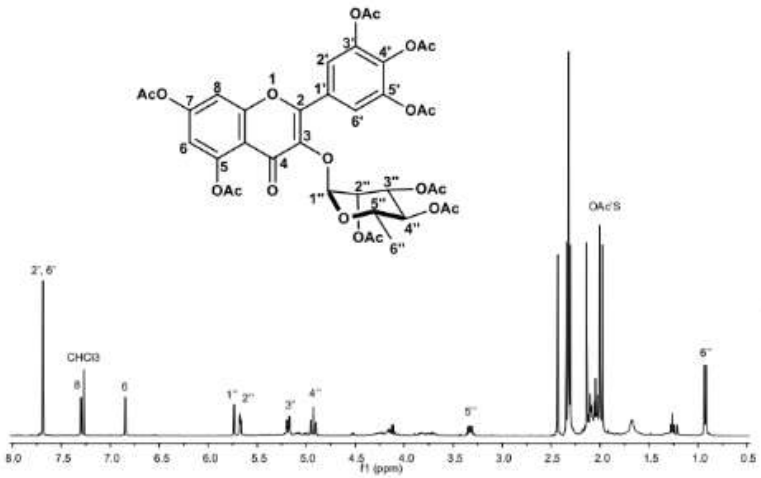


Figura 4 *Espectro de RMN de 1H a 400 MHz del peracetato 3-O-ramnósido de miricetina (6).*

CONCLUSIONES. De la fracción butanólica obtenida por bipartición se identificó el 3-*O*-ramnósido de miricetina (5), el cual no pudo ser obtenido como compuesto puro. De la acetilación del extracto metanólico se logró aislar el derivado peracetilado 3-*O*-ramnósido de miricetrina (6).

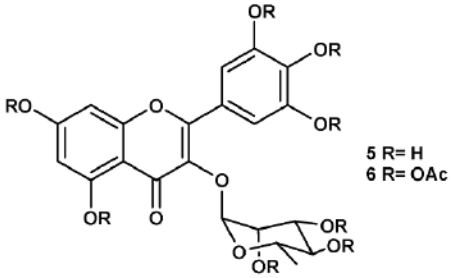


Figura 5 *Estructura química del 3-O-ramnósido de miricetina (5) y el peracetato de 3-O-ramnósido de miricetina (6)*

REFERENCIAS.

1. Das B., Thirupathi P., Ravikanth B., Kumar R. A., Sarma A. L. S., Basha S. J. Isolation, Synthesis, and Bioactivity of Homoisoflavonoids from Caesalpinia pulcherrima. Chemical and Pharmceutical Buletin. 2009, 57, 1139-1141.
2. García-Heredia L. Glicósidos flavonoides de hojas de cuatro especies del género Bursera. Tesis presentada en la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH. 1996.
3. Hernández J. D., García L., Hernández A., Álvarez R., Román L.U. Glicósidos de luteolina y miricetrina de Burseaceae. Revista de la Sociedad Química de México. 2002, 295-300.
4. Ikan R. Natural Products: A Laboratory Guide. 2a Edit. Academic Press, Inc. 1991. California.
5. Marcano D., Hasegawa M. Fitoquímica Orgánica. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 2002. Caracas.
6. Newman D.J., Cragg G.M. Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. Journal of Natural Products. 2020,83(3),770-803.
7. López-González, G.A. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares tomo 1. Ediciones Mundi Prensa, 2006, Madrid.
8. Ogunbinu A. O., Okeniyi S., Flamini G., Cioni P.L., Ogunwande A. Monoterpenoid constituents of the volatile oil of Cynometra megalophylla Harms., Caesalpinia pulcherrima L. Swartz and Pachylobus edulis G. Don., growing in Nigeria. Journal of Essential Oil Research. 2010, 22, 536-539.
9. Thombre N. A., Guide P. S. Floating-bioadhesive gastroretentive Caesalpinia pulcherrima-based beads of amoxicillin trihydrate for Helicobacter pylori eradication. Drug Delivery. 2016, 23, 405-419.
10. Yamuna S. T., Padma P. R. Antioxidant potential of the flowers of Caesalpinia pulcherrima, Swartz in an in vitro system subjected to oxidative stress. Journal of Pharmacy Research. 2013, 7, 661-665.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624110

Momentos dipolares débiles del leptón tau inducido por la presencia de un bosón de norma Z'

Norma Tututi Guillén[1], Victor Manuel Torres Dominguez[2], Oscar Vázquez Hernández[3], Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta[4], Javier Montaño Domínguez[5], Eduardo Salvador Tututi Hernández[6]

[1] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; norma.tututi@umich.mx
[2] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.mauel.torres@umich.mx
[3] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; oscar.vazquez@umich.mx
[4] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; iguazu.ramirez@umich.mx
[5]Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; j.montano.d@hotmail.com
[6]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eduardo.tututi@umich.mx

Palabras Clave: Modelo Estándar, Partículas elementales, Momentos dipolares débiles, leptones, Breit-Wigner

RESUMEN. Se determinaron los momentos dipolares débiles del leptón tau inducidos por un bosón de norma Z' a través de una interacción caracterizada por un lagrangiano efectivo. Este estudio se efectuó mediante el análisis de la colisión de pares de muones a pares de tau y el bosón Z. Esta investigación se elaboró considerando diversos valores para la masa del Z' que van desde 1 a 10 TeVs, en donde se utilizaron energías alrededor de la resonancia en el esquema de Breit-Wigner. Encontramos valores del momento dipolar magnético débil del orden de 10^{-5}, mientras que, el momento dipolar eléctrico débil es del orden de 10^{-19}. Nuestros resultados son cuatro y cinco órdenes de magnitud superiores a los datos reportados en la literatura, respectivamente.

INTRODUCCIÓN. Desde la perspectiva experimental, ATLAS y CMS Collaboration en el Large Hadron Collider (LHC) contemplan el estudio detallado del leptón tau. Por otro lado, ATLAS y CMS Collaboration observaron la producción del par de, asentando una cota al momento magnético anómalo a. Motivo por el que se ve motivada esta investigación, en particular se busca estudiar los efectos que podría inducir la presencia de un bosón neutro de norma Z' sobre las propiedades electrodébiles del leptón .

ANTECEDENTES. La búsqueda de interacciones que involucran leptones con cambio de sabor es un tema de investigación de interés para la comunidad de física de altas energías, el cual tiene como objetivo encontrar nueva física que va más allá del Modelo Estándar. Hoy en día esto se puede explorar mediante el estudio fenomenológico. Ejemplo de esto, se han presentado en múltiples investigaciones como lo son Acciarri et al. (1998) y Montaño-Domínguez et al. (2022).

OBJETIVO. El objetivo principal del proyecto de investigación es encontrar los momentos dipolares débiles del tau inducido por un bosón de norma masivo, Z'. Estas propiedades se estudian a través de la colisión de pares de leptones a otro par de leptones y el bosón Z.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este proyecto de investigación está basado en el formalismo matemático de Feynman que se encuentra en el contexto de la Teoría Cuántica de Campos, el cual nos permite encontrar la probabilidad del proceso de interés y su sección eficaz con lo que se determinaron los momentos dipolares débiles del tau, inducidos por un Z'. Se trabajó en el esquema de la sección eficaz resonante de Breit-Wigner mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma\left(\bar{l}_i l_j \to Z' \to \bar{l}_n l_m Z\right) = \frac{12\pi m_{Z'}^2}{s} \frac{\Gamma(Z' \to l_i \bar{l}_j)\Gamma(Z' \to l_n \bar{l}_m Z)}{(s-m_{Z'}^2)^2 + m_{Z'}^2 \Gamma_{Z'}^2}$$

(1)

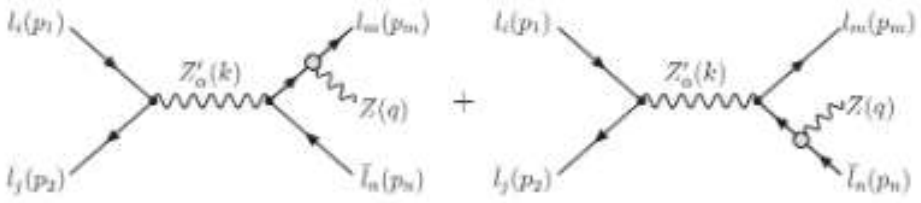


Figura 1 *Colisión de pares de leptones a pares de leptones con un bosón Z.*

Los acoplamientos entre los leptones cargados y el bosón Z´ están caracterizados por el lagrangiano efectivo:

$$L_{NC} = \sum_{i,j} \overline{f_i}\, \gamma^\alpha (\Omega_{Lfifj} P_L + \Omega_{Rfifj} P_R) f_j Z'^\alpha + h.c.$$

donde fi y fj representan a cualquier fermión, Z'^α es la nueva partícula masiva bosónica de norma y PL, R=12(1±5) son los proyectores quirales. De manera general, este lagrangiano permite la introducción de corrientes neutras con cambio de sabor leptónico, parametrizadas por los parámetros ΩLfifj y ΩRfifj. Sin embargo, en este trabajo se estudia el caso particular sin cambio de sabor.

Por otro lado, el vértice efectivo del momento dipolar débil para fermiones cargados es

$$\Gamma_\mu^{Zff} = \left(V_f^Z + A_f^Z \gamma^5\right)\gamma^\mu + \left(F_{Mf}^Z - iF_{Ef}^Z \gamma^5\right) i\sigma_{\mu\nu} q^\nu \qquad (3)$$

donde q=p-p' es el momento transferido del Z', μ=12[μ,] es la sigma de Dirac, mientras que FMfZ y FEfZ son los factores de forma magnético y eléctrico, respectivamente, los cuales están relacionados con los momentos débiles dipolares de los fermiones
dados por

$$a_f^w = -2m_f F_{Mf}^Z \text{ y } d_f^w = -eF_{Ef}^Z \qquad (4)$$

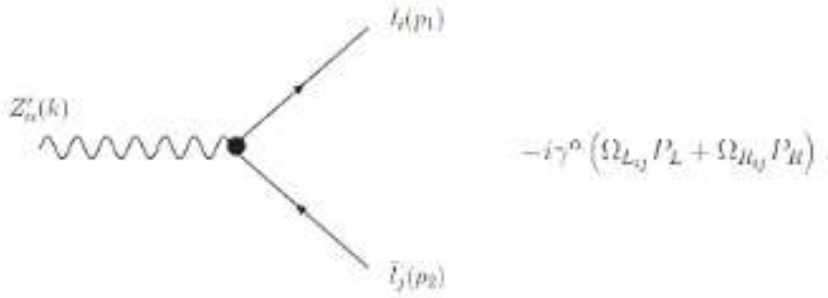


Figura 2 *Acoplamiento entre dos leptones cargados y el bosón Z´.*

Para estudiar el proceso de colisión, es necesario estudiar los decaimientos Z'→lilj y Z'→lnlmZ. A cada proceso mencionado se establece su amplitud invariante total, aplicando las reglas de Feynman correspondientes a cada uno de sus diagramas involucrados. Los cálculos respectivos se realizaron mediante la paquetería de *Mathematica, FeynCalc.* Por otro lado, para encontrar las anchuras de ambos procesos fue necesario cuadrar cada una de las amplitudes para posteriormente calcular las anchuras de decaimiento.

Decaimiento de dos cuerpos: Z'→lilj.
El decaimiento de un Z' a dos leptones con cambio de sabor se define como $Z'(k) \to l_i(p_1)l_j(p_2) = \bar{l}_i(p_1)l_j(p_2) + \bar{l}_j(p_1)l_i(p_2)$. Aplicando las reglas de Feynman correspondientes al diagrama de la Fig.2, tenemos que la amplitud tensorial de dicho proceso es

$$M^\alpha = \bar{u}(p_1)[-i\gamma^\alpha(\Omega_{Lij}P_L + \Omega_{Rij}P_R)]v(p_2) \qquad (5)$$

Donde u y v son los espinores de las partículas salientes, mientras que ΩLij y ΩRij son los acoplamientos de la interacción Zlilj. Si consideramos que la masa del bosón Z' es más grande que la masa de los leptones mi y mj, podemos aproximar la anchura del decaimiento como

$$\Gamma\left(Z' \to l_i l_j\right) = \frac{1}{16\pi m_{Z'}}\left(\Omega_{Lij}^{\ 2} + \Omega_{Rij}^{\ 2}\right). \qquad (6)$$

Decaimiento de tres cuerpos: Z'→lnlmZ.

En este apartado se calculó el decaimiento de la partícula Z' en dos leptones distintos y un bosón neutro Z. En general, podemos definir el proceso como $Z(k) \to l_n(p_n)l_b(p_m)Z(q) = Z(k) \to \bar{l}_n(p_n)l_m(p_m) + Z(k) \to \bar{l}_m(p_n)l_n(p_m)$.
En la Fig. 3 se muestran los diagramas que aportan a este proceso. Aplicando las reglas de Feynman a cada diagrama, tenemos que las amplitudes tensoriales se definen como

$$M^{\mu\alpha}{}_1 = \bar{u}(p_n)\left[\sigma_{\mu\nu}q^{\nu}\left(d_m + id_e\gamma^5\right)\right]\left[i\frac{(\gamma^{\mu}p_n^{\mu}+\gamma^{\mu}q^{\mu}+m_n)}{(p_n+q)^2+m_n^2}\right]\left[-i\gamma^{\alpha}(\Omega_{Lnm}P_L + \Omega_{Rnm}P_R)\right]v(p_m) \quad (7)$$

$$M^{\mu\alpha}{}_2 = \bar{u}(p_n)\left[-i\gamma^{\alpha}(\Omega_{Lnm}P_L + \Omega_{Rnm}P_R)\right]\left[i\frac{(-\gamma^{\mu}p_n^{\mu}-\gamma^{\mu}q^{\mu}+m_m)}{(p_m+q)^2+m_m^2}\right]\left[\sigma_{\mu\nu}q^{\nu}\left(d_m + id_e\gamma^5\right)\right]v(p_m) \quad (8)$$

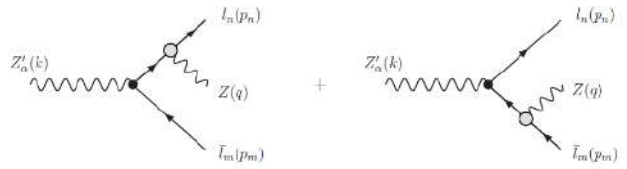


Figura 3 *Diagramas de Feynman para el decaimiento $Z'l_n l_m Z$.*

La anchura de decaimiento a tres cuerpos se obtiene mediante la integración del espacio fase. Este esquema puede ser consultado en Barger and Phillips (2018).

$$\sigma(l_i l_j \to Z' \to l_n l_m Z).$$

Sección eficaz

La relación entre la sección eficaz de este proceso y la luminosidad está dada por la siguiente expresión

$$\sigma = N L, \qquad (9)$$

donde N es el número de eventos y L la luminosidad. A la fecha, no existen valores valores experimentales del número de eventos N para este proceso, sin embargo, sí existen valores de N si consideramos a un fotón en el estado final en lugar del bosón Z, con esta información se puede extrapolar el número de eventos aproximados esperados mediante el cociente de las secciones eficaces y Z en el contexto del ME con la relación

$$N_Z = \frac{\sigma_Z}{\sigma_\gamma} N_\gamma, \qquad (10)$$

con N el número de eventos utilizado en Acciarri et al. (1998).

RESULTADOS. Utilizando las expresiones (1), (4), (6), (9) y (10), se determinaron los valores numéricos para la magnitud de los momentos dipolares débiles del leptón tau. Se consideraron valores para la masa del bosón Z' de 2, 3 y 4 TeV; por otro lado, debido al esquema Breit-Wigner, se tomaron valores para energías s en centro de masa de la colisión iguales al valor de la masa del bosón Z'. Finalmente, se examinaron valores de luminosidad desde 1000 a 10000 fb-1 a una estadística de 1, 2 y 3 . Los resultados se muestran en la Tabla 1.

$\mathcal{L} = 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000\ fb^{-1}$

C.L.	$\lvert d_\tau^w \rvert [e\,cm]$	$\lvert a_\tau^w \rvert$
	$\sqrt{s} = 2\,\text{TeV}$	
1σ	$[3.5189, 2.4883, 1.7595, 1.4366, 1.2441, 1.1128] \times 10^{-19}$	$[6.3481, 4.4888, 3.1741, 2.5916, 2.2444, 2.0075] \times 10^{-5}$
2σ	$[5.0081, 3.5413, 2.5041, 2.0446, 1.7706, 1.5837] \times 10^{-19}$	$[9.0346, 6.3884, 4.5173, 3.6884, 3.1942, 2.8570] \times 10^{-5}$
3σ	$[6.1726, 4.3647, 3.0863, 2.5200, 2.1823, 1.9520] \times 10^{-19}$	$[11.135, 7.8739, 5.5677, 4.5460, 3.9369, 3.5213] \times 10^{-5}$
	$\sqrt{s} = 3\,\text{TeV}$	
1σ	$[3.5506, 2.5106, 1.7753, 1.4495, 1.2553, 1.1228] \times 10^{-19}$	$[6.4052, 4.5292, 3.2026, 2.6149, 2.2646, 2.0255] \times 10^{-5}$
2σ	$[5.0532, 3.5731, 2.5266, 2.0630, 1.7866, 1.5980] \times 10^{-19}$	$[9.1159, 6.4459, 4.5579, 3.7215, 3.2230, 2.8827] \times 10^{-5}$
3σ	$[6.2281, 4.4040, 3.1141, 2.5426, 2.2020, 1.9695] \times 10^{-19}$	$[11.236, 7.9447, 5.6178, 4.5869, 3.9724, 3.5530] \times 10^{-5}$
	$\sqrt{s} = 4\,\text{TeV}$	
1σ	$[3.5966, 2.5432, 1.7983, 1.4683, 1.2716, 1.1374] \times 10^{-19}$	$[6.4883, 4.5879, 3.2441, 2.6488, 2.2940, 2.0518] \times 10^{-5}$
2σ	$[5.1187, 3.6195, 2.5593, 2.0897, 1.8097, 1.6187] \times 10^{-19}$	$[9.2341, 6.5295, 4.6170, 3.7698, 3.2647, 2.9201] \times 10^{-5}$
3σ	$[6.3089, 4.4611, 3.1544, 2.5756, 2.2305, 1.9950] \times 10^{-19}$	$[11.381, 8.0477, 5.6906, 4.6463, 4.0239, 3.5990] \times 10^{-5}$

CONCLUSIONES. El estudio numérico realizado en este trabajo permitió encontrar los parámetros de los momentos dipolares débiles variando la masa de la partícula bosónica de norma Z' y la energía de colisión s desde 2 a 4 TeV, además se consideraron valores para la luminosidad desde 1000 hasta 10000 fb-1. Esto nos condujo a encontrar un momento dipolar magnético débil del orden de 10-19, mientras que el eléctrico se encuentra del orden de 10-5. En Montaño-Domínguez et al. (2022) se determinaron los momentos dipolares débiles en el contexto del ME con correcciones a un lazo, donde obtuvieron resultados de órdenes de 10-26 y 10-31 para los momentos magnético y eléctrico débil, respectivamente. Por otro lado, de forma experimental, Atlas Collaboration reportó una cota de $-0.057 < a < 0.024$ y Acciarri et al. (1998) reportó una cota $|\text{Re } d| < 3.1\text{x}10\text{-}16$, por todo lo anterior hemos mejorado las predicciones teóricas situándonos por encima de las predicciones actuales al acercarnos a las cotas experimentales de ambos momentos dipolares débiles.

REFERENCIAS.

1. Acciarri, M., Adriani, O., Aguilar-Benitez, M., Ahlen, S., Alcaraz, J., Alemanni, G., Allaby, J., Aloisio, A., Alviggi, M., Ambrosi, G., Anderhub, H., Andreev, V., Angelescu, T., Anselmo, F., Arefiev, A., Azemoon, T., Aziz, T., Bagnaia, P., Baksay, L., . . . Zilizi, G. (1998). Measurement of the anomalous magnetic and electric dipole moments of the tau lepton. Physics Letters B, 434(1–2), 169–179. https://doi.org/10.1016/s0370-2693(98)00736-9.
2. Montaño-Domínguez, J., Quezadas-Vivian, B., Ramírez-Zavaleta, F., & Tututi, E. S. (2022). Weak dipole moments of heavy fermions with flavor violation induced by Z′ gauge bosons. Journal of Physics G Nuclear and Particle Physics, 49(7), 075004. https://doi.org/10.1088/1361-6471/ac69ff.
3. Barger, V. D., & Phillips, R. J. N. (2018). Collider Physics. In CRC Press eBooks. https://doi.org/10.1201/9780429494062.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 6. Ciencias Exactas **ID: CC0624112**

EFECTOS DE RETRASO EN LA DINÁMICA DEL SISTEMA DE CHUA

***Gabriel Arroyo Correa*[1]**
1 Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; garroyo@umich.mx

Palabras Clave: Sistema de Chua, dinámica no lineal, retraso

RESUMEN. El estudio del caos en circuitos eléctricos es un área de investigación bien establecida en la literatura, dada su importancia en la transmisión y encriptación de información. En este trabajo se estudia numéricamente la dinámica del circuito de Chua, en su estado caótico de doble atractor, sujeto a efectos de retraso. Se consideran efectos de retraso en sus variables dinámicas, tanto individuales como combinadas. La caracterización de la dinámica del sistema de Chua con retrasos se hace calculando la entropía de Shannon en los canales XY del sistema. Los resultados logrados nos permiten identificar básicamente tres escenarios: a) efectos de retraso individual en las variables X y Z del sistema de Chua, desestabilizan completamente al sistema; b) efectos de retraso en la variable Y del sistema de Chua permite la preservación en su estado caótico; c) las combinaciones de retraso entre las variables del sistema permiten una mayor flexibilidad para la preservación del sistema en su estado caótico. Se hace un comparativo con el sistema de Chua sin retrasos Los resultados obtenidos se pueden aplicar en esquemas de encriptación de información y en el diseño de estructuras más complejas.

INTRODUCCIÓN. El circuito de Chua es el sistema dinámico autónomo más simple que puede ser utilizado para estudiar la dinámica no lineal en circuitos eléctricos (Fortuna et. al 2009, Kapitaniak 2000, Kilic 2010). La importancia de este circuito radica en que manifiesta una amplia variedad de las características comunes a otros sistemas no lineales, tales como bifurcaciones, caos y sincronización (Sprott 2014). Las ecuaciones que describen al sistema de Chua están dadas por (Arroyo Correa et al., 2009):

$$\dot{x} = 7\,[y - 0.56\,x + 0.42\,(|x+1| - |x-1|)] \qquad \dot{y} = x - y + z$$
$$\dot{z} = -10y \qquad (1)$$

En la Fig. 1 se presenta el estado dinámico típico del sistema (1) en el espacio XYZ y su proyección en el plano XY.

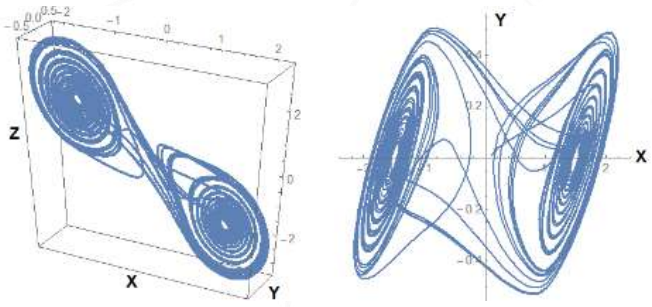


Figura 1. *Dinámica del sistema de Chua sin retraso: t1=t2=t3=0, en la Ec. (2).*

En este trabajo estaremos interesados en los efectos de retraso en el sistema (1), por lo que el sistema se reescribe como:

$$\dot{x}(t) = 56\,x(t-t1) + 0.42\,(|x(t-t1)+1| - |x(t-t1)-1|)] \quad \dot{y}(t) = x(t-t1) - y(t-t2) + z(t-t3) \quad (2)$$

$$\dot{z}(t) = -\,10y(t-t2)$$

En estas ecuaciones *t1*, *t2* y *t3* definen os tiempos de retraso en las variables *X*, *Y* y *Z*, respectivamente.

OBJETIVO. Resolver numéricamente las Ec. (2) para estudiar los efectos de retraso en la dinámica del sistema de Chua. Caracterizar el efecto del retraso en forma individual en cada variable. Caracterizar el efecto del retraso simultáneo en dos variables. Caracterizar el efecto del retraso simultáneo en las tres variables.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología consiste en resolver numéricamente la Ec. (2) para diferentes tiempos de retraso. Se usó el lenguaje de programación Mathematica. Se consideran las siguientes condiciones iniciales: x(t ≤ 0)=0.1, y(t ≤ 0)= z(t ≤ 0)=0.01. Se toma una ventana de tiempo de 200. Las condiciones iniciales se eligieron para tener valores a las condiciones iniciales en el sistema original de Chua sin retraso.

RESULTADOS. En las Figs. 2-4 se muestran los resultados para los casos en que el retraso se aplica en solo una de las variables del sistema de Chua. Los valores explícitos de los retrasos se indican en cada figura. También se indican los valores de retraso para los cuales el sistema se desestabiliza. Es evidente de estas figuras que la variable *Z* es la más sensible a efectos de retraso y la que permite una flexibilidad mayor a efectos de retraso es la variable *Y*; la variable *X* permite una flexibilidad a efectos de retraso de casi el doble de la variable *Z*, pero casi un décimo en comparación con la variable *Y*.

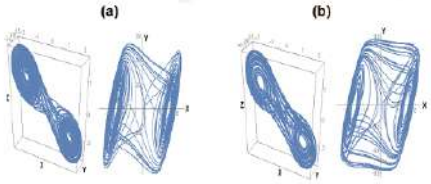


Figura 2 *Dinámica del sistema de Chua cuando t2=t3=0: (a), t1=0.01; (b), t1=0.038. Para t1=0.039 el sistema se desestabiliza.*

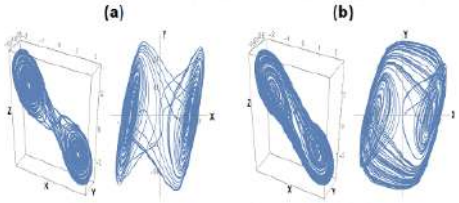


Figura 3 *Dinámica del sistema de Chua cuando t1=t3=0: (a), t2=0.04; (b), t2=0.35. Para t2=0.36 el sistema se desestabiliza.*

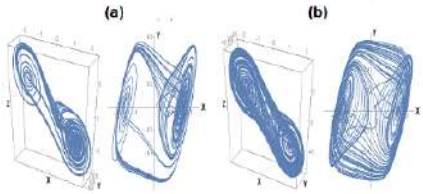


Figura 4 *Dinámica del sistema de Chua cuando t1=t2=0: (a), t3=0.02; (b), t3=0.027. Para t3=0.028 el sistema se desestabiliza.*

En la Fig. 5 se muestran los resultados para los casos en que el retraso se aplica simultáneamente en las variables *X* e *Y* del sistema de Chua. Los valores explícitos de los retrasos se indican en cada figura. También se indican los valores de retraso para los cuales el sistema se desestabiliza. Para retrasos simultáneos en *X* y *Z* e *Y* y *Z*, el sistema resultó inestable. Esto también se presentó para la aplicación simultánea de retrasos en las tres variables.

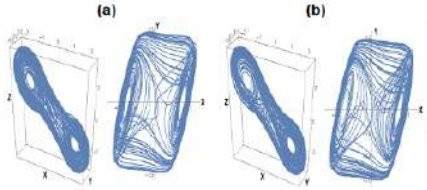


Figura 5 *Dinámica del sistema de Chua cuando t1=0.038, t3=0: (a), t2=0.017; (b), t2=0.1. Para 0<t2<0.017 y t2>0.1 el sistema se desestabiliza.*

De los resultados obtenidos, es evidente que el sistema de Chua se desestabiliza a efectos de retrasos aplicados simultáneamente en las tres variables. En cuanto a la aplicación de retrasos simultáneos en dos variables, solo la aplicación simultánea en *X* e *Y* permite estabilidad del sistema. Cuando el retraso se aplica solo en una de las variables, la aplicación de retrasos en la variable *Y* fue la que permitió un mayor rango de valores, seguida por la variable X, en tanto que retrasos en la variable Z presentó el menor rango de valores.

CONCLUSIONES. En este trabajo se analizó numéricamente los efectos de retraso en el sistema de Chua. Los resultados obtenidos permitieron identificar tres esquemas de aplicación de retrasos. El esquema de aplicación de retrasos en una sola de las variables del sistema (*X, Y, Z*) permite estabilidad en su estado caótico. En el esquema de aplicación de retrasos simultáneos en dos de las variables del sistema, sólo la aplicación en *X* e *Y* permite estabilidad, en tanto que el esquema de aplicación simultánea en las tres variables del sistema no permite una estabilidad del mismo. Estos resultados podrían ser de utilidad en esquemas de sincronización entre dos circuitos de Chua. Trabajo apoyado a través del proyecto CIC-UMSNH 2024.

REFERENCIAS.

1. Arroyo Correa, G., et al. (2009). Ciencia Nicolaita, **51**: 195-205.
2. Fortuna, L., Frasca, M., Xibilia, M. G. (2009). *Chua´s Circuit Implementations: Yesterday, Today and Tomorrow*, Singapore, World Scientific Publishing, pp. 1-60.
3. Kapitaniak, T., (2000). *Chaos for Engineers: Theory, Applications and Control*, Springer, pp. 99-105.
4. Kilic, R. (2010). A practical guide for studying *Chua´s circuits*, Singapore, World Scientific Publishing, pp. 1-54.
5. Sprott, J. C., (2014). *Elegant chaos: Algebraically simple chaotic flows*, Singapore, World Scientific Publishing, pp. 1-40.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624114

ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA DINÁMICA DE UNA VARIANTE DE MAPAS SENOIDALES

***Gabriel Arroyo Correa*[1]**
[1]*Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; garroyo@umich.mx*

Palabras Clave: Mapa senoidal, diagrama de bifurcación, exponente de Lyapunov

RESUMEN. El mapa senoidal original es un modelo discreto que presenta una dinámica similar al mapa logístico, exhibiendo mecanismos de doblamiento de periodos que eventualmente lleva hacia el caos. En este trabajo se analiza numéricamente la dinámica de una familia de mapas senoidales, mediante el uso de los diagramas de bifurcación, de sus espectros de Lyapunov. Los resultados obtenidos muestran que la dinámica de esta familia de mapas es muy diferente al del mapa senoidal conocido en la literatura. En particular, la nueva dinámica está caracterizada por la aparición de bandas caóticas mezcladas con zonas típicas del comportamiento del mapa senoidal conocido en la literatura. El espaciamiento de estas bandas está caracterizado por un parámetro de control.

INTRODUCCIÓN. En la literatura de los sistemas dinámicos no lineales, la dinámica de algunos mapas discretos ha sido analizada ampliamente en la literatura (Strogatz 2000). Un ejemplo de esto lo constituye el mapa logístico, cuya dinámica ya había sido señalada en el trabajo clásico de Robert May (May 1976). Este modelo exhibe un mecanismo de doblamiento de periodos que eventualmente lleva hacia el caos, así como la existencia de ventanas periódicas y comportamientos de intermitencia; características compartidas con la dinámica no lineal de sistemas continuos en tres o más dimensiones, de aquí la importancia del mapa logístico. En este trabajo se estudia numéricamente la dinámica de un mapa basado en una generalización del mapa senoidal, ampliamente conocido en la literatura de los sistemas discretos no lineales.
La dinámica del mapa propuesto en este trabajo está descrita por la ecuación:

$$N_{i+1} = sen^{q}\left(p\pi N_i\right) + r\,; \qquad (i = 0,1,2,\ldots;\ p,q \in N;\ r \geq 0) \qquad (1)$$

El exponente de Lyapunov E_L asociado al mapa (1), está dado por

$$E_L = \sum_{i=0}^{n-1} ln|(pq\pi)\ \ cos\left(p\pi N_i\right) sen^{q-1}\left(p\pi N_i\right)| \qquad (2)$$

Desde el punto de vista numérico, la estimación de E_L se hace tomando el valor máximo de n lo suficientemente grande para tener una convergencia razonable.
En la Fig. 1 se presentan órbitas típicas ($\mathbf{N_i}$ vs. $\mathbf{i}$) y sus respectivos mapas de retorno ($\mathbf{N_{i+1}}$ vs. $\mathbf{N_i}$) del mapa (1), para algunos valores de los parámetros *p, q* y *r*. De esta figura es evidente la rica dinámica del mapa senoidal generalizado. En todos lo casos se consideran 2000 iteraciones y $\mathbf{N_0}$=0.2. Para los diagramas de las órbitas se grafican los valores de las últimas 200 iteraciones,

en tanto que para los mapas de retorno, para descartar transitorios, se omiten las primeras 400 iteraciones.

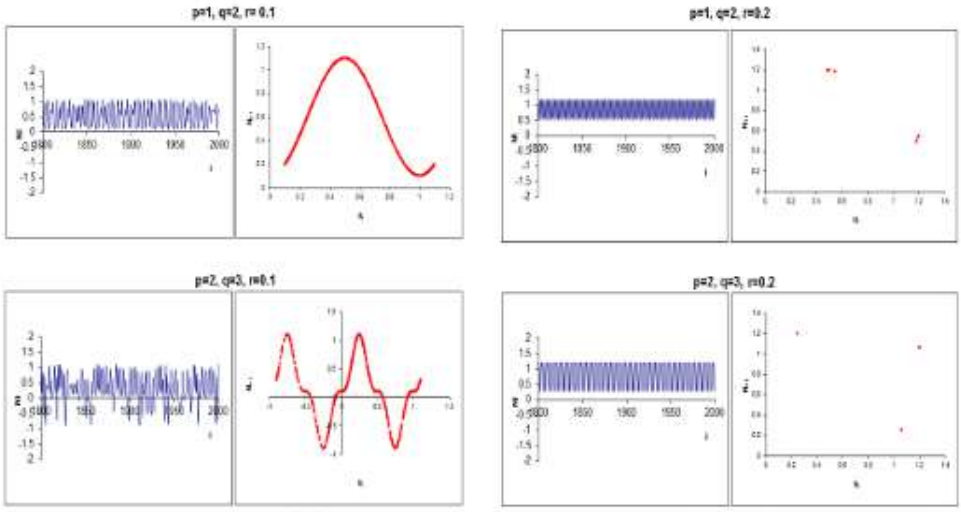


Figura 1 *Algunas órbitas típicas y sus respectivos mapas de retorno del mapa (1) para los valores indicados en la parte superior de cada par de gráficos.*

OBJETIVO. Resolver numéricamente las Ecs. (1) y (2) para estudiar la dinámica del mapa considerado en función de la variación de los parámetros p, q y r.
Caracterizar las propiedades dinámicas de los mapas analizados mediante los diagramas de bifurcación y los espectros de Lyapunov, cuando se considera a r como parámetro de control.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología consiste en resolver numéricamente las Ecs. (1) y (2). Se usó el lenguaje de programación Mathematica. Se consideran 2000 iteraciones y N_0=0.05. Para los espectros de Lyapunov, se consideraron valores determinados de p y q, variando r en el rango de 0 a1 en incrementos de 0.001 y tomando un valor máximo de n en la Ec. (2) de 500.

RESULTADOS. En las Figs. 2-7 se muestran los diagramas de bifurcación (N vs. r) y los espectros de Lyapunov (E_L vs r) del mapa (1), para valores específicos de p y q. Los diagramas de bifurcación permiten identificar fácilmente regiones de comportamiento periódico y caótico. Los espectros de Lyapunov permiten reconocer que tan caótica es una zona; un valor positivo mayor es un indicativo de mayor caoticidad en el comportamiento del mapa, en tanto que valores negativos es un rasgo de comportamientos periódicos.

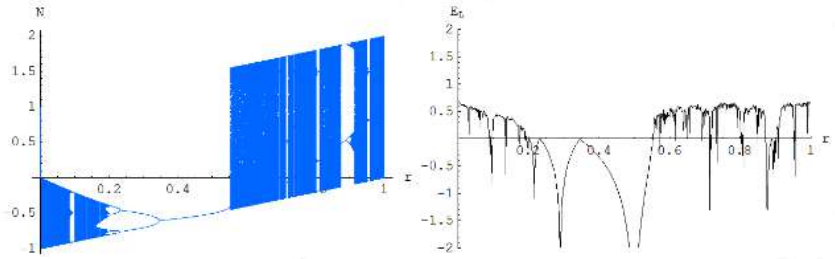


Figura 2 *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=1, q=1.*

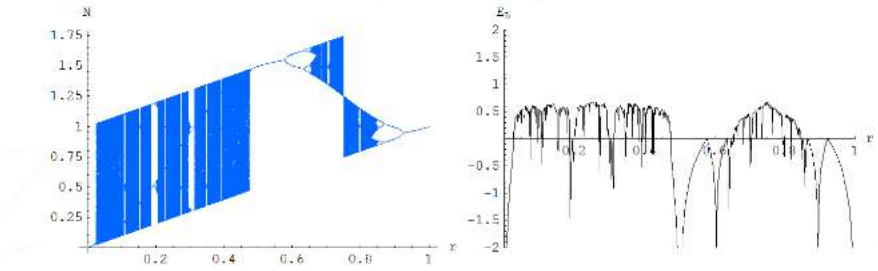


Figura 3 *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=1, q=2.*

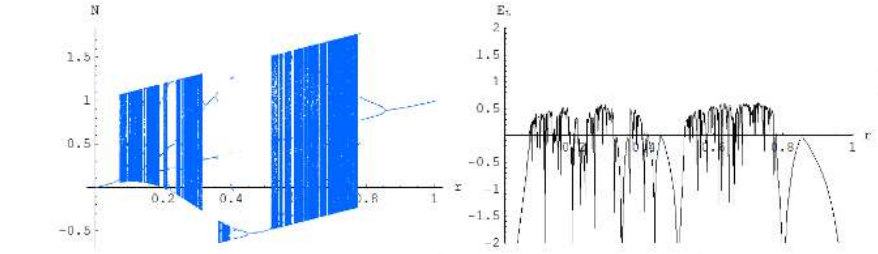


Figura 4 *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=1, q=3.*

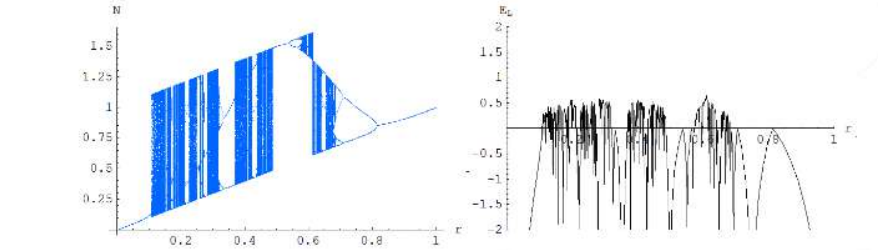


Figura 5 *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=1, q=4.*

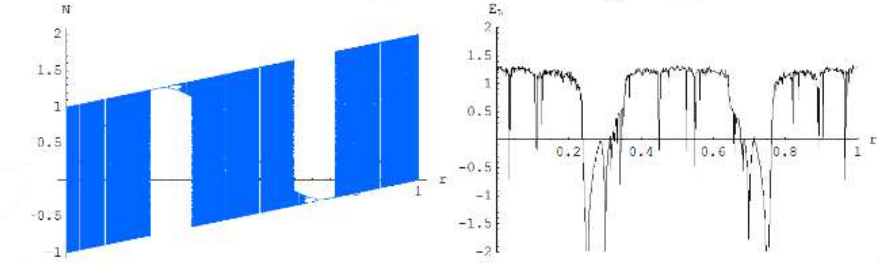
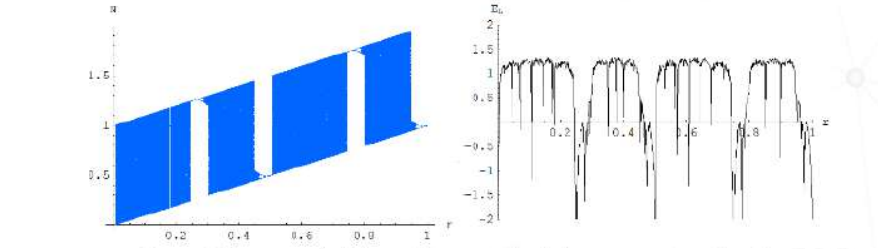


Figura 6 *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=2, q=1.*



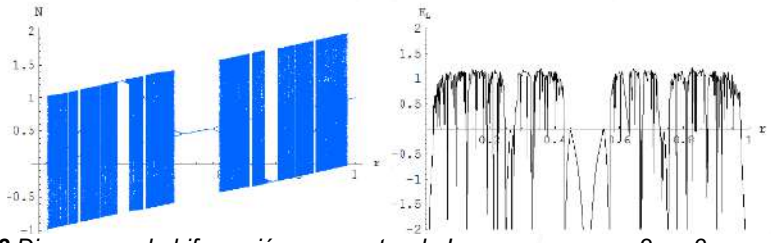


Figura 8 *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=2, q=3.*

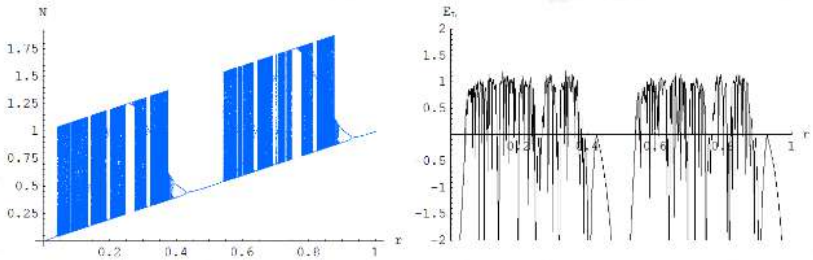


Figura 9. *Diagramas de bifurcación y espectro de Lyapunov para p=2, q=4.*

CONCLUSIONES. En este trabajo se analizó la dinámica de un mapa basado en una generalización del mapa senoidal. Los mapas de retorno y la evolución de las órbitas demuestran cómo una variación continua del parámetro de control cambia notablemente la dinámica del mapa. En particular, la nueva dinámica está caracterizada por la aparición de bandas caóticas mezcladas con zonas típicas del comportamiento del mapa senoidal conocido en la literatura. El espaciamiento de estas bandas está caracterizado por el parámetro de control r. Los resultados obtenidos en este trabajo se pueden aplicar en esquemas de encriptación de información (Hosny 2020). Trabajo apoyado por el Programa de Investigación CIC-UMSNH 2024.

REFERENCIAS.

1. Hosny, K. M. (2020). *Multimedia Security Using Chaotic Maps: Principles and Methodologies*, Springer, pp. 27-52.
2. May, R. M.. (1976). Nature, **261**: 459.
3. Strogatz, S. H. (2000). *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Perseus Books Publishing, LLC, pp. 348–397.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624115

DIFUSIÓN EN UN SISTEMA BIDIMENSIONAL SINGULAR

***Gabriel Arroyo Correa*[1]**
[1]*Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; garroyo@umich.mx*

Palabras Clave: Reacción, difusión, sistema singular, patrones de Turing

RESUMEN. Los sistemas de reacción-difusión son modelos matemáticos que describen cómo una o más partes de un sistema distribuidas en el espacio cambian bajo la influencia de reacciones locales y difusión. El trabajo de Alan Turing sentó las bases del análisis de estos sistemas que se han utilizado para simular diversos procesos biológicos y no biológicos de formación de patrones. El sistema de Dixon es un modelo bidimensional simplificado para describir la dinámica del campo magnético de una estrella de neutrones. Este sistema presenta una singularidad en el origen, por lo que no cumple con las condiciones del teorema de Poincaré-Bendixon. Como consecuencia el sistema presenta sensibilidad a las condiciones iniciales y exhibe trayectorias atrayentes hacia la singularidad, mostrando lo que Dixon llamó “Caos de Singularidad (CS)”. En este trabajo se analiza numéricamente las propiedades difusivas del sistema de Dixon. Se consideran diferentes condiciones de frontera y de condiciones iniciales: uniformes, aleatorias, gaussianas y lorentzianas. El análisis se hace estudiando los patrones de densidad espacial (patrones de Turing) y la evolución temporal del espacio de configuración del sistema. Los resultados obtenidos permiten identificar diferencias y similitudes entre los patrones de densidad espaciales: hay similitudes en ambos sistemas cuando la distribución inicial es uniforme, sin embargo, cuando las distribuciones iniciales son aleatorias o no uniformes (gaussiana y lorentziana) hay marcadas diferencias en sus propiedades difusivas.

INTRODUCCIÓN. Los sistemas de reacción-difusión son modelos matemáticos que describen cómo una o más partes de un sistema distribuidas en el espacio cambian bajo la influencia de dos procesos: reacciones locales y difusión. Los sistemas de reacción-difusión se aplican a la modelización de procesos dinámicos que se presentan en campos como la biología, la ecología, la geología, la química, la física, etc., por mencionar solo algunos. Desde que en 1952 Alan Turing los propuso como la base química de la morfogénesis (Turing 1952), los sistemas de reacción-difusión se han utilizado para modelizar diversos procesos biológicos y no biológicos de formación de patrones. El sistema de Dixon es un modelo simplificado para describir la dinámica del campo magnético de una estrella de neutrones (Sprott 2014). En este trabajo se analizan las propiedades difusivas del sistema de Dixon, considerando diferentes condiciones de frontera. La ecuación de reacción-difusión en dos dimensiones está dada por (Turing 1952):

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} &= a\nabla^2 U + F(U,V) \\ \frac{\partial V}{\partial t} &= b\nabla^2 V + G(U,V) \end{aligned} \qquad (1)$$

En la Ec, (1), los parámetros *a* y *b* son los coeficientes de difusión (supuestos constantes: *a*=1, *b*=0.02) para las componentes *U* y *V* del sistema bidimensional analizado. ∇^2 es el operador

laplaciano. Las partes reactivas de sistema de Dixon modificado son:

$$F(U,V) = \frac{UV}{\gamma+U^2+V^2} - 0.3U$$

$$G(U,V) = \frac{V^2}{\delta+U^2+V^2} - 0.7V - 0.3 \quad (2)$$

En las Ecs. (2), γ=δ=0 define el modelo singular de Dixon.

OBJETIVO. Resolver numéricamente las Ecs. (1) y (2) para estudiar la dinámica difusiva de los sistemas analizados, considerando perfiles iniciales y condiciones de frontera diferentes. Caracterizar las propiedades difusivas de los sistemas analizados mediante los patrones de Turing.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología consiste en resolver numéricamente las Ecs. (1) y (2), cuando γ=δ=0. Se usó un esquema de diferencias finitas llamado método hacia adelante en el tiempo y centrado en el espacio, implementado en el lenguaje de programación Mathematica. Se considera la región espacial de [-25, 25] X [-25, 25], un paso en el tiempo de 0.320768 y un espaciamiento espacial de 0.597 en ambas direcciones X e Y. Se consideran cuatro tipos de condiciones iniciales: patrones uniformes, aleatorios, gaussianos y lorentzianos, en ambas componentes, como se muestra en la Fig. 1. Asimismo, se consideraron tres condiciones de frontera: Dirichlet, Neumann y periódicas.

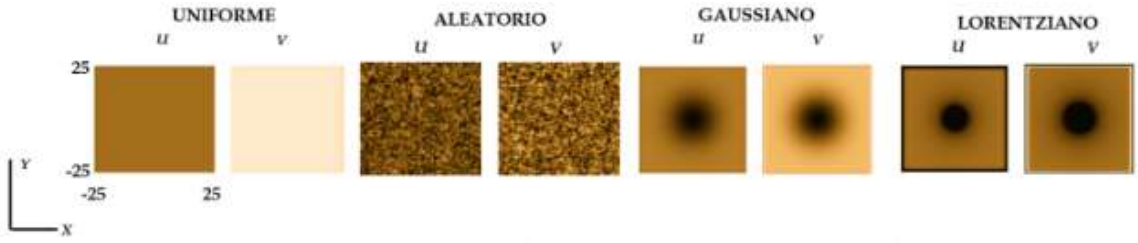


Figura 1 *Patrones iniciales para U y V.*

RESULTADOS. En las Figs. 2-5 se muestran los resultados para las condiciones de frontera de Dirichlet, Neumann y periódicas, así como los perfiles cuatro perfiles iniciales considerados: Uniforme, Fig. 2; aleatorio, Fig. 3; gaussiano, Fig. 4; lorentziano, Fig. 5. En todos los casos se muestran los patrones de Turing al tiempo t=64

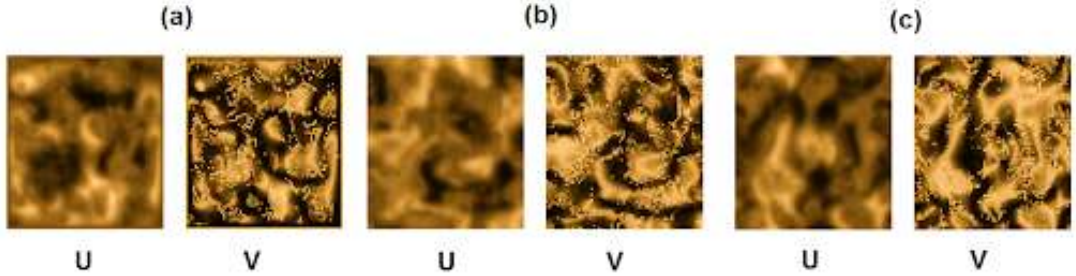


Figura 2 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial uniforme y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), Neumann y (c), periódicas.*

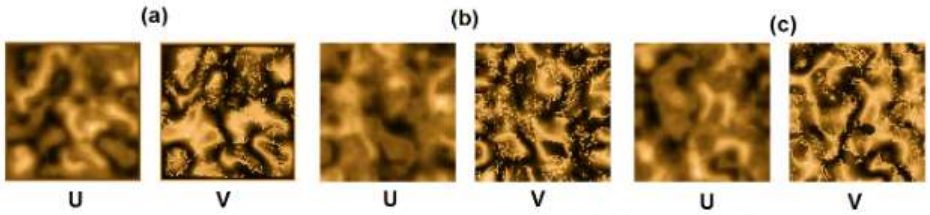


Figura 3 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial aleatorio y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), Neumann y (c), periódicas.*

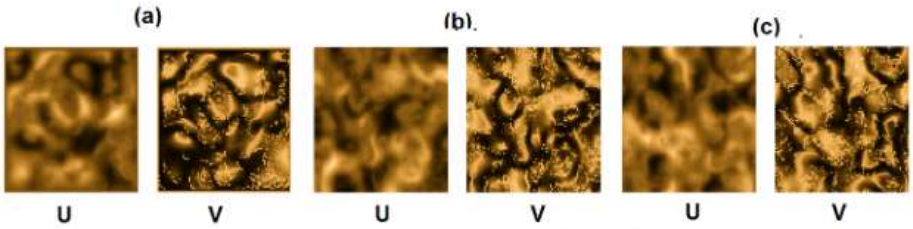


Figura 4 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial gaussiano y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), Neumann y (c), periódicas.*

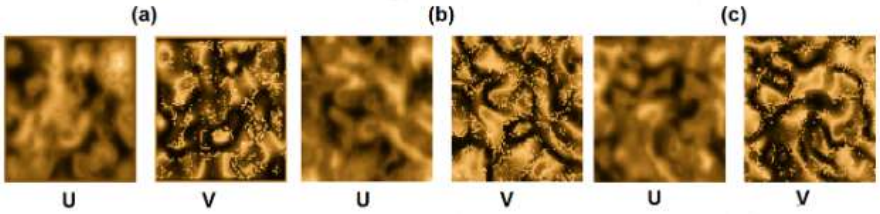


Figura 5 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial gaussiano y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), Neumann y (c), periódicas.*

De las Figs. 2-5 se nota que en todos los casos los patrones de Turing son irregulares. La singularidad evita la formación de patrones de Turing regulares. Esto contrasta notablemente con el caso cuasi-singular (Arroyo Correa 2016), como se muestra en las Figs. 6-9, en donde se considera solamente las condiciones de frontera de Dirichlet y periódicas.

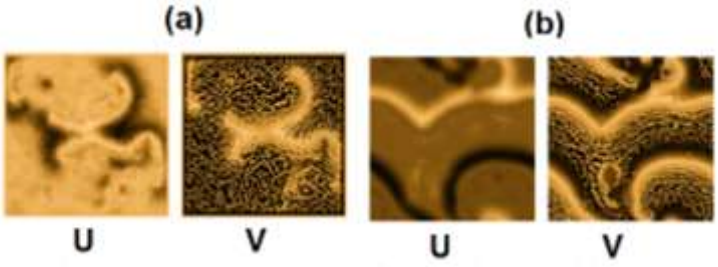


Figura 6 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial uniforme y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), periódicas. En este caso se considera γ =0.0022 y δ = 0 .00012 en las Ecs. (2).*

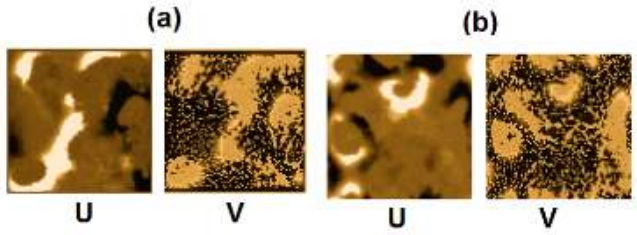


Figura 7 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial aleatorio y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), periódicas. En este caso se considera γ =0.0012 y δ = 0 .001 en las Ecs. (2).*



Figura 8 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial gaussiano y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), periódicas. En este caso se considera γ = δ = 0 .00183 en las Ecs. (2).*

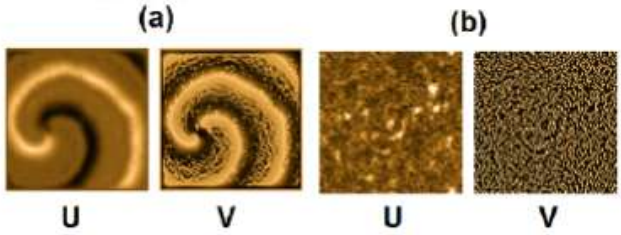


Figura 9 *Patrones de Turing para el caso de perfil inicial loretziano y para las condiciones de frontera: (a), Dirichlet; (b), periódicas. En este caso se considera γ =10 y δ = 0 .005 en las Ecs. (2)*

CONCLUSIONES. En este trabajo se analizó numéricamente las propiedades difusivas del sistema singular de Dixon. Se consideraron perfiles uniformes, aleatorios, gaussianos y lorentzianos, así como diferentes condiciones de frontera. Los resultados obtenidos muestran que en todos los casos los patrones de Turing no son regulares. Las simulaciones numéricas mostraron que cuando se remueve la singularidad, se favorece la generación de patrones de Turing más regulares que dependen del perfil inicial en las componentes del sistema y de las condiciones de frontera del sistema.

Trabajo apoyado a través del proyecto CIC-UMSNH 2024.

REFERENCIAS.

1. Arroyo Correa, G., (2016). 11º Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación, Morelia, Mich.
2. Sprott, J. C., (2014). *Elegant chaos: Algebraically simple chaotic flows*, Singapore, World Scientific Publishing, pp. 109-111.
3. Turing, A. M., (1952). Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, **237**(641): 37-72.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624116

EFECTO DE ORIFICIOS CIRCULARES CON DISTRIBUCIÓN CUASI-FRACTAL EN LA DINÁMICA DEL BILLAR DE SINAI

***Gabriel Arroyo Correa*[1]**
[1]*Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; garroyo@umich.mx*

Palabras Clave: Billar, Sinai, dinámica, cuasi-fractal

RESUMEN. El billar de Sinai ha sido ampliamente estudiado en la literatura debido a sus aplicaciones para modelar procesos reales: el estudio de la resistencia fractal en transistores, la caracterización de metales granulares, el estudio experimental de propagación de microondas en billares caóticos o la caracterización de la propagación de ondas mecánicas en términos de la dinámica de rayos. En este trabajo se estudia numéricamente la dinámica en el billar de Sinai modificado, considerando que los orificios circulares se distribuyen en los intervalos vacíos del conjunto fractal de Cantor. Se analiza la dinámica a diferentes niveles de definición de la construcción del conjunto de Cantor. Se estudia la dinámica en función del nivel de definición del conjunto de Cantor (radio y posiciones de los obstáculos circulares) y se comparan con la información estadística de los impactos en las paredes del billar. Se hace también un análisis de los espectros de Lyapunov. Los resultados obtenidos permiten diferenciar el efecto de los radios y las posiciones de los niveles de definición de los obstáculos circulares.

INTRODUCCIÓN. La dinámica de los billares está determinada por la forma de la frontera (Birkoff 1927), y puede ir desde comportamientos regulares (como ocurre en los billares rectangular y elíptico) hasta comportamientos totalmente desordenados o caóticos (como es el caso de los billares de Sinai (Sinai 1970) y de Bunimovich, por mencionar solo algunos). Estos últimos casos son los más ampliamente estudiados en la literatura, debido a sus aplicaciones para modelar procesos reales (Fromhold 1997, Louis et al. 1997, Sridhar et al. 1992, Taner y SØndergaard 2007): como es el estudio de la resistencia fractal en transistores, la caracterización de metales granulares, el estudio experimental de propagación de microondas en billares caóticos o la caracterización de la propagación de ondas mecánicas en términos de la dinámica de rayos, por mencionar solo algunas. El sistema de Sinai es un sistema relativamente simple que presenta un comportamiento fuertemente caótico. El sistema consiste en una partícula que se mueve en el plano dentro de un cuadrado, en cuyo centro se coloca un obstáculo circular. Se supone que la partícula obedece las leyes de la mecánica clásica y que experimenta colisiones elásticas en las paredes del cuadrado y en el perímetro del obstáculo circular. En la Fig. 1 se muestra una descripción gráfica del Billar de Sinai original.

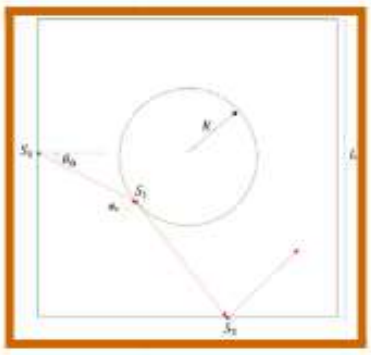


Figura 1 *Billar de Sinai.*

Se supone que la partícula obedece las leyes de la mecánica clásica y que experimenta colisiones elásticas en las paredes del cuadrado y en el perímetro del obstáculo circular. El mapa que describe la dinámica del billar de Sinai está dado por

$$\theta_n = 2\,arctan\left(\frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}}\right)\Bigg|_{t_n} - \theta_{n-1}, \qquad (1a)$$

$$\phi_n = 2\,arctan\left(\frac{\frac{dy}{dt}}{\frac{dx}{dt}}\right)\Bigg|_{t_n} - \theta_{n-1} + \frac{\pi}{2}. \qquad (1b)$$

En las Ecs. (1) el subíndice *n* define la *n*-ésima iteración (colisión), los ángulos θ_n y φ_n están definidos en la Fig. 1 mientras que t_n define el tiempo de colisión: θ_0 y φ_0 son los ángulos iniciales.

En este trabajo se analiza la dinámica en el billar de Sinai modificado, considerando que los orificios circulares se distribuyen en los intervalos vacíos del conjunto fractal de Cantor. Se analiza la dinámica a tres niveles de definición de la construcción del conjunto de Cantor, como se muestra en la Fig. 2. El cuadrado es de lado unitario y los círculos son de radios variables, dependiendo de los niveles de definición de la distribución fractal. Para el nivel N1, Fig. 2(a), el círculo central es de radio 1/3; para el nivel N2, Fig. 2(b), el círculo central es de radio 1/3 y el par de círculos simétricos son de radio 1/9 cada uno; el nivel N3, Fig. 2(c), está conformado por la configuración del nivel N2 a la que se le han agregado un par de círculos simétricos de radio 1/27 cada uno.

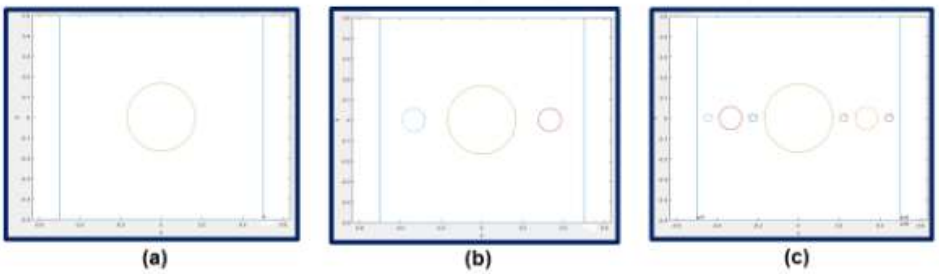


Figura 2 *Niveles de definición considerados: (a), nivel N1; (b), nivel N2 y (c), nivel N3.*

OBJETIVO. Resolver numéricamente las Ecs. (1) para estudiar la dinámica de los billares de Sinai a los tres niveles de definición fractal mostrados en la Fig. 2. Caracterizar las propiedades dinámicas mediante las distribuciones de las colisiones en el espacio fase, mediante las distribuciones de las distancias entre colisiones y mediante el cálculo de los exponentes de Lyapunov asociadas a las trayectorias en el billar.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología consiste en resolver numéricamente las Ecs. (1). Se usó el paquete implementado por Lansel y Porter en el lenguaje de programación Matlab (Lansel y Porter 2004). Se consideran las configuraciones descritas en la Fig. 2. Se consideran las tres condiciones iniciales: CI1, (-0.5,0.01); CI2, (-0.5,0.04); CI3, (-0.5,0.16). Cada par ordenado (X, Y) representa la posición inicial del rayo y en todos los casos se supone un ángulo inicial de 0 grados. Es decir, las condiciones iniciales representan rayos paralelos que salen de la cara izquierda del cuadrado, Fig. 2, a diferentes alturas del eje Y para garantizar que los rayos con posiciones CI1, CI2 y CI3, tocan en la primera colisión el primer círculo izquierdo de las tres configuraciones de la Fig. 2, respectivamente. En todos los casos se consideraron 5000 iteraciones.

RESULTADOS. En la Fig. 3 se muestran las dinámicas en el espacio fase para los niveles de definición N1, N2 y N3 mostradas en la Fig. 2, y para las tres condiciones iniciales consideradas. El eje horizontal representa la longitud de arco ***s*** que define cada frontera del billar. El rango de ***s*** entre 0 y 4 define el perfil cuadrado del billar, y los valores de ***s*** mayores a 4 definen los perímetros de los perfiles circulares del billar, comenzando desde el círculo de la extrema izquierda hasta el círculo de la extrema derecha. La alta dispersión de los puntos es un indicativo del comportamiento caótico de la dinámica. Este comportamiento altamente irregular está presente, independientemente de las condiciones iniciales.

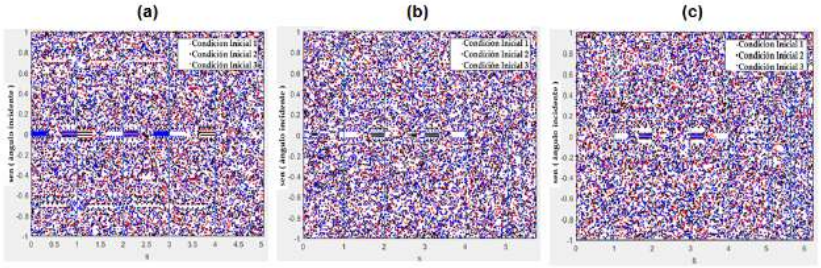


Figura 3 *Dinámicas en el espacio fase: (a), nivel N1; (b), nivel N2 y (c), nivel N3*

Una manera de entender mejor el carácter caótico de los gráficos de la Fig. 3, es mediante el cálculo de los exponentes de Lyapunov, los cuáles se muestran en las Figs. 4-6. Los exponentes de Lyapunov dan una medida de la dispersión de trayectorias muy cercanas entre sí. Este parámetro es muy utilizado en el análisis de sistemas no lineales (Strogatz 2000). De estas figuras es evidente como el exponente de Lyapunov aumenta con el nivel de definición de la distribución fractal de orificios. El efecto de los orificios de radios cada vez más pequeños se manifiesta por el carácter oscilatorio del exponente de Lyapunov en las primeras 1000 iteraciones

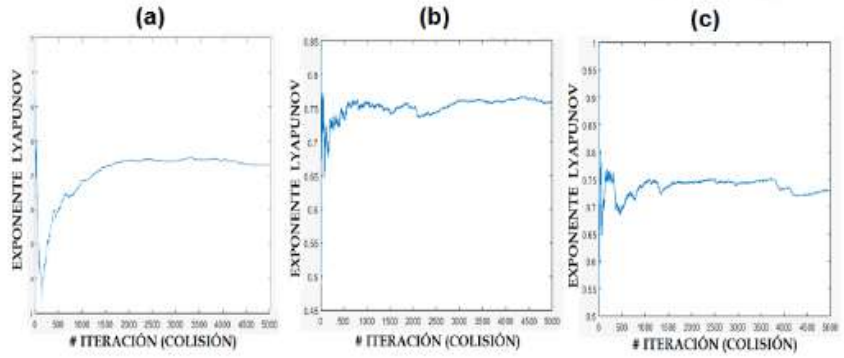


Figura 4 *Exponentes de Lyapunov para el billar al nivel de definición N1 y las condiciones iniciales: (a), CI1; (b), CI2 y (c), CI3.*

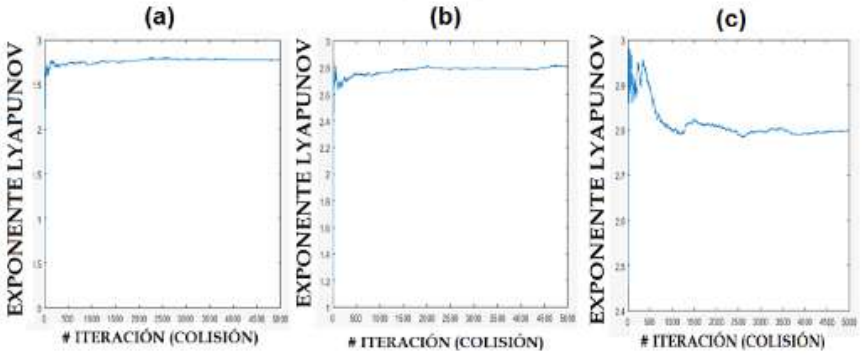


Figura 5 *Exponentes de Lyapunov para el billar al nivel de definición N2 y las condiciones iniciales: (a), CI1; (b), CI2 y (c), CI3.*

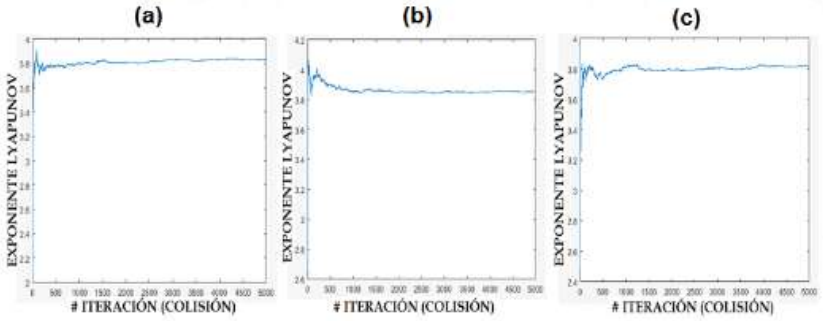


Figura 6 *Exponentes de Lyapunov para el billar al nivel de definición N3 y las condiciones iniciales: (a), CI1; (b), CI2 y (c), CI3.*

Las Figs. 7-9 presentan la información estadística de las distancias entre colisiones consecutivas, para los tres niveles de definición del billar y las tres condiciones iniciales consideradas. Los histogramas muestran que a medida que aumenta el nivel de definición fractal del billar de Sinai, la distribución estadística, dentro de las 5000 iteraciones, presenta una similitud a la distribución típica de los llamados ensambles gaussianos ortogonales (GOE, por sus siglas en inglés) que aparecen en la teoría de matrices aleatorias para describir sistemas cuánticos simétricos (Stockmann 1999)

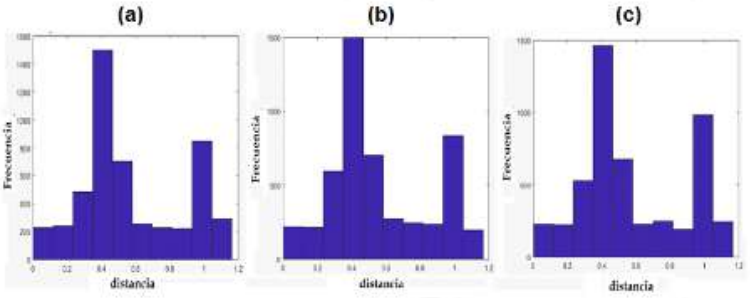


Figura 7 *Histogramas de la distancia entre colisiones para el billar al nivel de definición N1 y las condiciones iniciales: (a), CI1; (b), CI2 y (c), CI3.*

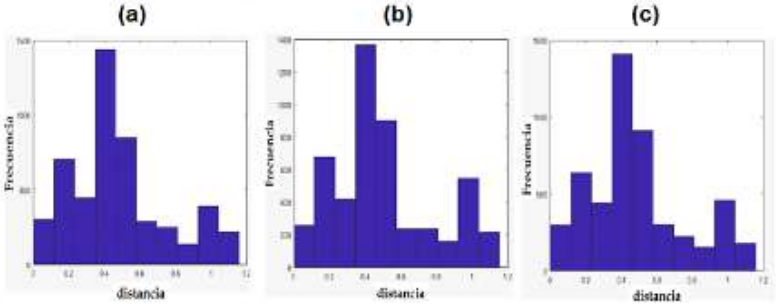


Figura 8 *Histogramas de la distancia entre colisiones para el billar al nivel de definición N2 y las condiciones iniciales: (a), CI1; (b), CI2 y (c), CI3.*

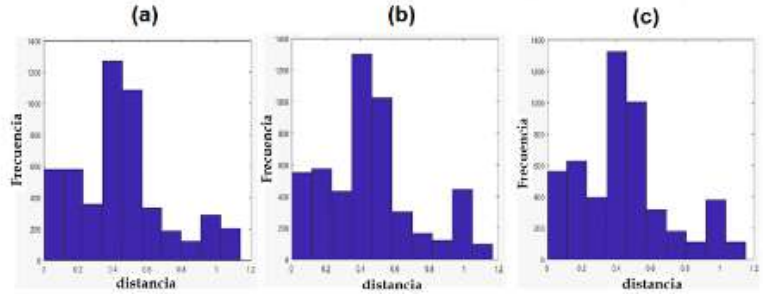


Figura 9 *Histogramas de la distancia entre colisiones para el billar al nivel de definición N3 y las condiciones iniciales: (a), CI1; (b), CI2 y (c), CI3.*

CONCLUSIONES. En este trabajo se hizo un estudio numérico de la dinámica del billar de Sinai con distribuciones de orificios centrales siguiendo una secuencia fractal a tres niveles diferentes de construcción. Los exponentes de Lyapunov aumentan a medida que crece el número de obstáculos circulares, lo que es un indicativo de la caoticidad del billar. La distribución de las distancias entre las colisiones guarda características similares para un mismo nivel, pero en los tres niveles analizados la frecuencia máxima de colisiones ocurre para una distancia del orden de 0.4. Trabajo apoyado a través del proyecto CIC-UMSNH 2024.

REFERENCIAS.

1. Fromhold, T. M. (1997). Nature 386(6621): 123-125.
2. Lansel, S. y Porter, M. A. (2004). https://arxiv.org/pdf/nlin/0405003.pdf
3. Louis, E., et al. (1997). Zeitschrift für Physik B Condensed Matter 103(2): 297-304.
4. Sinai, Y. G. (1970). Russian Mathematical Surveys 27(2): 137-188.
5. Sridhar, S., et al. (1992). Journal of Statistical Physics 68(1-2): 239-258.
6. Stockmann, H-J. (1999). *Quantum Chaos*, Cambridge University Press, pp. 59–118.
7. Strogatz, S. H., (2000). *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Perseus Books Publishing, LLC, pp. 320–325.
8. Taner, G., SØndergaard, N. (2007). J. Phys. A: Math. Theor. 40: R443-R509.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624117

FLAVONOIDES PRESENTES EN EL EXTRACTO DE ACETATO DE ETILO DEL MUÉRDAGO *PHORADENDRON CARNEUM*

José Luis Fraga Ramírez[1*], Armando León-Pompa[2*], Hugo A. García-Gutiérrez[2], Pedro Navarro Santos, Julio C. Ontiveros-Rodríguez[3*].

1 Licenciatura en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 1701454k@umich.mx

2Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 0848994g@umich.mx, hgarcia@umich.mx,

3 CONAHCYT- Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

pnavarrosa@conahcyt.mx, jontiverosr@conahcyt.mx

Palabras Clave: Muérdago, *Phoradendron*, Flavonoides, Resonancia Magnética Nuclear.

RESUMEN. Los muérdagos son plantas hemiparásitas que parasitan a especies arbóreas para obtener agua y nutrientes. Durante siglos, se han empleado en la medicina tradicional para tratar diversas afecciones. Entre los compuestos más destacados encontrados en estas plantas se encuentran los terpenos y los compuestos fenólicos. En el presente trabajo se obtuvo el extracto de acetato de etilo de hojas y tallos de *Phoradendron carneum* con la finalidad de identificar algunos de sus compuestos predominantes. Para ello, se aplicaron técnicas como la cromatografía en columna y en capa fina para separar y purificar los compuestos del extracto. El análisis de los espectros de RMN en dos dimensiones permitió la elucidación de las estructuras indicando la presencia de naringenina, aromadendrina y un favanonol.

INTRODUCCIÓN. Los muérdagos son considerados plantas hemiparásitas, las cuáles parasitan especies arbóreas de las cuales obtienen agua y nutrientes. Se clasifican en dos grandes grupos: muérdagos enanos y muérdagos verdaderos. Dentro de los muérdagos verdaderos podemos encontrar al género *Phoradendron*, el cuál es nativo del continente americano (Endara et al., 2023; Ontiveros-Rodríguez et al., 2023). Los muérdagos han sido utilizados durante siglos en la medicina tradicional para tratar diversas afecciones como enfermedades del bazo, dolor menstrual, epilepsia, dolores durante el parto, etc. Debido a la aplicación tradicional de los muérdagos para tratar distintos padecimientos se han llevado a cabo estudios científicos formales para estudiar la composición de las plantas de muérdago y sus posibles aplicaciones en el área médica. Dentro de los compuestos que se encuentran mayormente en el muérdago europeo y en las especies americanas se encuentran los terpenos y los compuestos fenólicos (Sánchez, 2017; Ontiveros-Rodríguez et al., 2023). Estudios recientes han demostrado que los compuestos obtenidos de los muérdagos muestran un gran efecto antioxidante capaz de combatir los radicales libres en las células, fortalecen el sistema inmune y son capaces de causar apoptosis celular (Sánchez, 2017). Los compuestos presentes en los muérdagos han mostrado grandes resultados para tratar distintos tipos de cáncer y diferentes desórdenes cardiovasculares, además de encontrarse efectos antiinflamatorios, antimicrobianos, antidiabeticos, entre muchos otros (Ochoa, 2021; Ontiveros-Rodríguez et al., 2023). Dentro de los compuestos terpénicos obtenidos de los muérdagos destacan los de tipo flavonoide, los cuales están presentes en las plantas principalmente en forma de pigmentos. Entre las características más notables de los flavonoides se encuentra su estructura química, la cual cuenta con un número variable de grupos hidroxilo

fenólicos y propiedades de quelación de ciertos metales en transición como el hierro, lo cual les brinda a estas moléculas una gran capacidad antioxidante y propiedades antiinflamatorias, antivirales y un papel protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras patologías (Martínez-Florez et al., 2002).

ANTECEDENTES. El interés por conocer la composición química que conforman a los distintos extractos de los muérdagos y sus posibles aplicaciones en el área biológica han sido un tema de gran interés en los últimos años. Para identificar a los compuestos mayoritarios presentes en los extractos, los científicos se han ayudado de técnicas químicas como lo son la cromatografía en columna y en capa fina. Estas técnicas son esenciales para separar, aislar y purificar los componentes de interés en los extractos. Romero D., (2016) y Plata S., (2018) emplearon estas metodologías para realizar análisis fitoquímicos de los extractos del muérdago *Struthanthus deppeanus*, con el fin de identificar los metabolitos secundarios presentes en ellos y evaluar su capacidad citotóxica. De igual manera, las técnicas de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de ^{1}H y ^{13}C, son ampliamente utilizadas para identificar compuestos previamente purificados de extractos de plantas. Estas técnicas permiten caracterizar los compuestos químicos mediante la determinación de la conectividad del esqueleto carbonado de dichas moléculas. Esto se logra al leer las señales características que los espectros de RMN proporcionan, las cuales dependen de la capacidad específica de los núcleos de cada compuesto para absorber energía bajo determinadas radiofrecuencias, facilitando de esa manera la caracterización estructural de los compuestos. Existen innumerables trabajos donde se aplica esta técnica para dilucidar las estructuras de compuestos provenientes de extractos. Tal es el caso del trabajo realizado por Varela et al., (2004), quienes utilizaron la RMN para verificar la pureza y estructuras de las C-Glycosilflavonas, flavonoides de interés encontrados durante el estudio fitoquímico del muérdago *Phoradendron liga,* realizado por dichos autores.

OBJETIVO. Identificar y caracterizar los compuestos mayoritarios presentes en el extracto de acetato de etilo obtenido del muérdago *Phoradendron carneum.*

MATERIALES Y MÉTODOS. El material vegetal se recolectó en la región noreste del municipio de Morelia. Posteriormente se dejó secar a la sombra por dos semanas. Se trituró la planta con ayuda de molino eléctrico y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 5 L para su maceración con hexano, el cual se concentró cada tercer día hasta que el hexano dejó de extraer componentes de la muestra. Posteriormente, se dejó secar la planta triturada por un día para remover todo el hexano y poder someterla posteriormente a maceración ahora con acetato de etilo, repitiendo el procedimiento hasta agotar la materia extraíble. Para comenzar el análisis de los componentes en el extracto de acetato de etilo se procedió primeramente a montar una cromatografía en columna, la cual se preparó utilizando gel de sílice con un tamaño de partícula de 70-230 mallas y como muestra 1 g del extracto de acetato de etilo de *Phoradendron carneum*. Se eluyó la cromatografía en columna iniciando con hexano y posteriormente mezclas hexano:AcOEt 9:1, 8:2, 7:3, y 6:4, terminando con un barrido de acetato de etilo y metanol. Durante el proceso se recopilaron fracciones, las cuales se analizaron por cromatografías en capa fina. El análisis de los compuestos se realizó por sus espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C.

RESULTADOS. El análisis de los espectros mostró la presencia de tres compuestos de tipo flavonoide, uno de los cuales presentó un esqueleto de tipo flavanona, y dos con un esqueleto de tipo flavanonol (Fig. 1). El análisis de los espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C, así como el análisis de

los espectros de dos dimensiones, mostró la presencia de la naringenina (**1**), aromadendrina (**2**) y un flavanonol con un sustituyente de tipo furanosa (**3**).
En los espectros de RMN de ^{1}H (Fig. 2), se observó la presencia de señales características de compuestos de tipo flavonoide.

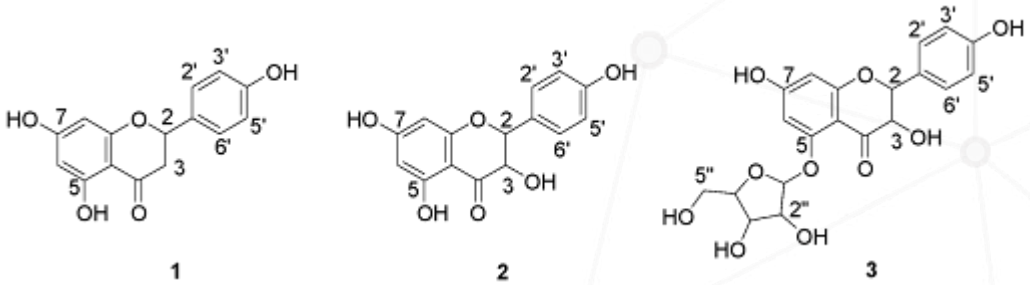


Figura 1 *Naringenina (**1**), aromadendrina (**2**) y flavanonol (**3**).*

De la misma manera en el espectro de RMN de ^{13}C, se observaron las señales de los carbonos presentes dentro de la molécula, destacando las señales de los carbonilos en 196.8, 198.4 y 191.8 ppm para los compuestos **1**, **2** y **3** respectivamente, así como las señales de los carbonos 2´,6´ y 3´,5´ en 128.8 y 115.6, 129.9 y 115.4 y 129.8 y 115.4 ppm para cada compuesto.



Figura 2 *Espectro de RMN de ^{1}H de naringenina **(1)** (rojo), aromadendrina **(2)** (verde) y el flavanonol **(3)** (azul) (600 MHz, DMSO)*

Con ayuda de los experimentos en COSY, HSQC y HMBC se realizó la asignación inequívoca de las señales y se propusieron las estructuras anteriores, cuyos datos se encuentran en la tabla siguiente.

	1				2				3			
#	**δ 13C**	**δ 1H**	**COSY**	**HMBC**	**δ 13C**	**δ 1H**	**COSY**	**HMBC**	**δ 13C**	**δ 1H**	**COSY**	**HMBC**
2	78.9	5.45	3a	4, 2', 6', 9	83.4	5.05	3	4, 2', 6', 1', 3	82.8	5.00	3	4, 2', 6', 1', 3

3a	42.4	3.26	2, 3b	4, 1', 2	71.9	4.59	2, OH	4, 1', 2	73.1	4.36	2	4, 1', 2
3b	42.4	2.68	3a	10, 4		-	-	-		-	-	-
4	196.8	-	-	-	198.4	-	-	-	191.8	-	-	-
5	163.9	-	-	-	163.8	-	-	-	159.8	-	-	-
6	96.2	5.89	8	7, 5, 10, 8	96.5	5.92	8	5, 10, 8	97.7	6.02	8	7, 9, 10, 8
7	167.1	-	-	-	167.3	-	-	-	165.3	-	-	-
8	95.4	5.89	6	9, 10	95.5	5.87	6	9, 10, 6	97.9	6.29	6	7, 5, 10, 8
9	163.4	-	-	-	163.1	-	-	-	164.1	-	-	-
10	102.2	-	-	-	100.9	-	-	-	103.8	-	-	-
1'	129.3	-	-	-	128.0	-	-	-	128.1	-	-	-
2', 6'	128.8	7.32	3', 5'	4', 2	129.9	7.31	3', 5'	4', 2	129.8	7.31	3', 5'	4', 2
3', 5'	115.6	6.81	2', 6'	4', 1'	115.4	6.80	2', 6'	4', 1'	115.4	6.78	2', 6'	4', 1'
4'	158.1	-	-	-	158.2	-	-	-	158.1	-	-	-
1''	-	-	-	-	-	-	-	-	101.8	4.94	2''	5, 5''
2''	-	-	-	-	-	-	-	-	72.7	3.41	1'', 3''	1'', 3''
3''	-	-	-	-	-	-	-	-	75.0	3.33	2'', 3''	4'', 2'', 3'', 1''
4''	-	-	-	-	-	-	-	-	69.6	3.45	3'', 5''a, 5''b	5''
5''	-	-	-	-	-	-	-	-	65.5	3.84	4''	1'', 3'', 4''
	-	-	-	-	-	-	-	-		3.34	4''	4'', 2'', 3'', 1''

Tabla 1. *Correlaciones H-H y H-C de los experimentos COSY y HMBC de 1, 2 y 3.*

CONCLUSIONES. Del extracto de acetato de etilo se aislaron tres compuestos mayoritarios de gran interés presentes en el muérdago *Phoradendron carneum*, de los cuáles se obtuvieron sus espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C, cuyos patrones de señales sugirieron la presencia de compuestos de tipo flavonoide. El análisis de sus espectros de RMN en dos dimensiones mostró que se trataba de la naringenina (1), aromadendrina (2) y el favanonol (3) con un sustituyente de tipo furanosa.

REFERENCIAS.

1. Martínez-Flórez, S.; González-Gallego, J.; Culebras, J. M., Y Tuñón, M. J. (2002). Los Flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hops*., 17(6), 271-278.
2. Endara, A. & Rosas, M. (2023). Estrategias de manejo y control de plantas parásitas. Primera edición. CONAFOR-CONAHCYT. ISBN: 978-607-99873-1-2. 62pp.
3. Julio C. Ontiveros-Rodríguez, Fernando Uriel Rojas-Rojas, Angel Josabad Alonso-Castro, Anuar Salazar-Gómez. American mistletoes as a promising source of bioactive compounds. En: Atta-ur Rahman (Ed.), *Studies in Natural Products Chemistry.* 2023; 78:237-253.
4. Ochoa, Z. (2021). Fitoquímica y actividades biológicas de frutos de muérdago (*Psittacanthus calyculatus*). Tesis. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán. Jiquilpan, Michoacán. 64pp.
5. Sánchez, A. (2017). Aplicaciones medicinales de los muérdagos. Tesis. Universidad Complutense. Madrid, España. 20pp.
6. Plata, S. (2018). Identificación de compuestos citotóxicos en extractos de *Struthanthus deppeanus*. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. 132pp.
7. Romero, D. (2016). Evaluación de la actividad citotóxica de extractos de *Struthanthus deppeanus.* Tesis. Instituto Politécnico Nacional. 103pp.
8. B.G. Varela, T. Fernández, R.A. Ricco, P.C. Zolezzi, S.E. Hajos, A.A. Gurni, E. Alvarez,
9. M.L. Wagner, *Phoradendron liga* (Gill. ex H. et A.) Eichl. (Viscaceae) used in folk medicine: anatomical, phytochemical, and immunochemical studies, *J. Ethnopharmacol*. 94 (1) (2004) 109e116.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624118

IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE COMPUESTOS NITROGENADOS PRESENTES EN EL EXTRACTO METANÓLICO DE RAÍZ DE *CEANOTHUS CAERULEUS*

Mario Sebastian Yañez Espinoza, José L. Salvador-Hernández, Julio C. Ontiveros-Rodríguez, Judit A. Aviña-Verduzco, Ramón Guzmán-Mejía, Hugo A. García-Gutiérrez*.
*Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. *hgarcia@umich.mx*

Palabras Clave: *Ceanothus*, extracto, hidrólisis.

RESUMEN. El género *Ceanothus* perteneciente a la familia Rhamnaceae, está agrupado en alrededor de 55 especies y conformado por arbustos o raramente árboles pequeños, que presentan ramas espinosas, flores pequeñas de color azul, violeta o blancas, dispuestas a manera de racimos terminales. *Ceanothus caeruleus*, es un arbusto o árbol pequeño de flores usualmente azules. Dentro de la medicina tradicional la raíz es utilizada para el tratamiento de algunas enfermedades venéreas y comúnmente se le conoce como “chaquira”, “chaquirilla”, “vara cueruda”, entre otros.

En el presente trabajo se realizó la colecta de la planta *Ceanothus caeruleus*. De la raíz se obtuvieron los extractos mediante reflujo utilizando hexano, diclorometano, acetato de etilo y metanol. Al extracto metanólico se le realizó reacciones de hidrólisis ácida utilizando diferentes reactivos como; ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, con y sin zinc, el crudo de reacción se alcalinizo a pH de 10 con hidróxido de sodio y se extrajo con diclorometano y cloroformo para obtener crudos con posibles compuestos nitrogenados, obteniendo así los crudo de reacción; de 603.3 g de extracto metanólico se obtuvieron 0.3905 g de crudo de reacción, el cual, se purifico mediante cromatografía en columna abierta utilizando sílica gel 230-400 malla y mezclas de solventes en orden ascendente de polaridad (hexanos, diclorometano, cloroformo, acetato de etilo, acetona y metanol), la presencia de los compuestos se monitorio por medio de cromatografía en capa fina, utilizando luz UV para observar las placas y el uso de agentes reveladores como el sulfato cérico amoniacal y reactivo de Dragendorff, para posteriormente interpretar los resultados con ayuda de Resonancia Magnética Nuclear en 1D y 2D.

INTRODUCCIÓN. Las sustancias que el hombre ha obtenido de las plantas a lo largo de su historia con algún fin diferente al alimentario, se consideran productos del metabolismo secundario. Los metabolitos secundarios con frecuencia tienen color, olor, sabor y actividad biológica y son especialmente abundantes en organismos que carecen de un sistema inmunológico, este tipo de metabolitos en un principio se pensó que eran productos de desecho porque no participan de manera directa en los procesos de crecimiento, desarrollo o reproducción de las plantas, se consideró que no eran indispensables para la supervivencia del ser vivo. Actualmente se conoce que protegen a las plantas de enfermedades, atraen a los polinizadores, entre otras funciones. Dentro de los metabolitos secundarios existe un numeroso grupo de compuestos nitrogenados no proteicos. Estos son: alcaloides, aminas, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos, cofactores, fitohormonas, entre otros. Por su abundancia, sus efectos y sus

aplicaciones los de mayor relevancia son los alcaloides, se encuentran aproximadamente en el 20% de las especies de plantas. Su papel es la defensa de las especies vegetales contra herbívoros y patógenos. Por su actividad biológica, muchos de los 12,000 alcaloides conocidos hasta el año 2015 se han usado como fármacos, estimulantes y narcóticos. Para el año 2017 el número de alcaloides aumentó a 15,000.[1]

ANTECEDENTES. El género *Ceanothus* perteneciente a la familia Rhamnaceae, están agrupadas alrededor de 55 especies y conformado por arbustos o raramente árboles pequeños, que presentan ramas espinosas, flores pequeñas de color azul, violeta o blancas, dispuestas a manera de racimos terminales. *Ceanothus caeruleus*, es la especie del género *Ceanothus* más ampliamente distribuida en México, se encuentra con frecuencia y abundancia, por lo que no tiene problemas de supervivencia; es un arbusto o árbol pequeño de 0.5 a 7.5 m de alto, con flores de un color azul oscuro o azul pálido. Dentro de la medicina tradicional la raíz es utilizada para el tratamiento de algunas enfermedades venéreas y comúnmente se le conoce como “chaquira”, “chaquirilla”, “vara cueruda”, “vara colorada”, “sayolistle” entre otros (Fig.1).[2] Esta especie habita en el bosque de pino, bosque de encino y vegetación secundaria derivada, se encuentra dentro de una altitud de 1800 a 3200 msnm y florece de diciembre a mayo.[3,4]
En plantas del género *Ceanothus*, como lo es *Ceanothus americanus* se ha demostrado la presencia de compuestos nitrogenados de tipo alcaloide los cuales pueden tener gran potencial para diversas aplicaciones médicas.



Figura 1 *Fotografía de Ceanothus caeruleus.*



Figura 2 *Fotografías de raíz triturada y extracto metanólico de raíz de Ceanothus caeruleus.*

OBJETIVO. Obtener compuestos nitrogenados presentes en el extracto metanólico de la raíz de *Ceanothus caeruleus* mediante reacciones de hidrólisis ácida, para posteriormente purificar por medio de cromatografía en columna abierta los compuestos obtenidos para así mismo poder identificarlos con ayuda de Resonancia Magnética Nuclear en 1D y 2D.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la primera hidrólisis ácida de extracto metanólico de raíz se utilizaron 300 g de extracto y 700 mL ácido clorhídrico al 3%, utilizando agitación por 24 horas, posteriormente los crudos obtenidos de reacción se alcalinizaron a pH de 10 con 100 mL hidróxido de sodio al 15%, se filtró y se extrajo utilizando 475 mL de diclorometano (3 extracciones utilizando 125 mL en cada una) y se lavó con 125 mL de agua, el disolvente se recuperó con ayuda del rotavapor, para así obtener un crudo de 0.2249 g de reacción con posibles compuestos nitrogenados. En una segunda hidrólisis los cambios en comparación de la primera fue la cantidad de extracto metanólico 303.3 g, se utilizó 1 L de ácido clorhídrico al 2%, 100 g de zinc el cual se agregó previo a la agitación en baño de hielo, 250 mL de hidróxido de sodio al 15%, 500 mL de cloroformo (3 extracciones utilizando 100 mL en cada una y 200 mL para las aguas madres) y se lavó con 200 mL de agua, obteniendo un crudo de 0.1656 g.



Figura 3. *Fotografías de proceso de agitación de la hidrólisis ácida del extracto y extracción con diclorometano.*

De los 603.3 g de extracto metanólico de raíz utilizados en las dos primeras hidrólisis ácidas con ácido clorhídrico se obtuvieron 0.3905 g de crudo de extracción, el cual se purifico mediante cromatografía en columna abierta utilizando sílica gel 230-400 mallas, alúmina neutra y básica 70- 230 mallas, utilizando mezclas de disolventes en orden ascendente de polaridad (hexanos, diclorometano, cloroformo, acetato de etilo, acetona y metanol), así mismo como el uso de cromatofolios para purificar fracciones enriquecidas del crudo, la presencia de los compuestos así como su pureza se monitorio por medio de cromatografía en capa fina utilizando luz UV para observar las placas cromatográficas y el uso de agentes reveladores como el sulfato cérico amoniacal y reactivo de Dragendorff.

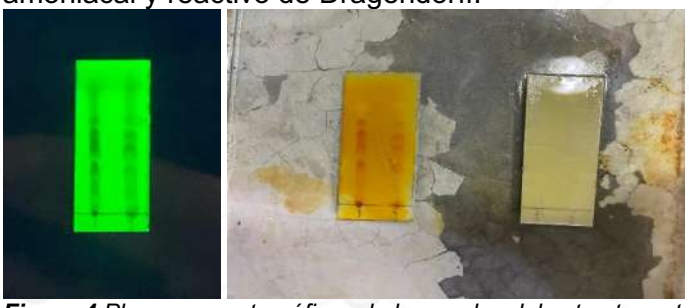


Figura 4 *Placas cromatográficas de los crudos del extracto metanólico observadas en luz ultravioleta y reveladas con reactivo de Dragendorff y sulfato cérico amoniacal.*

Posteriormente, se realizó una tercera hidrólisis ácida utilizando 180.5 g de extracto metanólico, con 500 mL de ácido sulfúrico 2 *N*, adicionando 10 g de zinc en baño de hielo y se dejó en agitación por 4 horas. Se basificó con solución de hidróxido de sodio al 15% hasta pH de 10, se filtró, se extrajo con cloroformo 3 veces (125 mL en cada ocasión, se lavo la fase orgánica con

200 mL de agua y posteriormente el disolvente se recuperó en rotavapor obteniendo un crudo de reacción de 0.0678 g.

RESULTADOS. Se obtuvieron mezclas de compuestos nitrogenados diversos en pequeñas cantidades que rondan entre 7.3 a 11.1 mg, identificados en cromatografía en capa fina con ayuda del reactivo de Dragendorff, las mezclas de estos compuestos tienden a presentar como característica física ser polvos blanquecinos en su mayoría, acompañados de compuestos de color amarillo y rojizo. Debido a que se continua con el proceso de aislamiento no es posible en este momento contar con el análisis por Resonancia Magnética Nuclear en 1D y 2D, lo cual es una perspectiva a corto plazo.



Figura 5. *Compuestos obtenidos tras purificaciones en columna abierta del crudo perteneciente a las dos primeras hidrólisis ácidas.*

CONCLUSIONES. Mediante la presente investigación se realizó la extracción de compuestos nitrogenados por medio de hidrolisis ácidas realizadas al extracto metanólico de raíz de *Ceanothus caeruleus*, realizando purificaciones con distintos reactivos y métodos sin lograr el enriquecimiento de los compuestos; debido a no se ha podido purificar en su totalidad esta mezcla no se puede determinar las moléculas presentes por medio Resonancia Magnética Nuclear en 1D y 2D, por lo cual es necesario implementar distintos métodos de purificación hasta la obtención de compuestos puros para su futura identificación.

REFERENCIAS.

1. Sánchez y García Figueroa, F.L. (2022). Fitoquímica. México: Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/2022/Publicaciones/libros/cbiologia/Fitoquimica.pdf.
2. Flores, E. (2019). Chaquira (*Ceanothus caeruleus*). https://mexico.inaturalist.org/photos/45184202.
3. Fernández Nava, R. (1996). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Rhamnaceae. México: Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Instituto Politécnico Nacional. http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Rhamnaceae%2043.pdf.
4. Prado Villanueva, L. (2019). Obtención de ésteres del ácido ceanótico, un triterpeno tipo *nor*-lupano de *Ceanothus caeruleus*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624119

SÍNTESIS Y ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA SOBRE *MUCOR LUSITANICUS* DE DERIVADOS DE *N*-ACILHIDRAZONAS/ISATINAS-BENZOFURANO

Jorge Barajas Villanueva[1], Carlos Jesús Cortés García[1], Luis Chacón García[1], Víctor Meza Carmen[1], Viridiana Alejandre Castañeda[1], Camila Garibay Manríquez[1], Erik Díaz Cervantes[2].

1Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, C.P. 58030 Morelia, Michoacán, México.

2Departamento de Alimentos, Centro Interdisciplinario del Noreste, Universidad de Guanajuato, 37975 Tierra Blanca, Guanajuato, México.

Palabras Clave: Benzofurano, Mucormicosis, moléculas hibridas, Química Medicinal *Mucor lusitanicus*

RESUMEN. La síntesis de moléculas híbridas con un alto grado de funcionalización es de relevancia biológica y de gran interés para la química medicinal. Actualmente la farmacorresistencia es un problema de salud mundial por lo que un reto para los químicos sintéticos es desarrollar estrategias sintéticas que permitan acceder a quimiotecas de heterociclos de una manera simple y eficiente. Así, este trabajo describe una estrategia de síntesis para la obtención de un nuevo sistema con base al núcleo del benzofurano en tres etapas de reacción. La primera etapa consistió en una reacción de aminación reductiva, benzaldehídos para obtener las aminas secundarias **3a-3f**. En la segunda etapa de reacción se llevó a cabo una hidrazinólisis para la obtención de las hidrazidas **4a-4f** y en la última etapa se obtuvieron las isatinas-benzofurano **7a-7c** y *N*-acilhidrazonas **8d-8f** mediante una reacción de condensación de Schiff. Se evaluó la actividad antifúngica de los compuestos sintetizados en cinéticas de crecimiento aeróbico contra la cepa silvestre MU6363 de *M.* lusitanicus, donde se determinó la inhibición sobre la germinación de esporas y el crecimiento de la longitud de las hifas, obteniendo que existe efecto antifúngico por parte de los compuestos **7a** y **7c**. Por lo que este trabajo permitió abrir una nueva línea de investigación dentro de nuestro grupo de trabajo para explorar nuevos compuestos candidatos potenciales para el tratamiento de la mucormicosis.

INTRODUCCIÓN. Actualmente uno de los grandes problemas y amenazas para la salud mundial es la resistencia de fármacos a enfermedades como el cáncer, VIH, infecciones bacterianas e infecciones fúngicas, ocasionando que este tipo de enfermedades se encuentren dentro de las principales causas de muerte a nivel mundial. Como consecuencia a esta problemática, la Organización Mundial de la Salud en 2019 emitió una lista de las diez principales amenazas para la salud a nivel mundial (Cuáles Son Las 10 Principales Amenazas a La Salud En 2019., 2019) en donde destaca la resistencia a fármacos antifúngicos, antibióticos, anticancerígenos, y antivirales, causando al menos 700,000 muertes cada año alrededor del mundo. Por lo que, de no tomar las medidas adecuadas para enfrentar esta amenaza, se estima que para el año 2050 la cifra de muertes llegue a diez millones (La Resistencia Antimicrobiana Pone En Riesgo La Salud Mundial, 2021). En este contexto, el surgimiento de cepas resistentes a los tratamientos convencionales en enfermedades fúngicas como la mucormicosis resalta la importancia de seguir investigando y desarrollando soluciones efectivas, ya que hoy en día son escasos los fármacos

que se encuentran en el mercado para el tratamiento de enfermedades infecciosas y cada vez más ineficaces por la resistencia que van desarrollando los patógenos. La Organización Mundial de la Salud en el 2021 emitió una alerta epidemiológica dirigido a especialistas de la salud sobre la mucormicosis, una enfermedad infecciosa causada por hongos ambientales (Alerta Epidemiológica: Mucormicosis Asociada a La COVID-19 - 11 de Junio de 2021, 2021) y que, además, en el 2022, la Organización Mundial de la Salud situó a los mucorales dentro del grupo de alta prioridad clínica en la lista de Patógenos Fúngicos Prioritarios dada su resistencia a antifúngicos y a su capacidad de causar infecciones invasivas agudas. (World Health Organization, 2022).

Por lo tanto, uno de los retos actuales de los químicos orgánicos y medicinales es la síntesis de un nuevo arsenal de moléculas potencialmente bioactivas para tratar el problema de la farmacorresistencia. Para superar este reto, existe un concepto dentro de la química medicinal, que es la síntesis de moléculas bioactivas basadas en núcleos privilegiados (Varun, 2019; Yadav, 2014). Estos núcleos son aquellos que, al variar su funcionalidad química, también varían sus actividades biológicas, y, por lo tanto, tienen interacción con diversas dianas terapéuticas. Esto es de gran importancia debido a que sirven de punto de partida para el desarrollo de moléculas candidatas a fármacos, ya que más del 85% de los fármacos aprobados por la FDA tienen al menos un núcleo privilegiado **(**Vitaku, 2014). Por lo que es de gran interés explorar herramientas moleculares para el estudio de procesos biológicos y desarrollar estrategias de síntesis para la obtención rápida y eficiente de quimiotecas de compuestos altamente funcionales que contengan al menos uno o más núcleos privilegiados en su estructura, con un perfil farmacocinético y farmacodinámico atractivo para contrarrestar el fenómeno de la farmacorresistencia.

OBJETIVO. Sintetizar una serie de *bis* o *tris*-heterociclos con base al núcleo del benzofurano y evaluar su actividad biológica *in vitro* contra *Mucor lusitanicus. Objetivos específicos*: Sintetizar los compuestos isatina-benzofurano y benzofurano-N-acilhidrazonas mediante la reacción de condensación de Schiff usando como materia prima las hidrazidas benzofurano: Evaluar la actividad biológica in vitro de las moléculas objetivo 27a-c, 28d-f contra *M. lusitanicus.*

MATERIALES Y MÉTODOS. Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso. La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo y procedimiento de la evaluación biológica se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. La síntesis de los compuestos benzofurano-isatinas 7a-c y benzofurano-*N*-acilhidrazonas 8d-f se realizó en tres etapas de reacción y que se describe en el Esquema 1. Así, la primera etapa consistió en una reacción de aminación reductiva en la que el éster amino-benzofurano 1 reaccionó con derivados de benzaldehídos, generando aminas secundarias 3a-f con buenos rendimientos (Figura 1a). La segunda etapa de reacción consistió en una reacción de hidrazinólisis utilizando monohidrato de hidrazina, para obtener los precursores claves, las hidrazidas benzofurano 4a-f en rendimientos de moderados a buenos (Figura 1b). La tercera etapa consistió en una reacción de condensación de Schiff, donde reaccionó la amina primaria de las hidrazidas benzofurano 4a-f, con el componente carbonílico de la isatina, dando lugar a las isatinas benzofurano 7a-c en rendimientos de moderados a buenos (Figura 1c, ruta a). Asimismo, al emplear diferentes derivados de benzaldehído con diversas características

estereoelectrónica, se obtuvieron los compuestos benzofurano *N*-acilhidrazonas 8d-f en rendimientos de moderados a buenos (Figura 1c, ruta b). Es importante resaltar que en ninguna de estas etapas fue necesario el uso de columna cromatográfica.

La evaluación biológica de los compuestos sintetizados se realizó observando su efecto en el crecimiento de la cepa MU636 de *M. lusitanicus* en medios YPG al 2% de glucosa y YNB al 0.1% de glucosa sobre la germinación de las esporas y el crecimiento de las hifas del hongo en una incubadora en presencia de oxígeno, en la Gráfica 1 se muestra el efecto de los compuestos 7a y 7c, que tuvieron mayor actividad inhibiendo la germinación de las esporas entre un 20-45% y el crecimiento de la longitud de su hifa entre un 30-55% (Figura 2).

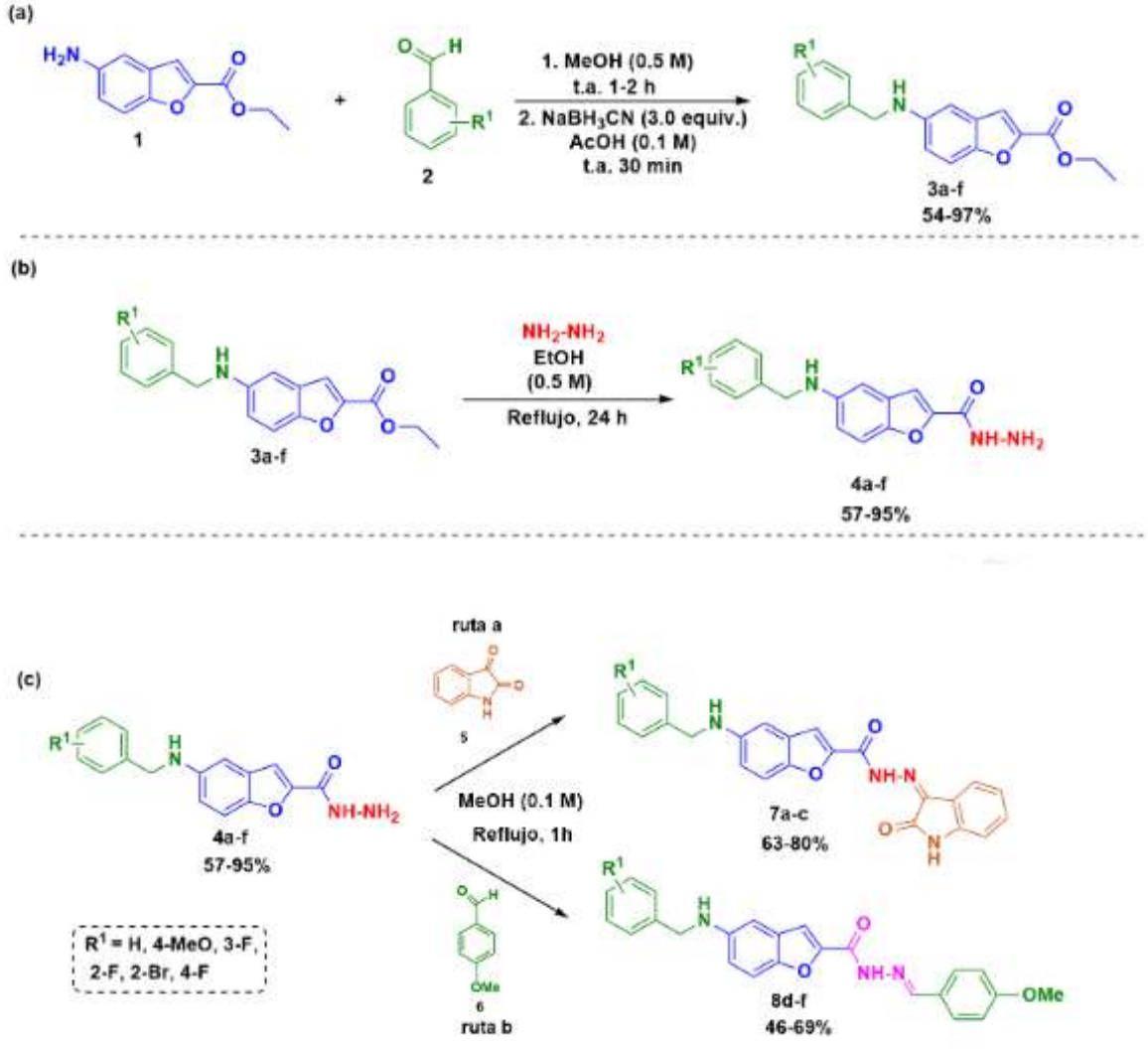


Figura 1 *Síntesis de los compuestos híbridos benzofurano-isatinas 8a-c y benzofurano-N-acilhidrazonas 9d-f vía una reacción de (a) aminación reductiva e (b) hidrazinólisis (c) condensación de Schiff.*

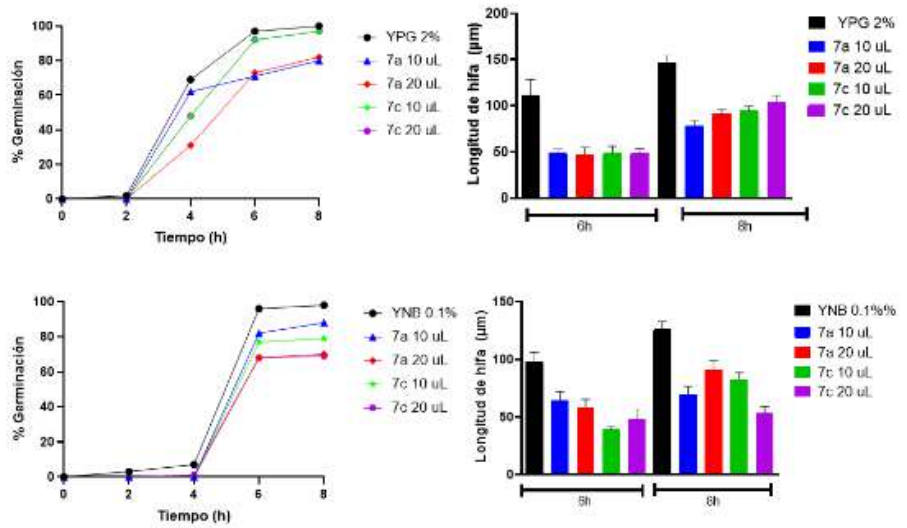


Figura 2 *Porcentaje de inhibición de los compuestos con mejor actividad biológica 39a y 39c sobre M. lusitanicus en medio de cultivo YPG 2% y medio mínimo YPG 0.1%*

CONCLUSIONES. Se desarrolló una estrategia de síntesis novedosa en tres etapas de reacción para la obtención de nuevas moléculas híbridas benzofurano-isatina 7a-c y N-acilhidrazona benzofurano 8d-f en rendimientos de moderados a buenos. Esta estrategia presenta simplicidad operacional y se lleva a cabo bajo condiciones suaves y sin el uso de cromatografía en columna. Por otro lado, con los ensayos para la evaluación biológica de los compuestos sobre el crecimiento del hongo, los compuestos isatina benzofurano **7a** y **7c** demostraron actividad antifúngica moderada hacia *M. lusitanicus*. Por lo que estos resultados previos, permitirán hacer mejoras estructurales alrededor del núcleo del benzofurano para la búsqueda un candidato idóneo a pruebas *in vivo*.

REFERENCIAS.

1. Sánchez y García Figueroa Cuáles son las 10 principales amenazas a la salud en 2019. Pan American Health Organization / World Health Organization https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14916:ten-threats-to-global-health-in-2019&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0 (consultado el 25 de Agosto de 2024)
2. La resistencia antimicrobiana pone en riesgo la salud mundial. Paho.org. https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2021-resistencia-antimicrobiana-pone-riesgo-salud-mundial (consultado el 25 de Agosto de 2024)
3. Alerta Epidemiológica: Mucormicosis asociada a la COVID-19 - 11 de junio de 2021. Paho.org. https://www.paho.org/es/documentos/alerta-epidemiologica-mucormicosis-asociada-covid-19-11-junio-2021 (consultado el 25 de Agosto de 2024)
4. Varun, Sonam, & Kakkar, R. (2019). Isatin and its derivatives: a survey of recent syntheses, reactions, and applications. *MedChemComm*, *10*(3), 351–368. https://doi.org/10.1039/c8md00585k
5. Yadav, P., Singh, P., & Tewari, A. K. (2014). Design, synthesis, docking and anti-inflammatory evaluation of novel series of benzofuran based prodrugs. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, *24*(10), 2251–2255. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.03.087
6. Vitaku, E., Smith, D. T., & Njardarson, J. T. (2014). Analysis of the structural diversity, substitution patterns, and frequency of nitrogen heterocycles among U.S. FDA approved pharmaceuticals. *Journal of medicinal chemistry*, *57*(24), 10257–10274. https://doi.org/10.1021/jm501100b

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624120

ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD DE UN SECO-ESTEROIDE DE DIOSGENINA FRENTE A CONDICIONES DE REDUCCIÓN

Mario Zendejas Ruiz, Juan Pablo García Merinos[1*], Yliana López Castro[1*], Janett Betzabe González Campos[1*], Nicole Joseline Alarcón Anaya[1*]

1Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Edificio B-1, Ciudad Universitaria, Morelia, Mich., C.P. 58030, México.

Pablo.merinos@umich.mx

Palabras Clave: seco-esteroide, esteroides, reductores, diosgenina, sapogeninas esteroidales

RESUMEN Las características estructurales interesantes y estereoquímica de los seco-esteroides han llevado al diseño y síntesis de nuevas entidades químicas como los heteroesteroides. En este sentido, una clase de heteroesteroides de gran importancia son los oxaesteroides, compuestos esteroidales que contienen oxígeno o varios átomos de este en las posiciones de C-1 a C-17 del ciclopentanofenantreno; debido a lo anterior en este trabajo se presentarán los resultados obtenidos a partir de la reducción con $LiAlH_4$ de un 5,6-seco-ácido de Diosgenina (fig. 1)

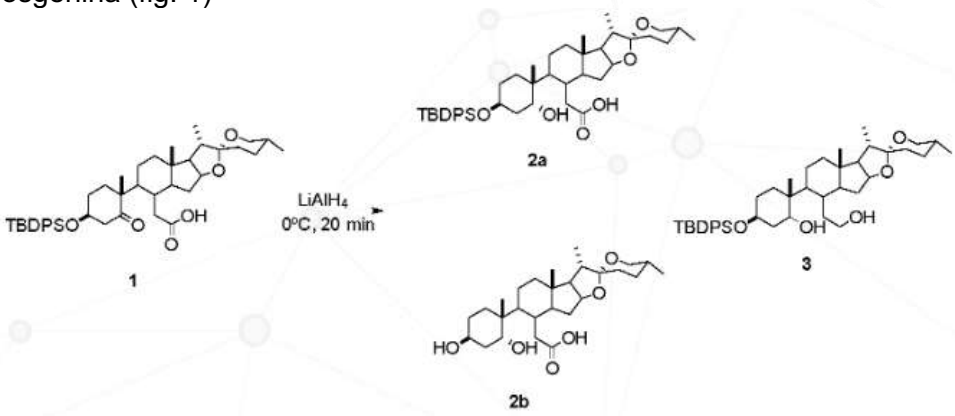


Figura 1 *Tratamiento reductivo con $LiAlH_4$*

INTRODUCCIÓN. El amplio campo de uso de estos compuestos fue la pauta para extenderse a áreas como la farmacéutica, además, de su aplicación en la química de materiales [1,2], promotores del crecimiento vegetal [3], marcadores tumorales [4], además de su uso como reactivos no organometálicos en reacciones de oxidación asimétrica [5]. El gran número de aplicaciones y la notable bioactividad de los esteroides ha conllevado al desarrollo de nuevas metodologías que implican la funcionalización del núcleo esteroideo con otras moléculas bioactivas [6,7]. Algunos esteroides de estructura interesante son los seco-esteroides, sintones de fácil acceso y de gran importancia por su uso como intermediarios clave para la síntesis de heteroesteroides [8-10]. Se ha descrito que estos compuestos también presentan actividad biológica (por ejemplo,

antiproliferativa, antiincrustante, antiinflamatoria, antimicrobiana, ictiotóxica y antiviral) [9].

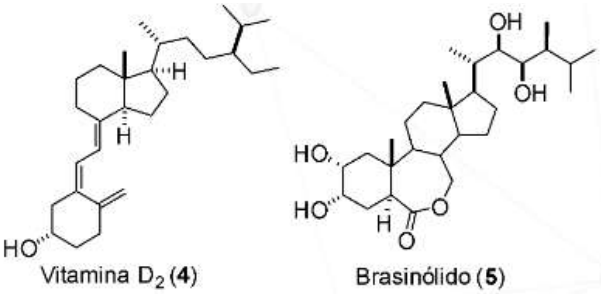
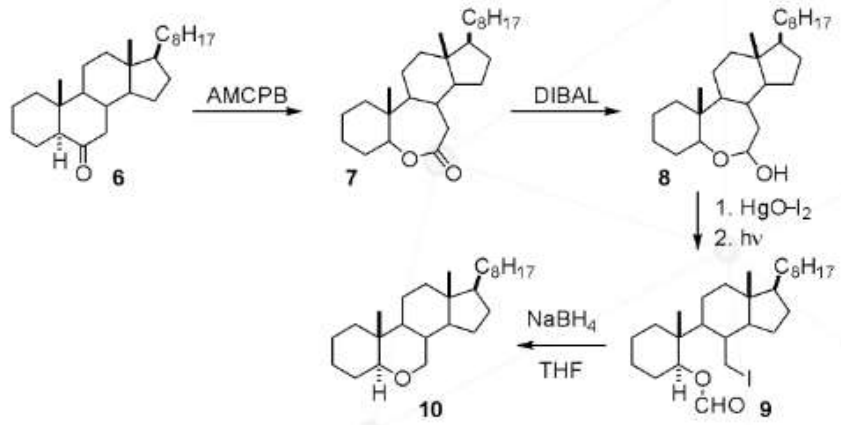


Figura 2 *Seco-esteroides con actividad biologica.*

ANTECEDENTES. Suginome y Yamada [11-12] sintetizaron el derivado 6-oxa-5*α*-colestano **10** (Esquema 3). La síntesis inició con la oxidación de 5*α*-colestan-6-ona **6** con AMCPB obteniendo el B-homo-6-oxa-5*α*-colestan-7-ona **7**. La reducción de la lactona **7** con DIBAL dio el lactol **8** que posteriormente se irradió en benceno conteniendo óxido de mercurio (II)-yodo y piridina en un recipiente de Pyrex con un arco de mercurio de alta presión de 100 W para producir el formiato 6-yodo-5,6- seco-B-nor-5*α*-colestan-5*β*-ol **9**. El calentamiento de **9** en THF que contenía $NaBH_4$ a reflujo dio el 6-oxa-5-colestano **10** (Esquema 1).



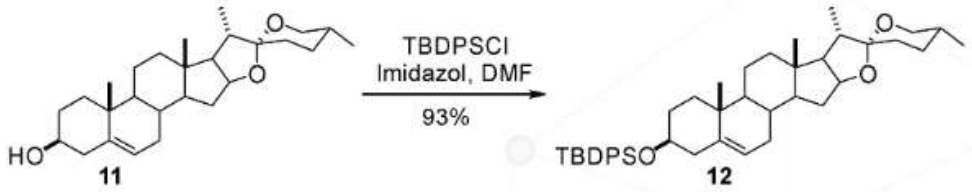
Esquema 1 *Síntesis del 6-oxaesteroide* ***33****.*

OBJETIVOS. Sintetizar el 5,6-secoesteroide **1** a partir de Diosgenina **11**.
Explorar la reactividad del 5,6-secoesteroide **1** hacia la obtención de oxaesteroides en diferentes condiciones de reacción. Caracterizar los nuevos compuestos mediante técnicas espectroscópicas, RMN, HRMS, EM e IR

MATERIALES Y MÉTODOS. Los espectros infrarrojos (IR) se determinaron en un espectrómetro Thermo Scientific Nicolet iS10 usando reflectancia total atenuada FT (v, cm^{-1}). Los puntos de fusión no corregidos se determinaron con un aparato Fisher-Johns. Los espectros de RMN (^1H, ^{13}C, DEPT, HSQC, COSY, y HMBC) se determinaron utilizando espectrofotómetros Varian Mercury Plus 400 y Jeol ECA 500. Los espectros de masas (MS) se obtuvieron a 70 eV con un espectrómetro Hewlett Packard modelo 5989B y Thermo Scientific Trace 1310 / ISQ LT. Los espectros de masas de alta resolución (HRMS) se adquirieron en un espectrómetro Agilent

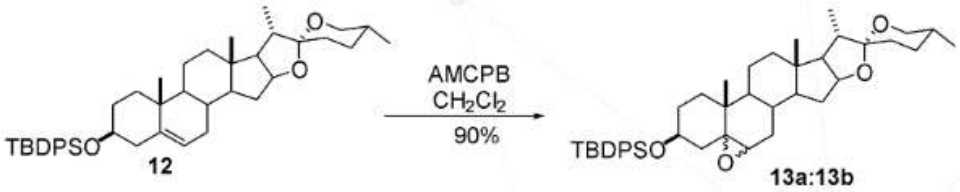
Technologies 1100 LC/MSD TOF mediante la técnica APCI-TOF (ionización química a presión atmosférica-tiempo de vuelo). Los productos se separaron por cromatografía en columna, rellenos con gel de sílice (malla 70-230).

RESULTADOS. El compuesto número **12** se obtuvo mediante el tratamiento de Diosgenina con TBDPSiCl en imidazol y DMF, la reacción se realizó a 70ºC durante 2 horas y 20 minutos. Después de realizar la extracción con DCM y purificado por cromatografía en columna se obtuvo el compuesto **12** en un rendimiento del 93%.



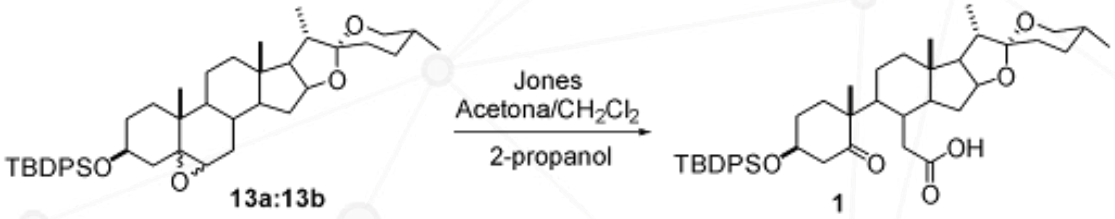
Esquema 2 *Reacción de protección de la Diosgenina 11 con TBDPSCl*

La preparación del compuesto **13** se realizó a partir de la oxidación con AMCPB de **12**. La reacción procede a temperatura ambiente durante un tiempo de 1 hora y a 50ºC. Después de la extracción del crudo y purificación en columna se obtuvo la mezcla de epóxidos *α* y *β* con un rendimiento del 90.36%.



Esquema 3 *Reacción de epoxidación de la Diosgenina protegida* ***12****.*

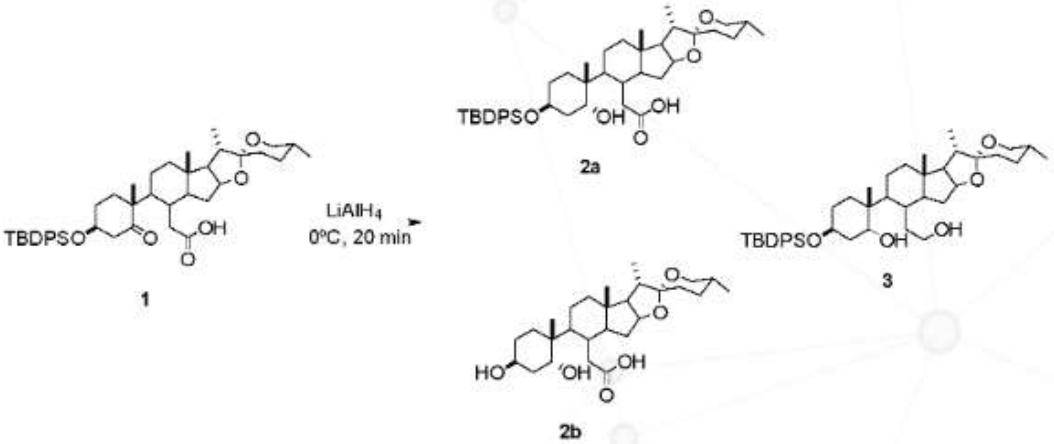
El seco-ácido se obtuvo a partir de la oxidación del compuesto **13** con el reactivo de Jones (2.3 eq. De CrO_3) y utilizando como disolvente una mezcla de acetona/CH_2Cl_2 (6:4.). El derivado **1** se obtiene en forma de laca transparente en un rendimiento del 7.46%, la obtención de **1** se confirmó por comparación de los datos de RMN de ^{1}H y ^{13}C descritos en la literatura.



Esquema 4 *Reacción de apertura del anillo B del epóxido de Diosgenina* ***13****.*

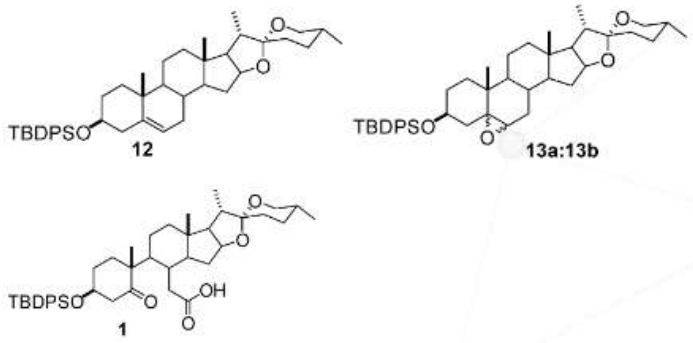
El primer ensayo de reducción del seco-ácido de Diosgenina **1** con $LiAlH_4$ se realizó siguiendo la metodología reportada por Pérez-Gómez C.O., [13] y variando únicamente el tiempo de 20 minutos a 24 horas, esto con el fin de identificar el consumo total de la materia prima. El seguimiento de la reacción se llevó a cabo mediante CCF en la que se observaron tres compuestos con factor de retención diferente al de la materia prima; una vez que se identificaron los productos por CCF, se procedió a realizar el segundo ensayo a una mayor escala, con la finalidad de obtener la cantidad de muestra suficiente para los análisis de RMN de 1D y 2D. Para

la segunda se exploró un tiempo de de 20 minutos de acuerdo a lo reportado Pérez-Gómez C.O. (Esquema 5), ya que en este lapso se observó nuevamente por CCF la formación de los compuestos identificados en el primer ensayo; la estructura asignada para los nuevos compuestos **2a, 2b** y **3** se realizó por comparación con los datos de RMN de ^{1}H descritos por Pérez-Gómez C.O. [13] y estos coinciden, sin embargo, aún se necesitan los resultados de la RMN de 2D para continuar con la asignación inequívoca de estas nuevas estructuras químicas.

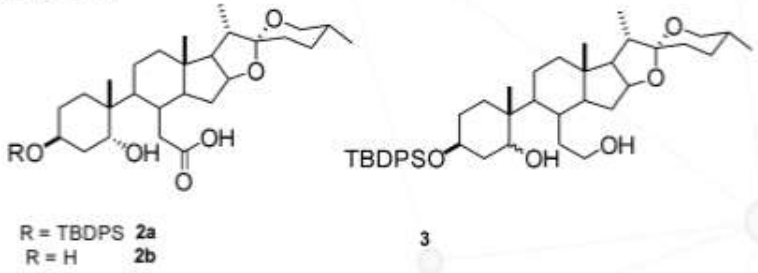


Esquema 5. *Reducción del seco-ácido* ***42*** *con* $LiAlH_4$

CONCLUSIONES. Mediante una secuencia de tres etapas se obtuvo el seco-esteroide espirostánico 1. La obtención de los compuestos 12, 13 y 1 se confirmó por comparación de los datos descritos en nuestro grupo de trabajo.



Siguiendo la metodología reportada [13] se llegó a la obtención de los tres compuestos **2a**, **2b**, **3** procedentes de la reducción del seco-ácido de Diosgenina **1**, para los cuales aún se trabaja en la determinación de los rendimientos de reacción y caracterización mediante la RMN de 2D.



Como perspectivas se continuará explorando condiciones de reducción del seco-ácido **1,** con la finalidad de observar si existe variación en la proporción y/o formación de los productos ya identificados; también se trabajará en la adquisición de la RMN de 2D con el objetivo de confirmar las propuestas estructurales.

REFERENCIAS.

1. R.K. Chhatra, A. Kumar, P.S. Pandey, Synthesis of a Bile Acid-Based Click-Macrocycle and Its Application in Selective Recognition of Chloride Ion, *J. Org. Chem.* 76 (21) (2011) 9086–9089, doi:10.1021/jo201161n
2. X. Bai, C. Barnes, R.A. Pascal, Jr.X. Chen, J.R. Días, Bile Acid-Based Cage Compounds with Lipophilic Outer Shells and Inner Cavities, *Org. Lett.* 13 (12) (2011) 3064–3067, doi:10.1021/ol200953h
3. S. Fujioka, A. Sakurai, Brassinosteroids, *Nat. Prod. Rep.* 14 (1997) 1–10, doi: 10.1039/NP9971400001
4. C.Y. Tsai, C.W. Li, J.R. Li, B.H. Jang, S.H. Chen, Steroid Probes Conjugated with Protein-Protected Gold Nanocluster: Specific and Rapid Fluorescence Imaging of Steroid Receptors in Target Cells, *J. Fluoresc.* 26 (4) (2016) 1239–1248, doi:10.1007/s10895-016-1811-6
5. R.E. del Río, B. Wang, S. Achab, L. Bohé, Highly Enantioselective Oxidation of Sulfides to Sulfoxides by a New Oxaziridinium Salt, *Org. Lett.* 9 (12) (2007) 2265–2268, doi:10.1021/ol0702573
6. C. Liu, J.S. Strobl, S. Bane, J.K. Schilling, M. McCracken, S.K. Chatterjee, R. Rahim-Bata, D.G.I. Kingston, Design, Synthesis, and Bioactivities of Steroid-Linked Taxol Analogues as Potential Targeted Drugs for Prostate and Breast Cancer, *J. Nat. Prod.* 67 (2) (2004) 152–159, doi:10.1021/np030296x
7. S. Sadler, K.S. Persons, G.B. Jones, R. Ray, Internalization of a C17α-alkynylestradiol-porphyrin conjugate into estrogen receptor positive MCF-7 breast cancer cells, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 21 (15) (2011) 4638–4641, doi:10.1016/j.bmcl.2011.05.094
8. A. Gupta, B. Sathish Kumar, A.S. Negi, Current status on development of steroids as anticancer agents. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 137 (2013) 242–270, doi:10.1016/j.jsbmb.2013.05.011
9. M.V. D'Auria, L. Minale, R. Riccio, Polyoxygenated steroids of marine origin. *Chem. Rev.* 93 (1993) 1839–1895, doi:10.1021/cr00021a010
10. K. Gasi, M. Sakac, S. Jovanovic-Santa, E. Djurendic, An Overview of Partial Synthesis and Transformations of Secosteroids. *Curr. Org. Chem.* 18 (2014) 216−259, doi:10.2174/1385272813176660147
11. H. Suginome, S. Yamada, Photoinduced transformations. A four-step substitution of a carbonyl group of steroidal ketones by an oxygen atom. A new method for the synthesis of cyclic ethers. *J. Org. Chem.* 50(14) (1985) 2489–2494, doi:10.1021/jo00214a016
12. H. Suginome, S. Yamada, Photoinduced transformations. Transformations of five- (and six-) membered cyclic alcohols into five- (and six-) membered cyclic ethers - a new method of a two - step transformation of hydroxy steroids into oxasteroids. *J. Org. Chem.* 49(20) (1984) 3753–3762, doi:10.1021/jo00194a015
13. Pérez-Gómez C. O., "Síntesis y caracterización estructural de nuevos hetero-esteroides a partir de sapogeninas espirostánicas". *Tesis de Doctorado, UMSNH*, 2022.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624121

SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA DEL TIPO *BIS*-PROPARGIL-PIRROL A PARTIR DEL 1,4-DIAMINOBENCENO

***Edgar Noé Hernández Álvarez*[1], *Dayana Pilar González Martín*[1], *Jessica Adzuira Perez Rangel*[1], *Luis Chacón García*[1], *Carlos Jesús Cortés García*[1* *]**

1Laboratorio de Diseño Molecular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, C.P. 58033 Morelia, Michoacán, México.; 1915341e@umich.mx, jesus.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Pirrol, Sustitución nucleofílica bimolecular, Clauson-Kass, sistemas bifuncionales

RESUMEN El pirrol es un heterociclo de cinco miembros aromático que se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza, fue aislado por primera vez a finales del siglo XIX y desde entonces ha sido encontrado en diferentes metabolitos secundarios encontrándose actividad biológica relevante, por lo que es clasificado como uno de los heterociclos nitrogenados de mayor relevancia biológico y farmacológico siendo considerado como estructura privilegiada de interés en química medicinal. Por lo que desarrollar nuevas estrategias sintéticas que presenten como núcleo base al pirrol es de gran interés para los químicos sintéticos y medicinales.
Por lo tanto, en este proyecto se presenta la síntesis de un precursor clave con base al núcleo del pirrol, el *bis*-propargil-pirrol en dos etapas de reacción. En la primera etapa se obtuvo el monopirrol vía reacción Clauson-Kass entre el 2,5-dimetoxitetrahidrofurano y el 1,4-diaminobenceno en un rendimiento del 60%. La segunda etapa consistió en una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular entre el bromuro de propargilo y la amina mono-pirrol, y que al variar los equivalentes del electrófilo se obtuvo en rendimiento del 47% el sistema mono-propargil-pirrol después de la purifiación por columna cromatográfica y 90% del *bis*-propargil-pirrol. Estos sistemas se están trabajando para la síntesis de híbridos pirrol-triazol y pirrol bis-triazol, y serán publicados posteriormente.

INTRODUCCIÓN. El pirrol, un heterociclo nitrogenado aromático de cinco miembros, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza[1]. Desde su aislamiento inicial a finales del siglo XIX, se ha identificado en diversos metabolitos secundarios con actividad biológica significativa y se ha incorporado como núcleo estructural en numerosos fármacos aprobados por la FDA, como la tolmetina **1**, sunitinib **2**, ketorolaco **3** y atorvastatina **4** (Figura 1)[2]. Este amplio rango de aplicaciones ha consolidado al pirrol como una estructura privilegiada en química medicinal, por lo que resulta de gran interés el desarrollar nuevas estrategias sintéticas en la obtención de quimiotecas altamente funcionalizadas que utilicen este núcleo como base estructural una manera simple, eficiente, en un mínimo de etapas y bajo condiciones suaves de reacción.

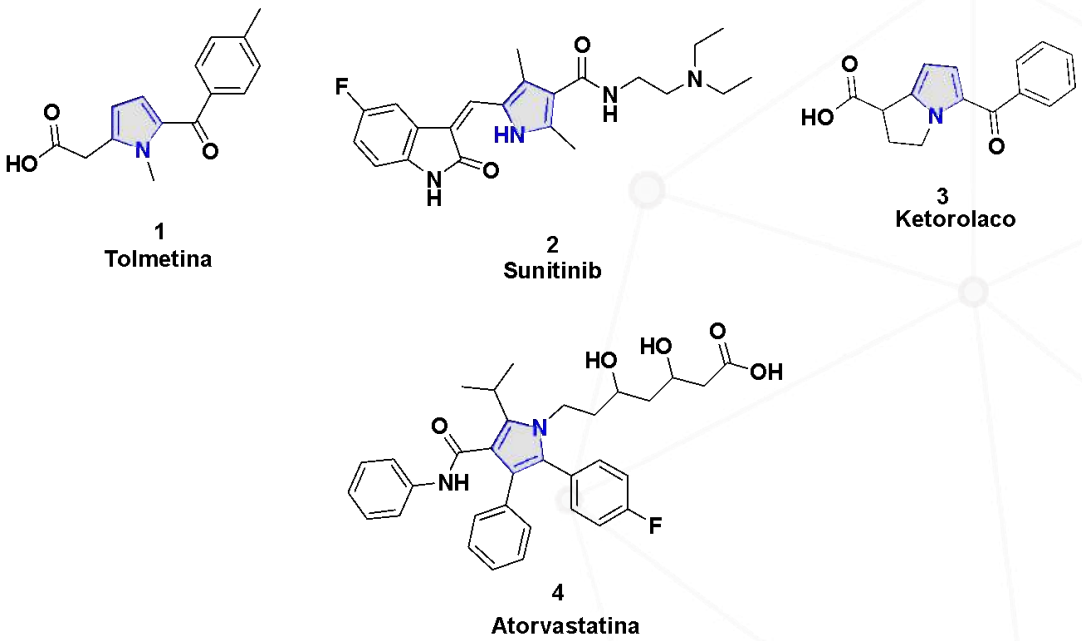


Figura 1 *Algunos fármacos aprobados por la FDA que contienen en su estructura base al anillo del pirrol*

Por lo tanto, en este proyecto se describe la síntesis de dos precursores clave con base al núcleo del pirrol, el mono-propargil-pirrol **9a** y el *bis*-propargil-pirrol **9b** en dos etapas de reacción a partir de la 1,4-diaminobenceno, en dos etapas de reacción: Clauson-Kaas y S_N2. La molécula objetivo servirá de plataforma sintética para la obtención de nuevos sistemas híbridos del tipo pirrol-indol, pirrol-triazol y pirrol-benzofurano.

OBJETIVOS. Explorar la reactividad del sistema *bis*-propargil-pirrol como plataforma sintética a la obtención de compuestos híbridos de interés en química medicinal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Sintetizar la amina mono-pirrol **7** mediante la reacción de Clauson-Kaas entre el 1,4-diaminobenceno **5** y el 2,5-dimetoxitetrahidrofurano **6**Sintetizar el mono-propargil-pirrol **9a** mediante una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular entre el bromuro de propargilo y la amina mono-pirrol **7**. Sintetizar el *bis*-propargil-pirrol **9b** mediante una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular entre el bromuro de propargilo y la amina mono-pirrol **7**. Sintetizar los bis-triazol-pirroles 11a-c vía reacción CuAAC

MATERIALES Y MÉTODOS. Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso. La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. Se llevó a cabo la síntesis de dos compuestos con base a sistemas propargílicos, el mono-propargil-pirrol **9a** y el *bis*-propargil-pirrol **9b** en dos etapas de reacción. La primera etapa involucró la síntesis de la materia prima clave, la amina mono-pirrol **7** a partir de una reacción de Clauson-Kaas entre el 1,4-diaminobenceno **5** y el 2,5-dimetoxitetrahidrofurano **6** utilizando agua

como disolvente y $ZnCl_2$ como catalizador ácido de Lewis, que permitió obtener el compuesto deseado en un rendimiento del 58%, a las 24 h de reacción. Es importante señalar que, si la reacción se prolonga más allá de las 24 horas, se forma predominantemente el *bis*-pirrol. La segunda etapa de reacción consistió en una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular entre el bromuro de propargilo y la amina mono-pirrol **7**. Al variar los equivalentes del electrófilo se obtuvieron tanto el mono-propargil-pirrol **9a** y el *bis*-propargil-pirrol **9b** en rendimientos de 46 y 85% respectivamente (Figura 2).

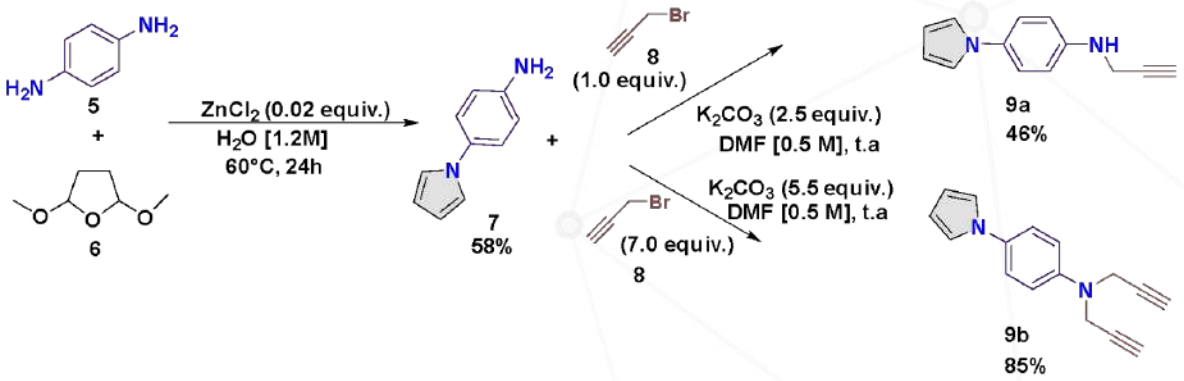


Figura 2 *Síntesis de los sistemas mono-propargil pirrol* ***9a*** *y bis-propargil pirrol* ***9b*** *en dos etapas de reacción: Clauson-Kaas y* S_N2.

Por lo tanto, para evaluar el potencial sintético de las moléculas objetivo, se exploró de manera preliminar la síntesis del sistema *bis*-1,2,3-triazol-pirrol mediante la reacción de cicloadición alquino-azida catalizada con cobre (CuAAC) con las fenilazidas **10** bajo las condiciones descritas por nuestro grupo de investigación[3] en rendimientos moderados (Figura 3). Estos sistemas poliheterocíclicos nitrogenados no han sido descritos en la literatura. Como perspectiva, se tiene terminar una serie de estos *bis*-triazoles, así como la síntesis de los mono-triazoles y evaluarlos tanto *in silico* como *in vitro* para explotar su potencial biológico.

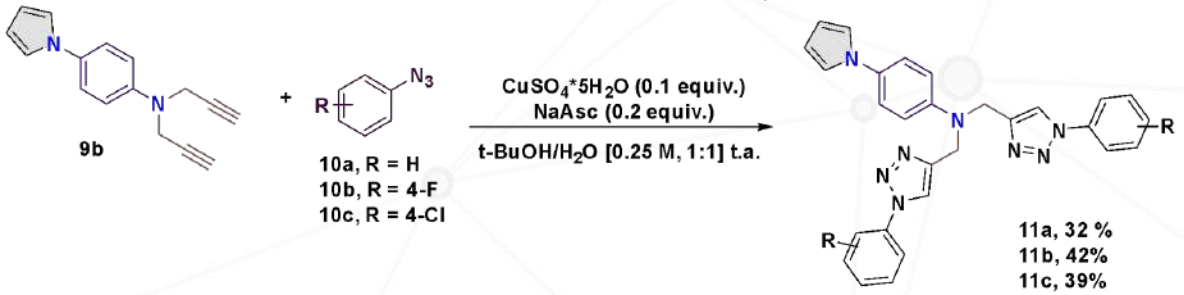


Figura 3 *Síntesis de los bis-triazol-pirroles* ***11a-c*** *vía reacción CuAAC*

CONCLUSIONES. Se estudiaron las condiciones óptimas de reacción para acceder a dos precursores bifuncionales del tipo mono-propargil y *bis*-propargil pirrol en dos etapas de reacción bajo condiciones suaves de reacción y un protocolo operacionalmente simple. A la fecha no han sido descrito este tipo de compuestos, por lo que se podrá acceder a una gran variedad de poliheterociclos de gran relevancia biológica con base al núcleo del pirrol. Para explorar el potencial sintético de las moléculas objetivo, se exploró de manera preliminar la síntesis del sistema *bis*-1,2,3-triazol 1,4-disustituido-pirrol vía una reacción CuAAC, obteniéndose tres ejemplos de estos compuestos en rendimientos moderados.

REFERENCIAS.

1. Petri, G. L., Spanò, V., Spatola, R., Holl, R., Raimondi, M. V., Barraja, P., & Montalbano, A. (2020). Bioactive pyrrole-based compounds with target selectivity. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *208*. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.112783
2. Wishart, D. S., Feunang, Y. D., Guo, A. C., Lo, E. J., Marcu, A., Grant, J. R., ... & Wilson, M. (2018). DrugBank 5.0: a major update to the DrugBank database for 2018. *Nucleic acids research*, *46*(D1), D1074-D1082. https://doi.org/10.1093/nar/gkj067
3. Aguilar-Morales, C. M., Araujo-Huitrado, J. G., López-Hernández, Y., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Granados-López, A. J., ... & Cortés-García, C. J. (2021). A one-pot six-component reaction for the synthesis of 1, 5-disubstituted tetrazol-1, 2, 3-triazole hybrids and their cytotoxic activity against the MCF-7 Cell Line. *Molecules*, *26*(20), 6104. https://doi.org/10.3390/molecules26206104.
4. (b) Aguilar-Morales, C. M., de Loera, D., Contreras-Celedón, C., Cortés-García, C. J., & Chacón-García, L. (2019). Synthesis of 1, 5-disubstituted tetrazole-1, 2, 3 triazoles hybrids via Ugi-azide/CuAAC. *Synthetic Communications*, *49*(16), 2086-2095. https://doi.org/10.1080/00397911.2019.1616301

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624123

IDENTIFICACIÓN POR RMN DE UNO DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DEL EXTRACTO HEXÁNICO DE FLORES DE *STEVIA MONARDIFOLIA*

Héctor Eduardo Jiménez-Sánchez[1], Concepción Armenta-Salinas[2], Hugo Alejandro García-Gutiérrez[2], Julio C. Ontiveros-Rodríguez[3]

1 Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH; 1630727e@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH; carmenta@umich.mx, hgarcia@umich.mx,

3 CONAHCYT-Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; julio.ontiveros@umich.mx

Palabras Clave: *Stevia*, sesquiterpenos, resonancia magnética nuclear

RESUMEN Las plantas del género *Stevia* son ricas en compuestos orgánicos de interés químico y biológico, por lo que es de interés analizar plantas de este género o partes de ellas que no han sido reportadas previamente. En algunas especies de *Stevia* se han identificado diversos compuestos orgánicos como: sesquiterpenos (bisabolenos, cariofilenos, germacranos, longipinenos), monoterpenos, diterpenos y triterpenos, así como también compuestos flavonoides. En el presente trabajo se identificó a uno de los metabolitos especializados más abundantes en el extracto hexánico de flores de *Stevia monardifolia*. Se obtuvo un precipitado consistiendo en cristales blancos directamente del extracto hexánico, los cuáles se filtraron y lavaron con hexano. Se tomó una alícuota que se analizó por sus espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C, COSY, HSQC y HMBC. También se determinó el punto de fusión. El análisis de los datos obtenidos por RMN en una y dos dimensiones reveló la presencia de una lactona sesquiterpénica de la familia de las germacranólidas conteniendo un epóxido y un sustituyente de tipo tigloilo.

INTRODUCCIÓN. Los compuestos orgánicos elaborados por los organismos vivos se dividen en dos grupos: los metabolitos primarios, que poseen una función esencial establecida en el organismo (carbohidratos, aminoácidos, lípidos, nucleótidos, etc.), y los metabolitos secundarios o ahora llamados metabolitos especializados, comúnmente llamados productos naturales, producidos por muchos organismos (plantas, insectos, bacterias, etc.), que tienen un papel secundario. Algunos metabolitos secundarios se producen en etapas específicas de crecimiento, periodos de estrés causados por limitaciones nutricionales o durante ataques de agentes externos. Otros, en cambio, desempeñan un papel esencial en la comunicación entre los organismos vivos. Aunque no siempre sea obvia la función de estos compuestos en los organismos que los producen, su interés ha crecido en los últimos años de forma exponencial debido al amplio espectro de actividades biológicas que presentan. En el presente trabajo se identificó a uno de los metabolitos especializados más abundantes en el extracto hexánico de flores de *Stevia monardifolia*.

ANTECEDENTES. El género *Stevia* es el tercero más diverso de la familia *Asteraceae* en México, con 116 especies, de las cuales 107 son endémicas del país (Villagómez-Flores et al., 2018). En la medicina tradicional mexicana, se ha reportado el uso de algunas especies de *Stevia* contra trastornos digestivos como indigestión o digestión lenta, infección intestinal y empacho o dolor de

estómago y diarrea; en estos últimos casos, se bebe la infusión de la raíz, las hojas y las flores junto con tabardillo. El Códice Florentino, en el siglo XVI relata que "*la yerba sirve para dolor de pecho y espalda, las hojas untadas junto con las ramas molidas son contra la sarna*". En el mismo siglo, Francisco Hernández señala que "*la raíz es de naturaleza refrescante y excelente para cortar las fiebres, su cocimiento resuelve admirablemente los humores que han penetrado en las articulaciones o en los nervios y calma cualesquiera dolores quitando su causa*". Para el siglo XX, la Sociedad Farmacéutica de México la refiere como antiartrálgico (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). Las plantas del género *Stevia* son ricas en compuestos orgánicos de interés químico y biológico, por lo que es de interés analizar plantas de este género, así como partes de ellas que no han sido reportadas previamente. En algunas especies de *Stevia* se han identificado diversos compuestos orgánicos como: sesquiterpenos (bisabolenos, cariofilenos, germacranos, longipinenos), monoterpenos, diterpenos y triterpenos, así como también compuestos flavonoides (Kinghorn, 2001). Por otro lado, las germacranolidas son compuestos con esqueleto de germacrano (anillo flexible (*E*,*E*)-ciclodeca-1(10),4-dieno) siendo este el más común y un anillo γ-lactona cerrado sobre las posiciones C-7/C-6 o C-7/C-8. Un número significativo de germacranolidas han demostrado poseer un amplio espectro de actividades biológicas, entre las que destacan la actividad anticancerígena, antiprotozoarica, antimicrobiana, producción de óxido nítrico, citotóxica, antineoplásica, entre otras más (Ruiz-Reyes y Suárez, 2015).

OBJETIVOS. Caracterizar uno de los componentes mayoritarios obtenidos del extracto hexánico de las flores de *Stevia monardifolia* por medio de sus espectros de RMN en una y dos dimensiones.

MATERIALES Y MÉTODOS. Caracterizar uno de los componentes mayoritarios obtenidos del extracto hexánico de las flores de *Stevia monardifolia* por medio de sus espectros de RMN en una y dos dimensiones.

RESULTADOS. En el espectro de RMN de protón (Fig.1) se observó la presencia de hidrógenos de probable naturaleza vinílica por las señales en 6.9 ppm y el conjunto de señales entre 5.4 y 5.2 ppm, así como la presencia de al menos cinco metilos, tres de ellos de vinílicos por el conjunto de señales observadas entre 1.8 y 1.9 ppm, además de uno de ellos unido a un CH por la señal doble (J = 7.8 Hz) en 1.13 ppm, y un metilo terciario por la señal simple en 1.09 ppm. En el espectro de RMN de carbono trece (Fig.2) se observaron 20 señales, de las cuales dos correspondieron a carbonilos de éster en 178.6 y 166.3 ppm. En el experimento HSQC se observó la presencia de cinco metilos en 20.0, 17.6, 14.8, 12.3 y 11.8 ppm por las correlaciones observadas con las señales en 1.09, 1.87, 1.85, 1.89 y 1.13 respectivamente con el espectro de ^{1}H. También, el experimento HSQC permitió la identificación de la presencia de tres metilenos por las correlaciones observadas para las señales en 43.0, 36.1 y 24.3 ppm, además de la presencia de cinco metinos para las señales en 74.8, 67.8, 67.0, 52.5 y 40.5 ppm, además de dos CH vinílicos en 128.5 y 125.4 ppm y tres carbonos cuaternarios en 142.3, 128.5, y 59.9 ppm. Con los espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C se identificó la presencia del grupo tigloilo por las señales características en δ 6.92 (qq, J = 7.0, 1.4 Hz, H-3´) y los metilos vinílicos H-4´ y H-5´ en 1.89 y 1.58 respectivamente, además por las señales en el espectro de RMN de carbono trece en como la señal de carbonilo en 166.3 ppm, las señales de los carbonos vinílicos en 139.1 (CH) y 128.5 (carbono cuaternario vinílico), así como los metilos en 14.8 y 12.3 ppm. Por otro lado, con el experimento HMBC se logró la identificación de la presencia de un anillo de γ-lactona conteniendo un metilo secundario con base en las correlaciones a dos y tres enlaces entre hidrógeno y

carbono, principalmente por las observadas entre la señal del metilo Me-13 (δ 1.13, d, *J* = 7.8 Hz) a dos enlaces con el carbono C-11 (δ 40.5) y a tres enlaces con la señal de carbonilo en δ 178.6 (C-12) y con la señal del carbono C-7 en 52.5 ppm. El acoplamiento escalar entre el metilo Me-13 y el hidrógeno metínico H-11 se confirmó con la correlación observada en el experimento COSY. Otras correlaciones observadas en el HMBC que fueron importantes para confirmar la presencia del anillo de γ-lactona fueron las observadas para el hidrógeno metínico H-11 con el carbono de carbonilo C-12 en 178.6 ppm, con C-7 (52.5 ppm) y con C-6 (74.8 ppm), cuyo desplazamiento químico sugirió que se trata del carbono que cierra el éster cíclico. Además, el experimento HMBC también permitió identificar la posición del grupo tigloilo por la correlación a tres enlaces a través del heteroátomo observada entre la señal asignada para el hidrógeno H-8 en 5.36 ppm con el carbono del carbonilo del tigloilo (166.3 ppm).

La presencia del macrociclo de diez miembros también se identificó con ayuda del experimento HMBC y con las correlaciones observadas en el COSY, que permitieron la identificación de los carbonos cuaternarios y la posición de los metilos. La posición del doble enlace dentro del macrociclo se identificó por la correlación a larga distancia entre el hidrógeno base del cierre de la lactona en 5.37 ppm con los carbonos vinílicos C-5 y C-4 en 125.4 y 142.3 ppm respectivamente. Así mismo, el metilo vinílico Me-14 en 1.87 ppm mostró correlaciones con C-4 (142.3 ppm), C-5 (125.4 ppm) y con el metileno C-3 (36.1 ppm). Esta última correlación permitió definir la posición de los dos metilenos en el macrociclo que de acuerdo con lo observado en el COSY se encontraban acoplados entre sí, de manera que las señales en el espectro de protón en 2.43 y 2.44 ppm, correspondientes a los hidrógenos H-3 y H-3´ mostraron acoplamientos escalares con las señales en 2.08 y 1.46 ppm, asignadas a H-2 y H-2´. A su vez, estas dos últimas señales del metileno en la posición C-2 (24.3 ppm) mostraron también una correlación en el COSY con la señal en 2.78 ppm, la cual a su vez mostró una correlación en el HSQC con la señal del carbono en 67.0 ppm, cuyo desplazamiento químico en el espectro de carbono trece sugirió que se trataba de un carbono base de oxígeno.

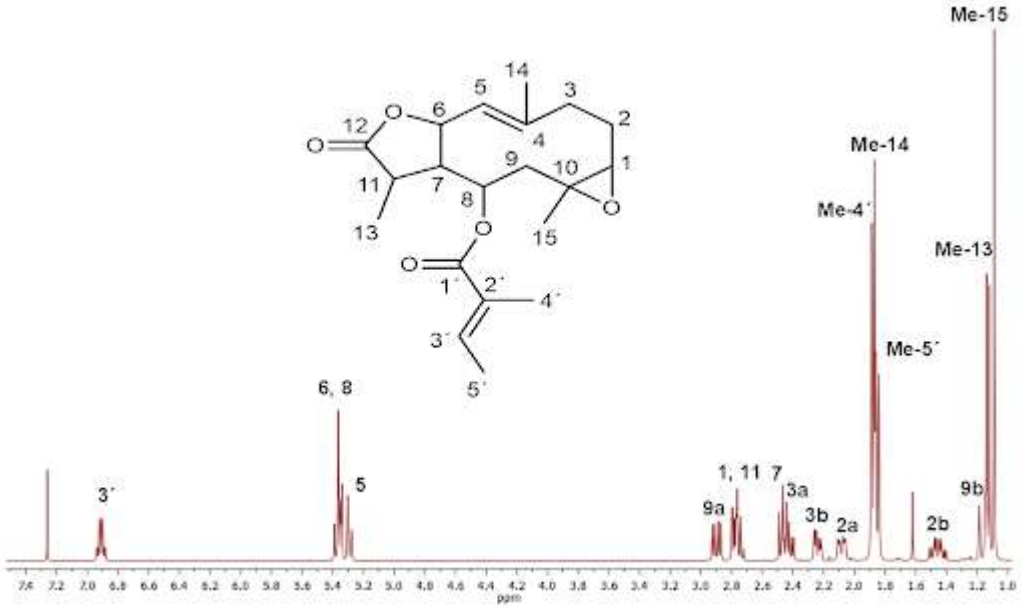


Figura 1 *Espectro de RMN de ^{1}H (400MHz, $CDCl_3$) de la lactona sesquiterpénica.*

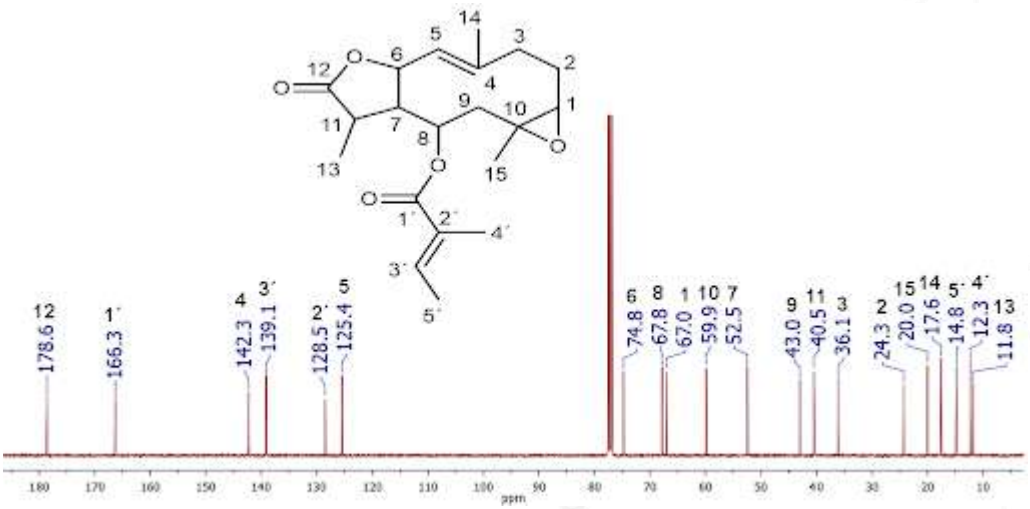


Figura 2 *Espectro de RMN de 13C (400MHz, $CDCl_3$) de la lactona sesquiterpénica.*

Por otro lado, las correlaciones observadas en el HMBC para el H-1 (2.78 ppm) con el carbono C-2 (24.3 ppm) y con el carbono C-3 (36.1 ppm) confirmaron las asignaciones realizadas previamente. Además, para este mismo H-1 se observaron correlaciones con el carbono cuaternario C-10 (59.9 ppm) y con el metileno C-9 (43.0 ppm). El desplazamiento químico del carbono cuaternario C-10 sugirió que también se trataba de un carbono base de oxígeno, por lo que se propuso que entre C-1 y C-10 se encontraba un epóxido. La posición del metilo terciario Me-15 (1.03 ppm) se logró también con base en las correlaciones observadas en el HMBC, las cuales fueron a dos enlaces con su carbono base C-10 (59.9 ppm), con C-1 (67.0 ppm) y con C-9 (43.0 ppm). La posición del metileno C-9 se confirmó con la multiplicidad de las señales en el espectro de protón como la observada para la señal en δ 2.90, (dd, J = 15.1, 6.9 Hz) que indicó un acoplamiento geminal y un acoplamiento vecinal, el cual se observó con la señal en 5.36 ppm, señal que se había asignado previamente al hidrógeno H-8 del carbono base del tigloilo. También, las correlaciones observadas en el HMBC para H-9 con C-8 (δ 67.8), con C-7 (δ 52.5), con C-10 (δ 59.9), con C-1 (δ 67.0) y con el metilo Me-15 (δ 20.0) confirmaron la posición para este metino. De esta forma, en combinación con experimentos de RMN de dos dimensiones se logró la elucidación estructural de la molécula, a pesar de los traslapes observados en el espectro de RMN de protón, que en cierta medida complicaron la elucidación de la estructura.

CONCLUSIONES. Una vez reunidos todos los datos espectrales se elucidó la estructura del metabolito mayoritario del extracto hexánico tratándose de una lactona sesquiterpénica de la familia de las germacranólidas conteniendo un epóxido y un sustituyente tigloilo, esta planta es una fuente rica y favorable para a la obtención de este compuestos orgánicos de interés biológico.

REFERENCIAS.

1. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (BDMTM). (2009). Chacal. 13/08/2024. http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=stevia-salicifolia.
2. Kinghorn, A.D. (Ed.). (2001). *Stevia: the genus Stevia*. CRC Press.
3. Ruiz-Reyes, E. Suarez, M. (2015). Lactonas sesquiterpénicas. Diversidad estructural y sus actividades biológicas. *Rev. CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 46, No. 1, pp. 9-24. Villagómez-Flores, E., Hinojosa-Espinosa, O., Villaseñor, J.L. (2018). El género *Stevia* (Eupatorieae, Asteraceae) en el estado de Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana*, (125), e1315.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624125

ESTUDIO DE LA CONVERGENCIA DEL PROCESO DE DISPERSIÓN DE LUZ POR LUZ EN EL CONTEXTO DEL MODELO ESTÁNDAR EN DIMENSIONES EXTRA

Oscar Vázquez Hernández[1], Javier Montaño Domínguez[2], Fernando Iguazú Ramírez Zavaleta[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; oscar.vazquez@umichl.com, 2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; j.montaño@hotmail.com, 3Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; iguazu.ramirez@umich.mx

Palabras Clave: Correcciones radiativas, Dimensiones Extra, Renormalización

RESUMEN En este trabajo se estudió la convergencia de la amplitud del proceso de dispersión de luz por luz en el contexto del Modelo Estándar en Dimensiones Extra. Esta extensión, además de tener los campos fermiónicos y bosónicos del Modelo estándar, contiene campos de Kaluza-Klein (KK) asociados a cada campo del Modelo Estándar. Se encuentra que la suma de la contribución de los campos de KK genera amplitudes de probabilidad divergentes debido a la suma de todos los modos excitados lo que se traduce en series no convergentes que pueden ser parametrizadas en términos de la Función Epstein n-Dimensional. Sin embargo, se encuentra que, para el proceso en 5 dimensiones, la amplitud de probabilidad de este proceso de dispersión es finita.

INTRODUCCIÓN. La teoría cuántica de campos surge de la unión de la mecánica cuántica con los principios de la relatividad especial. La estructura del espacio tiempo 4-dimensional está descrita por el grupo de transformaciones de Lorentz SO (1,3) y el grupo de las traslaciones T(1,3) que en conjunto constituyen el grupo de Poincaré. El éxito de la teoría cuántica de campos ha permitido el estudio de la naturaleza en regiones muy reducidas del espacio-tiempo. Todo esto se condensó en lo que hoy se denomina el Modelo Estándar (ME) el cual es la descripción más precisa de la naturaleza en sus interacciones fundamentales, las cuales, exceptuando gravedad, son la fuerza electromagnética, la fuerza débil y la fuerza fuerte. Si bien el ME ha conseguido justificar y predecir resultados y observables físicas de la naturaleza, aún existen problemas fundamentales que no pueden ser explicados por este modelo, como, por ejemplo, la masa de los neutrinos, asimetría bariónica, materia oscura, etc. En este sentido se han propuesto diversas extensiones del ME que tienen el propósito de explicar estos problemas; sin embargo, la mayoría propone extensiones ampliando los grupos de norma. En este trabajo se elije un enfoque diferente en el cual se trabaja una extensión, no en el grupo de norma, sino en el grupo de Poincaré, a través de la introducción de dimensiones extra compactas bajo el denominado Modelo Estándar en Dimensiones Extra (MEDE) (I. García-Jiménez, 2018). Se plantea el estudio de los efectos de este modelo en el proceso de dispersión de luz por luz $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$.

ANTECEDENTES. El desarrollo de la teoría cuántica de las interacciones electromagnéticas dio pie al estudio de fenómenos físicos de esta naturaleza que sólo son posibles a través de fluctuaciones cuánticas. Uno de estos fenómenos es el proceso de dispersión de luz por luz. Los primeros estudios sobre este proceso fueron abordados entre 1935 y 1936. Aunque, fue hasta

1994 que se calculó de manera analítica a un lazo la sección eficaz de este proceso en el contexto de la teoría electrodébil del ME. Sin embargo, fue hasta el año 2020 que la colaboración ATLAS del LHC (ATLAS Collaboration 2017) confirmó experimentalmente este proceso con una sección transversal fiducidal de $12017\text{syst}.13\text{syst}.4\text{lumi.nb}$ lo que excede en 1.7 las predicciones teóricas actuales. Los efectos de dimensión extra están caracterizados por el número de dimensiones y por la escala de compactificación R-1, donde R es el radio medio de las dimensiones extra compactas. Se espera que los efectos de dimensiones extra sean relevantes a energías mayores de la escala de compactificación.

OBJETIVOS. Estudiar la convergencia de la amplitud del proceso de dispersión de luz por luz considerando los efectos de campos de KK generados por la presencia de dimensiones extra compactas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este estudio se desarrolla en el contexto de teorías cuánticas de campo efectivas. La Lagrangiana de dicho modelo se encuentra dada por

$$\mathcal{L}_{4+n} = \mathcal{L}^{\mathrm{SM}}_{4+n}\left(\Phi_A(x,\bar{x}), \partial_M \Phi_A(x,\bar{x})\right) + \sum_{\mathbf{d}} \frac{\lambda_{\mathbf{d}}}{\Lambda^{\mathbf{d}}} \mathcal{L}^{(\mathrm{d}+\mathbf{d})}\left(\Phi_A(x,\bar{x}), \partial_M \Phi_A(x,\bar{x})\right)$$

Donde L^{SM}_{4+n} es una copia estructural de la lagrangiana del ME, pero definida en $4+\mathrm{D}$ dimensiones. Por ejemplo, la lagrangiana de Yang-Mills toma la siguiente forma

$$\mathcal{L}^{YM}_{d} = -\frac{1}{4}\mathcal{F}^{a}_{MN}(x,\bar{x})\mathcal{F}^{MN}_{a}(x,\bar{x}) \quad , \quad a = 1,\ldots,n^2-1 \quad , \quad N,M = 0,1,\ldots 4+n$$

Si bien el grupo de norma contiene el mismo número de conexiones debido a que no cambia el número de generadores, sí existen más campos de norma debido al aumento de las componentes de Lorentz. Para aterrizar una descripción 4+D dimensional a la perspectiva de 4 dimensiones, ya que es ahí donde se desarrollan los experimentos, se recurre a parametrizar los campos 4+D dimensionales en términos de campos en 4 dimensiones, posteriormente se procede a eliminar cualquier carácter dinámico de las dimensiones extra a través de la integración de estos modos en la acción clásica. Este proceso se encuentra con más detalle en (I. García-Jiménez, 2018). Este mecanismo, conocido como *compactificación* genera la aparición de nuevos campos masivos, conocidos como campos de KK. Por ejemplo, un campo asociado al bosón W, denominado como $W^{(m)\pm}_{\mu}$, tiene masa igual a

$$m^2_{W^{(m)}} = m^2_{W^{(0)}} + m^2_{(m)^2} \quad , \text{con} \quad , \quad m^2_{(m)^2} = \frac{(m_1)^2}{R_1^2} + \frac{(m_2)^2}{R_2^2} + \ldots \frac{(m_n)^2}{R_n^2}$$

donde Ri2 son los radios medios de las dimensiones extra compactas. Del MEDE nos interesan los acoplamientos entre los fotones y las partículas cargadas, los cuales están sintetizados en la Fig. 2.

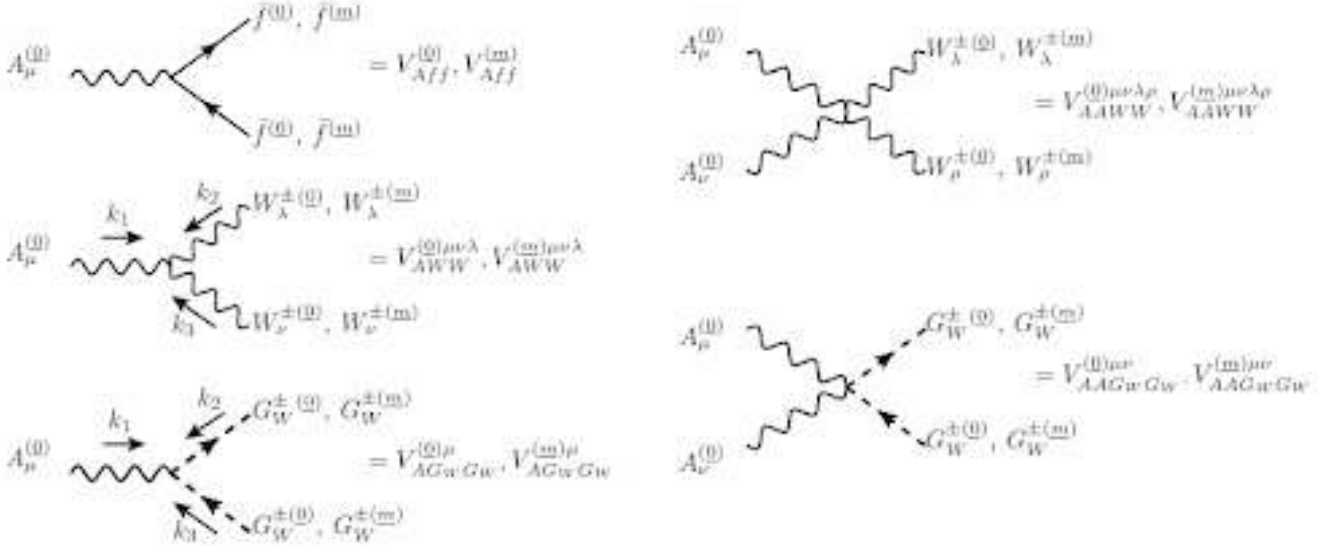


Figura 2 *Reglas de Feynman necesarias en el proceso.*

Donde se tienen las siguientes expresiones para los vértices de la Fig. 2:

$$
\begin{aligned}
V^{(0)}_{Aff} &= ieQ_f\gamma_\mu \\
V^{(m)}_{Aff} &= ieQ_f\gamma_\mu\delta_{ab} \\
V^{(0)\mu\nu\lambda}_{AWW} &= V^{(m)\mu\nu\lambda}_{AWW} = ie\left[g^{\mu\nu}\left(k_1^\lambda - k_2^\lambda - \frac{k_3^\lambda}{\xi}\right) + g^{\mu\lambda}\left(k_3^\nu - k_1^\nu + \frac{k_2^\nu}{\xi}\right) + \left(k_2^\mu - k_3^\mu\right)g^{\nu\lambda}\right], \\
V^{(0)\mu}_{AG_WG_W} &= V^{(m)\mu}_{AG_WG_W} = ie\left(k_1 - k_2\right)^\mu, \\
V^{(0)\mu\nu\lambda\rho}_{AAWW} &= V^{(m)\mu\nu\lambda\rho}_{AAWW} = -ie^2\left[2g^{\lambda\rho}g^{\mu\nu} - \left(1 - \frac{1}{\xi}\right)\left(g^{\lambda\nu}g^{\mu\rho} + g^{\lambda\mu}g^{\nu\rho}\right)\right], \\
V^{\mu\nu(0)}_{AAG_WG_W} &= V^{\mu\nu(m)}_{AAG_WG_W} = 2ie^2g^{\mu\nu}.
\end{aligned}
$$

RESULTADOS. La corrección a un lazo al proceso γγ→γγ en el contexto del MEDE, está dada por los siguientes diagramas:

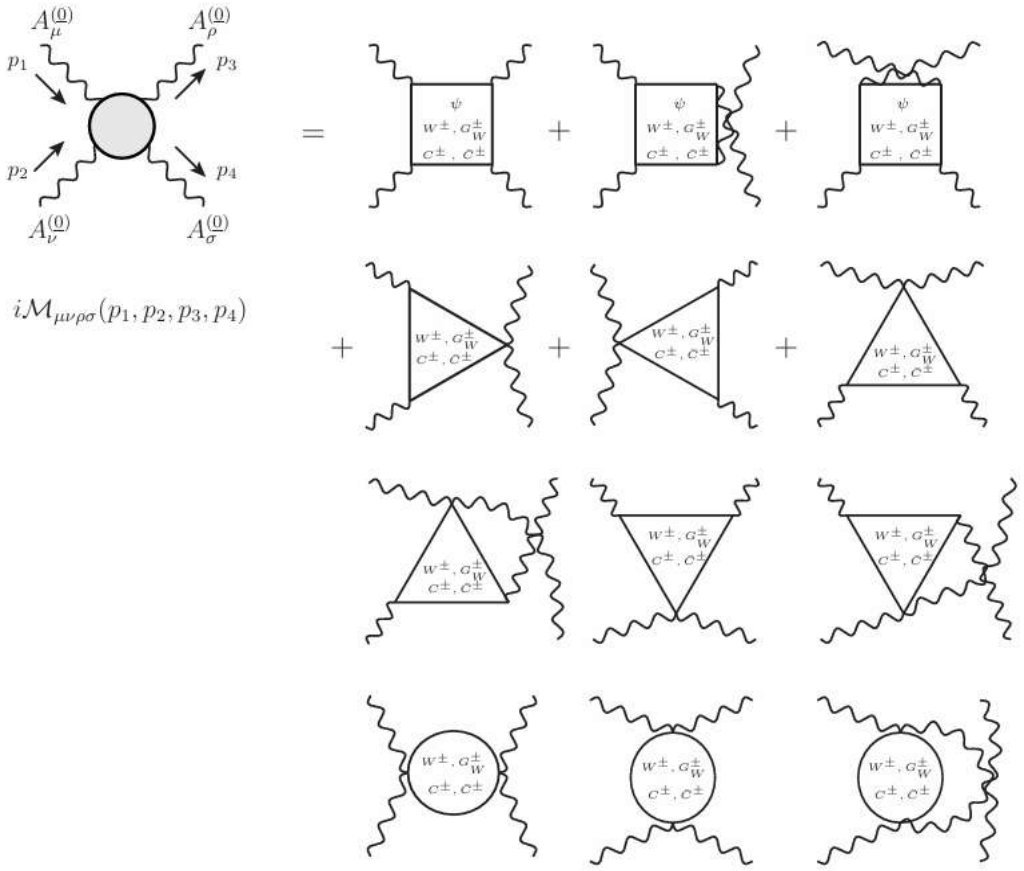


Figura 1 *Diagramas de un lazo involucrados en el proceso de dispersión γγ→γγ*

Dentro del lazo circulan los modos (0) que corresponden a las partículas cargadas del ME y también sus respectivas excitaciones de KK (m). Se encuentra que la amplitud tensorial se puede escribir como

$$\mathcal{M}_{\mu\nu\rho\sigma}(p_1,p_2,p_3,p_4) = \sum_{l,q,W} \mathcal{M}^{(0)}_{\mu\nu\rho\sigma}(p_1,p_2,p_3,p_4) + \sum_{l,q,W}\sum_{(\underline{m})} \mathcal{M}^{(\underline{m})}_{\mu\nu\rho\sigma}(p_1,p_2,p_3,p_4)$$

Donde, la primera parte de la amplitud es la contribución del ME en 4 dimensiones, y el segundo término es la contribución de los modos m. Se encuentra que ambas amplitudes tienen la misma estructura tensorial, con la única diferencia de que en la última las masas de las partículas son las correspondientes a los modos m, además de que, la amplitud asociada a lo fermiones (bosones cargados) va multiplicada por el factor $2\mathrm{n}2\ (2\mathrm{n})$, lo que corresponde al número de torres de KK, estos factores pueden ser interesantes para un número largo de dimensiones. Finalmente se determinaron las amplitudes en función de estados de polarización, al igual que en caso estándar, sólo existen 3 amplitudes de polarización independientes.

$$M^{++++}_{EDSM} = \sum_{p=l,q,W} M^{++++}_{p^{(\underline{0})}} + \sum_{p=l,q,W} \sum_{(\underline{m})} M^{++++}_{p^{(\underline{m})}} ,$$

$$M^{++--}_{EDSM} = \sum_{p=l,q,W} M^{++--}_{p^{(\underline{0})}} + \sum_{p=l,q,W} \sum_{(\underline{m})} M^{++--}_{p^{(\underline{m})}} ,$$

$$M^{+++-}_{EDSM} = \sum_{p=l,q,W} M^{+++-}_{p^{(\underline{0})}} + \sum_{p=l,q,W} \sum_{(\underline{m})} M^{+++-}_{p^{(\underline{m})}} ,$$

Se encuentra que las amplitudes anteriores dependen de las funciones de Passarino Veltman (PaVe) B0, C0 y D0. En 4 dimensiones la función B0 contiene divergencias ultravioletas (UV), mientras que las funciones C0 y D0 son finitas. Sin embargo, en este trabajo se encontró que en n-dimensiones, la funciones de PaVe con masas internas de KK son divergentes con: B0 conteniendo sólo divergencias UV de 4 dimensiones, mientras que, ahora C0 y D0 contienen divergencias asociadas a los modos de KK, estas funciones pueden ser parametrizadas en términos de la función de Epstein n-dimensional de la siguiente forma

$$\sum_{(\underline{m})} B_0(a, m^2_{p^{(\underline{m})}}) = \left(\frac{R^{-2}}{\mu^2}\right)^{-\epsilon} \Gamma(\epsilon) \int_0^1 \sum_{l=1}^{n} \binom{n}{l} E_l^{c^2_{b0}}(\epsilon) dx ,$$

$$\sum_{(\underline{m})} C_0(a, m^2_{p^{(\underline{m})}}) = -\frac{1}{2R^{-2}} \left(\frac{R^{-2}}{\mu^2}\right)^{-\epsilon} \int dV_{C_0}\, \Gamma(1+\epsilon) \sum_{l=1}^{n} \binom{n}{l} E_l^{c^2_{c_0}}(1+\epsilon) ,$$

$$\sum_{(\underline{m})} D_0(a, b, m^2_{p^{(\underline{m})}}) = \frac{1}{6R^{-4}} \left(\frac{R^{-2}}{\mu^2}\right)^{-\epsilon} \int dV_{D_0} \Gamma(2+\epsilon) \sum_{l=1}^{n} \binom{n}{l} \sum_{l=1}^{n} E_l^{c^2_{d0}}(2+\epsilon)$$

La función de Epstein n-dimensional está dada por

$$E_l^{c^2}(s) = \sum_{(k_1,k_2 \ldots k_l)=1}^{\infty} \frac{1}{[k_1^2 + k_2^2 + \ldots k_l^2 - c^2]^s}$$

En el límite $\epsilon \to 0$, se sabe que Elc2(0) converge a 0, con la función z de Riemann; por otro lado Elc2(1) diverge para l=2,3,...; finalmente Elc2(2) diverge para l=4,5,... por lo que se encuentra que el proceso de dispersión contiene divergencias de KK. Finalmente, se sabe que en el ME, este proceso no contiene divergencias UV de 4-dimensiones, por lo que se estudió si la inclusión de estos términos altera la finitud UV. Encontramos que la parte de la amplitud que contiene funciones B0 se puede escribir como diferencias de funciones B0 lo que deriva en términos de la siguiente forma:

$$\sum_{(\underline{m})} \left[B_0(a, m^2_{p^{(\underline{m})}}) - B_0(b, m^2_{p^{(\underline{m})}})\right] = \left(\frac{R^{-2}}{\mu^2}\right)^{-\epsilon} \Gamma(\epsilon) \int_0^1 \sum_{l=1}^{n} \binom{n}{l} \left[E_l^{c^2_{b0}(a)}(\epsilon) - E_l^{c^2_{b0}(b)}(\epsilon)\right] dx$$

En (E. Martínez-Pascual 2020), los autores encontraron que se puede aislar la parte UV de estas funciones como:

$$\sum_{l=1}^{n} \binom{n}{l} \Gamma(\epsilon) E_l^{c^2}(s) = g_{(0)}(n) \Gamma\left(\frac{\epsilon}{2}\right) \zeta(\epsilon) + \dots$$

Por lo que, la diferencia de funciones $B0$ con masas de KK también es finita UV. Con esto encontramos que la amplitud del proceso en cuestión no contiene divergencias UV, pero sí contiene divergencias de KK para $n>1$, es decir, para dimensiones mayores a 5. Como trabajo posterior se plantea la renormalización de este tipo de divergencias, a diferencia de la renormalización usual de las divergencias UV, la renormalización de este nuevo tipo de divergencias requiere de ampliar el esquema a un sentido moderno, donde ahora se implementa en el contexto de las teorías efectivas de campo. Una vez renormalizada la amplitud se plantea para un siguiente trabajo el cálculo de la sección eficaz del proceso considerando los campos de KK.

CONCLUSIONES. El estudio del proceso de dispersión de luz por luz tiene aspectos interesantes, no sólo desde la perspectiva de la fenomenología, sino también desde la perspectiva de la teoría de la renormalización. Se encontró que, para dimensiones mayores a cinco, esta amplitud contiene divergencias con respecto a la suma de los modos de KK. Con el fin de determinar las contribuciones de mayor dimensión se debe implementar un proceso de renormalización. Estudios de la renormalización de divergencias de KK en otros procesos físicos han sido estudiados en la literatura, por lo que, siguiendo el esquema adoptado en esos trabajos, como perspectiva de trabajo futuro, se plantea la renormalización de las divergencias de KK de este proceso y el posterior cálculo de la sección eficaz.

REFERENCIAS.

1. Biblioteca Digital I. García-Jiménez, A. Granados-González, G. I. Nápoles. Cañedo, H. Novales-Sánchez, J. J. Toscano (2018). Symmetry in the extra-dimensional Yang-Mills theory and its Kaluza-Klein effective description. arXiv:1801.07843.
2. ATLAS Collaboration (2017). Evidence for light-by-light scattering in heavy-ion collisions with the ATLAS detector at the LHC. Nature Physics volume 13, pages 852–858.
3. E. Martínez-Pascual, G. Nápoles-Cañedo, H. Novales-Sánchez, A. Sierra-Martínez, J. J. Toscano (2020). Implications of extra dimensions on the effective charge and the beta function in quantum electrodynamics. Phys.Rev. D101 no.3, 035034.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624130

PRODUCCIÓN DE BOSONES DE HIGGS h0 Y EL BOSÓN Z EN UN FUTURO COLISIONADOR DE MUONES

Eligio Cruz Albaro[1], David Espinosa Gómez[2], Alejandro B. Gutiérrez Rodríguez[3]
1 Universidad Autónoma de Zacatecas; elicruzalbaro88@gmail.com,
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo despinosa3187@gmail.com
3 Universidad Autónoma de Zacatecas; alexgu@fisica.uaz.edu.mx

Palabras Clave: Bosones de Higgs, quarks, sección eficaz.

RESUMEN Con el descubrimiento del bosón de Higgs, la búsqueda de nuevas partículas continúa en el mayor acelerador de partículas del mundo conocido como el Gran Colisionador de Hadrones (LHC, por sus siglas en inglés). Entre las partículas más buscadas se encuentran los nuevos bosones de Higgs, si se confirma la existencia de estas partículas apoyaría la validez de teorías que van más allá del Modelo Estándar (ME) que proponen resolver ciertas cuestiones fundamentales de la naturaleza, como el problema de la jerarquía, la materia oscura, la asimetría bariónica en el universo, entre otras cosas. En este trabajo, investigamos la fenomenología de producción del bosón de Higgs $h0$ predicho en el escenario de un modelo extendido conocido como el modelo Bestest Little Higgs (BLH). El modelo BLH ofrece una manera interesante de resolver el problema de la jerarquía presente en el ME, y como resultado de esto, se generan nuevos escalares, bosones de norma y quarks pesados. Estudiar la nueva física que emerge en modelos de extensión, pueden ser interesantes ya que estos pueden ser posibles precursores de teorías bastante generales que nos permitan explicar con mayores detalles la naturaleza de las partículas elementales. En el contexto del modelo BLH, analizamos la sección eficaz del proceso $-+\rightarrow Zh0$, y para estimar el número total de eventos que se espera observar en un colisionador, consideramos las energías del centro de masas y las luminosidades de un futuro colisionador de muones.

INTRODUCCIÓN. En la naturaleza existen cuatro fuerzas fundamentales: la gravitacional, la electromagnética, la nuclear débil y la nuclear fuerte. El ME de la física de partículas es una teoría que explica satisfactoriamente las tres últimas fuerzas que rigen el comportamiento de las partículas elementales que componen la materia. Este modelo ha conseguido explicar con éxito casi todos los resultados experimentales obtenidos y ha predicho con una gran precisión una gran variedad de fenómenos. Sin embargo, el ME no ha sido capaz de explicar ciertos fenómenos que suceden en la naturaleza. Por ejemplo, el ME no incorpora la interacción gravitacional, otra de las dificultades que enfrenta el ME es el llamado problema de la jerarquía. El problema de la jerarquía surge debido a que la masa del bosón de Higgs del ME recibe correcciones cuánticas a nivel de uno o más lazos debidos a los fermiones, los bosones de norma y al bosón de Higgs mismo, pero estas correcciones contienen divergencias que ocasionarían que la masa del bosón de Higgs del ME fuera del orden de la escala de Planck. Sin embargo, recientemente se ha encontrado experimentalmente un bosón de Higgs con una masa de aproximadamente 125 GeV, muy por debajo de la escala de Planck. Una posible solución al problema de la jerarquía consiste en que haya cancelaciones muy grandes entre diversos parámetros del modelo, dicho de otra manera, el parámetro de “masa desnuda" del bosón de Higgs en el ME debe ser ajustado de tal

manera que cancele casi por completo las correcciones cuánticas y esto es lo que se conoce como ajuste fino. Sin embargo, esta solución se considera poco atractiva, una alternativa para resolver este problema consiste en la postulación de modelos que van más allá del ME, también conocidos como modelos de extensión, estos ofrecen una solución al problema de la jerarquía sin recurrir al ajuste fino. Entre estos nuevos modelos, se encuentran los modelos Little Higgs donde se considera al bosón de Higgs como un pseudo-bosón de Goldstone que surge del rompimiento de una simetría global, además de aumentar el grupo de norma también generan compañeros a los bosones de norma, a los quarks y al bosón de Higgs del ME. El complejo mecanismo de rompimiento de las simetrías globales y locales logra que las contribuciones de los compañeros de las partículas mencionadas cancelen exactamente las divergencias, producidas por los diagramas de un lazo que generan las partículas del ME. Una de las versiones de los modelos Little Higgs se le conoce como el modelo BLH [1-4].

ANTECEDENTES. El modelo BLH se caracteriza por tener un espacio de parámetros relativamente grande, y una fenomenología muy amplia y diversa. En esta teoría se generan nuevos fermiones pesados, tales como los cuatro compañeros del quark top (T, $T5$, $T6$ y $T23$), un compañero del quark bottom B, y un quark exótico $T53$. En el sector escalar se generan cinco estados físicos de Higgs: tres campos neutros $h0$, $H0$, $A0$ y dos campos cargados H. El escalar $h0$ se ajusta para ser parecido al bosón de Higgs del ME, $H0$ es el nuevo bosón de Higgs pesado y $A0$ es una partícula pseudo escalar. El modelo BLH está basado en dos modelos sigma no lineales independientes, los cuales tiene una característica peculiar de estar construido sobre dos simetrías globales distintas que se rompen a escalas de energía diferentes (f y F) que son del orden de unidades de TeVs. La escala de energía f puede tomar valores en el intervalo $1000 \leq f \leq 3000$ GeV [1-5]; mientras que la segunda escala se exige que $F \geq 3000$ Gev [1-4]. Las escalas f y F representan las escalas de la nueva física del modelo BLH.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para estudiar la producción de bosones de Higgs $h0$ y bosones vectoriales neutros Z en el contexto del modelo BLH, analizamos el mecanismo $+\text{-}Z,Z' \rightarrow Zh0$ conocido como el proceso de producción de Higgs-Strahlung (H-S) (ver Fig. 1).



Figura 1 *Diagramas de Feynman que contribuyen al proceso de producción H-S* $+\text{-} \rightarrow Zh0$.

A partir de los diagramas de Feynman de la Fig. 1, encontramos las amplitudes de transición para los procesos $+\text{-}Z,Z' \rightarrow Zh0$. Estas amplitudes se proporcionan en las ecuaciones (1) y (2):

$$M_Z = g_{ZZh_0}\left[\bar{v}(p_1)\gamma^\mu\left(g_V^{Z\mu\mu} - g_A^{Z\mu\mu}\gamma_5\right)u(p_2)\right]\left[\frac{\left(\frac{-g_{\mu\nu}+p_\mu p_\nu}{m_Z^2}\right)}{(p_1+p_2)^2 - m_Z^2 - im_Z\Gamma_Z}\right]\varepsilon_\lambda^\nu(Z)\,, \qquad (1)$$

$$M_{Z'} = g_{ZZ'h_0}\left[\bar{v}(p_1)\gamma^\mu\left(g_V^{Z'\mu\mu} - g_A^{Z'\mu\mu}\gamma_5\right)u(p_2)\right]\left[\frac{\left(\frac{-g_{\mu\nu}+p_\mu p_\nu}{m_{Z'}^2}\right)}{(p_1+p_2)^2 - m_{Z'}^2 - im_{Z'}\Gamma_{Z'}}\right]\varepsilon_\lambda^\nu(Z)\,. \qquad (2)$$

A partir de las amplitudes de transición se calculan las siguientes secciones transversales de producción para los procesos de nuestro interés,

$$\sigma_Z = \frac{\sqrt{\lambda}}{192\pi}\left(\frac{\left(g_V^{Z\mu\mu}\right)^2 + \left(g_A^{Z\mu\mu}\right)^2}{m_Z^2 s^2}\right)\left(\frac{g_{ZZh_0}^2}{\left(s-m_Z^2\right)^2 + \left(m_Z\Gamma_Z\right)^2}\right)\left(12m_Z^2 s + \lambda\right), \qquad (3)$$

$$\sigma_{Z'} = \frac{\sqrt{\lambda}}{192\pi}\left(\frac{\left(g_V^{Z'\mu\mu}\right)^2 + \left(g_A^{Z'\mu\mu}\right)^2}{m_{Z'}^2 s^2}\right)\left(\frac{g_{ZZ'h_0}^2}{\left(s-m_{Z'}^2\right)^2 + \left(m_{Z'}\Gamma_{Z'}\right)^2}\right)\left(12m_{Z'}^2 s + \lambda\right), \qquad (4)$$

$$\sigma_{ZZ'} = \sqrt{\lambda}\frac{g_{ZZh_0}g_{ZZ'h_0}}{96\pi}\left(\frac{g_V^{Z\mu\mu}g_V^{Z'\mu\mu} + g_A^{Z\mu\mu}g_A^{Z'\mu\mu}}{m_Z^2 s^2}\right)\left(12m_Z^2 s + \lambda\right) \times \frac{\left(s-m_Z^2\right)\left(s-m_{Z'}^2\right) + \left(m_Z\Gamma_Z\right)\left(m_{Z'}\Gamma_{Z'}\right)}{\left(\left(m_Z^2-s\right)^2 + \left(m_Z\Gamma_Z\right)^2\right)\left(\left(m_{Z'}^2-s\right)^2 + \left(m_{Z'}\Gamma_{Z'}\right)^2\right)}\,, \qquad (5)$$

donde Z y Z' representan las secciones transversales de producción asociadas a los procesos de la Fig. 1(a) y Fig. 1(b), respectivamente. En cuanto a ZZ', esta sección transversal de producción surge de la interferencia entre los dos procesos mencionados. Entonces, la sección transversal total de los procesos se determina como sigue,

$$\sigma_T^{Zh_0} = \sigma_Z + \sigma_{Z'} + \sigma_{ZZ'}\,. \qquad (6)$$

Parámetros	Valores
m_{A_0}	1000 GeV [4,5]
m_{h_0}	125.25 GeV [6]
m_{H_0}	1015 GeV [4]
$\tan tan\,\beta$	3 [7,8]

g_A	$\sqrt{5}g$
f	[1000, 3000] GeV [1,2]
F	[4000, 6000] GeV [1,2]

Tabla 1. *Valores asignados a los parámetros libres del modelo BLH.*

En la Fig. 3, presentamos el comportamiento de las diferentes secciones transversales de producción de los procesos H-S como una función de la energía del centro de masas s de un futuro colisionador de muones. También incluimos la predicción del ME (SM) para la producción $+-\rightarrow Zh0$. En esta figura podemos apreciar que tanto SM y Z muestran comportamientos semejantes en casi todo el intervalo establecido de s. Por otro lado, Z' $\sigma TZh0$ y ZZ' alcanzan sus picos máximos locales en los puntos cercanos a la energía de resonancia del bosón de norma Z', es decir, cuando $s\approx 4.1$ TeV. De manera complementaria, en la Tabla 2 presentamos el número

de eventos esperados (columnas 3-5 de la Tabla 2) que podría producirse en un futuro colisionador de muones considerando las energías de centro de masa $s \in [3,5]$ TeV y las luminosidades integradas $L = 2,\ 5,\ 10,\ 30\ ab^{-1}$. En la columna 2 de la Tabla mencionada, enumeramos los valores que obtiene la sección transversal total cuando s toma ciertos valores discretos.

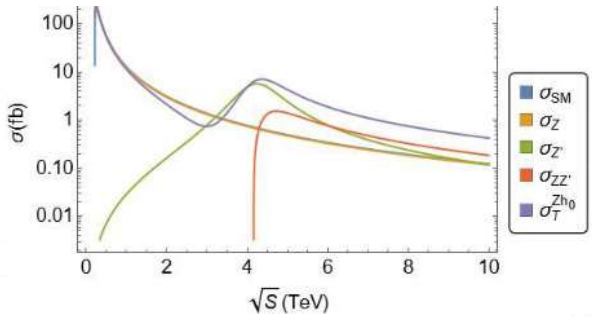


Figura 3 *Sección transversal para el proceso H-S considerando f=1000 GeV y F=5000 GeV.*

Número de eventos esperados					
$\sqrt{s}$ TeV	$\sigma_T^{Zh_0}$ fb	$L = 2\ ab^{-1}$	$L = 5\ ab^{-1}$	$L = 10\ ab^{-1}$	$L = 30\ ab^{-1}$
3.1	0.76	1 520	3 800	7 600	22 800
3.3	0.94	1 880	4 700	9 400	28 200
3.5	1.40	2 800	7 000	14 000	42 000
3.7	2.30	4 600	11 500	23 000	69 000
3.9	3.87	7 740	19 350	38 700	116 100
4.1	5.76	11 520	28 800	57 600	172 800
4.3	6.90	13 800	34 500	69 000	207 000
4.4	7.00	14 000	35 000	70 000	210 000
4.5	6.70	13 400	33 500	67 000	201 000
4.7	5.70	11 400	28 500	57 000	171 000
4.9	4.70	9 400	23 500	47 000	141 000

Tabla 2 *Número de eventos esperados para el proceso H-S (las columnas 3-5).*

CONCLUSIONES. La sección transversal total $\sigma TZh0$ alcanza valores grandes en los puntos cercanos a la energía de resonancia del bosón de norma Z'.
En el contexto del modelo BLH se encontró que el número total de eventos $Zh0$ que se podría producir en un futuro colisionador de muones es bastante optimista.

REFERENCIAS.

1. M. Schmaltz, D. Stolarski and J. Thaler, JHEP 1009, 018 (2010).
2. P. Kalyniak, T. Martin and K. Moats, Phys. Rev. D 91, 013010 (2015).
3. E. Cruz-Albaro and A. Gutiérrez-Rodríguez, arXiv:2202.12738 [hep-ph].
4. A. M. Sirunyan, et al. (CMS Collaboration), JHEP 03, 055 (2020).
5. G. Aad et al. [ATLAS], Eur. Phys. J. C 81, no.5, 396 (2021).
6. R.L. Workman, et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Exp. Phys. 2022, 083C01 (2022).
7. E. Cruz-Albaro, A. Gutiérrez-Rodríguez, M.A. Hernandez-Ruiz and T. Cisneros-Perez, Eur. Phys. J. Plus 138, 506 (2023).
8. E. Cruz-Albaro, A. Gutiérrez-Rodríguez, Eur. Phys. J. Plus 137, 1295 (2022).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CC0624132

CONSTRUCCIÓN DE ÁLGEBRAS MULTIFOTÓNICAS PARA UN POTENCIAL UNIDIMENSIONAL CUANTIZADO

Diego Ariel Sotelo Carrillo[1], Juan Domingo García Muñoz[2], Alfredo Raya Montaño[3]

[1]*Universidad Autónoma de Zacatecas; diegoariel.sotelocarrillo@fisica.uaz.edu.mx,*

[2] *Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo; juan.domingo.garcia@umich.mx,*
[3] *Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo; alfredo.raya@umich.mx*

Palabras Clave: Álgebras de Heisenberg polinomiales, Álgebras multifotónicas, Sistemas cuánticos unidimensionales, Potencial cuántico de Morse, Operadores de creación y aniquilación

RESUMEN. Este trabajo investiga la construcción de álgebras multifotónicas para el potencial de Morse, un potencial unidimensional cuantizado. Se estudia cómo estas álgebras, generadas por operadores de creación y aniquilación multifotónicos, se relacionan con las álgebras intrínsecas asociadas al potencial de Morse. Se encuentran que estas álgebras son deformaciones polinómicas de las álgebras de Heisenberg unidimensionales tradicionales. Los resultados incluyen una caracterización detallada de los conmutadores de los operadores multifotónicos y del hamiltoniano, revelando que los saltos de energía entre niveles no son uniformes, a diferencia de los encontrados en el oscilador armónico. Esta investigación proporciona una extensión significativa del estudio de álgebras multifotónicas a potenciales unidimensionales más generales.

INTRODUCCIÓN. Las álgebras de Heisenberg polinomiales han emergido como una herramienta poderosa para el estudio de sistemas cuánticos unidimensionales. Estas álgebras son generalizaciones de las álgebras de Heisenberg estándar. Un subtipo de estas álgebras son las álgebras multifotónicas, en las que los operadores de aniquilación y creación intrínsecos se elevan a potencias superiores, lo que resulta en estructuras algebraicas más complejas y ricas. Esta propiedad las hace útiles en diversas áreas de la física cuántica, incluyendo la teoría de información cuántica y la óptica cuántica (Castillo-Celeita & Fernández C., 2016) (Castillo-Celeita, Díaz-Bautista, & Fernández C., 2019). Hasta la fecha, la mayoría de los estudios sobre álgebras multifotónicas se han centrado en el oscilador armónico y sus compañeros supersimétricos. En estos casos, se ha demostrado que los operadores de aniquilación y creación multifotónicos generan álgebras de Heisenberg polinomiales (Fernández C. & Hussin, 1999) (Carballo, Fernández C., Negro, & Nieto, 2004) (Marquette & Quesne, 2013) (Marquette & Quesne, 2014) (Gómez-Ullate, Grandati, & Milson, 2013) (Morales-Salgado, 2022). Sin embargo, existe una necesidad de extender estos estudios a otros potenciales unidimensionales para explorar la generalidad y aplicabilidad de las álgebras multifotónicas. El presente proyecto se propone abordar esta pregunta utilizando el potencial cuántico de Morse, el cual es un modelo relevante en la descripción de moléculas diatómicas y otros sistemas físicos y ofrece una oportunidad ideal para esta extensión. Específicamente, se investigará la construcción de álgebras multifotónicas

para este potencial unidimensional de espectro discreto y finito. Esto incluye la identificación de las estructuras algebraicas multifotónicas y el estudio de sus propiedades.

ANTECEDENTES. Para abordar el álgebra multifotónica es necesario estudiar antes la estructura del álgebra intrínseca de un hamiltoniano unidimensional H_0.

Álgebra intrínseca de H_0

Consideremos el hamiltoniano unidimensional H_0 con eigenestados $|\psi_n\rangle$ y eigenvalores E_n, donde estos últimos tienen dependencia explícita del número cuántico n, es decir, $E_n = E_n(n)$. Se definen los operadores intrínsecos de aniquilación y creación a y $a^\dagger$, con base en su acción en los eigenestados $|\psi_n\rangle$ como se sigue a continuación

$$a|\psi_n\rangle = r(n)|\psi_{n-1}\rangle, \quad a^\dagger|\psi_n\rangle = \bar{r}(n)|\psi_{n+1}\rangle, \quad r(n) = e^{i\alpha(E_n - E_{n-1})}\sqrt{E_n - E_0}, \tag{1}$$

donde $\bar{z}$ denota el complejo conjugado de $z \in \emptyset$ y α es un parámetro de fase libre. Entonces, el conjunto de operadores H_0, a, $a^\dagger$ generan el álgebra intrínseca por medio de las siguientes reglas de conmutación:

$$[a, a^\dagger] = f(N), \quad [H_0, a^\dagger] = f(N-1)a^\dagger, \quad [H_0, a] = -f(N)a, \quad f(N) = E(N+1) - E(N). \tag{2}$$

Aquí, $f(N)$ es función del operador número N, el cual satisface que

$$N|\psi_n\rangle = n|\psi_n\rangle, \quad [N, a^\dagger] = a^\dagger, \quad [N, a] = -a. \tag{3}$$

Álgebra Multifotónica de H_0

Ahora consideremos los operadores multifotónicos de creación y aniquilación a_m, $a^\dagger_m$ definidos como los operadores intrínsecos elevados a la potencia m:

$$a_m = a^m, \quad a_m^\dagger = \left(a^\dagger\right)^m, \quad m \in \mathbb{N}, \tag{4}$$

su acción en los eigenestados $|\psi_n\rangle$ es

$$\begin{aligned} a_m|\psi_n\rangle &= e^{i\alpha(E_n - E_{n-m})}\sqrt{(E_n - E_0)\ldots(E_{n-m+1} - E_0)}\,|\psi_{n-m}\rangle, \\ a_m^\dagger|\psi_n\rangle &= e^{-i\alpha(E_{n+m} - E_n)}\sqrt{(E_{n+1} - E_0)\ldots(E_{n+m} - E_0)}\,|\psi_{n+m}\rangle. \end{aligned} \tag{5}$$

Análogamente al caso intrínseco, los conmutadores que definen al álgebra multifotónica son

$$\begin{aligned} [a_m, a_m^\dagger] &= \prod_{l=0}^{m-1}[E(N+m-l) - E_0] - \prod_{l=0}^{m-1}[E(N-l) - E_0], \\ [H_0, a_m^\dagger] &= f_m(N-m)a_m^\dagger, \quad [H_0, a_m] = -f_m(N)a_m, \quad f_m(N) = E(N+m) - E(N). \end{aligned} \tag{6}$$

OBJETIVOS. Investigar la construcción de álgebras multifotónicas para el potencial cuántico de Morse. Identificar las estructuras algebraicas multifotónicas asociadas a este potencial unidimensional. Estudiar las propiedades de estas álgebras y su comparación con el oscilador armónico.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se basa en la resolución de las ecuaciones de Schrödinger para el potencial de Morse y la identificación de las álgebras multifotónicas correspondientes.

Potencial de Morse

El potencial de Morse es un modelo ampliamente utilizado en física cuántica para describir las interacciones entre átomos en una molécula diatómica. Fue introducido por Philip Morse en 1929 y se caracteriza por su capacidad para representar de manera realista la energía potencial de

una molécula diatómica a lo largo de su distancia internuclear. Este potencial es particularmente útil porque, a diferencia del oscilador armónico, incluye la disociación molecular, proporcionando una mejor aproximación para moléculas reales
Matemáticamente, el potencial de Morse *V(x)* tiene la forma

$$V(x) = D\left(1 - e^{-ax}\right)^2 \quad , \quad -\infty < x < \infty,$$

donde *D* es la profundidad del pozo, *α* es una constante que controla la anchura del pozo, $x = r - r_e$ es la distancia reducida con *r* siendo la distancia internuclear y r_e la distancia de equilibrio. Morse construyó su potencial a partir de restricciones en el comportamiento para valores grandes de |x| en $r \to \infty$, además de requerir que el espectro de niveles de energía este dado por

$$\epsilon_n = \left[\left(n + \frac{1}{2}\right) + \chi\left(n + \frac{1}{2}\right)^2\right]\hbar\omega_0 \quad , \quad n = 0, 1, 2, ..., n_{max}, \tag{8}$$

donde χ es un parámetro que depende de la profundidad y anchura del potencial y $\hbar\omega_0$es la energía cuántica asociada a las vibraciones moleculares (Dahl & Springborg, 1988).

Solución de la Ecuación de Schrödinger para el Potencial de Morse
La ecuación de Schrödinger independiente del tiempo para el potencial de Morse es:

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dr^2} + V(r)\right)\Psi_n(r) = E_n\Psi_n(r), \tag{9}$$

donde el potencial de Morse se define como en la ec. (7). Introducimos las variables reducidas:

$$x = ar, \quad x_e = ar_e, \quad \lambda = \frac{\sqrt{2mD}}{a\hbar}, \quad \varepsilon_n = \frac{2m}{a^2\hbar^2}E_n = \frac{\lambda^2}{D}E_n. \tag{10}$$

Entonces, la ecuación de Schrödinger transforma a:

$$\left(-\frac{d^2}{dx^2} + V(x)\right)\Psi_n(x) = \varepsilon_n\Psi_n(x), \tag{11}$$

donde el potencial reducido es:

$$V(x) = \lambda^2\left(1 - e^{-(x-x_e)}\right)^2. \tag{12}$$

Los eigenvalores resultan ser:

$$\varepsilon_n = \lambda^2 - \left(\lambda - n - \frac{1}{2}\right)^2. \tag{13}$$

Expresados en términos de los parámetros físicos del potencial de Morse, obtenemos:

$$E_n = D\left[1 - \frac{a}{2}\sqrt{\frac{2mD_e}{\hbar^2}}\left(n + \frac{1}{2}\right)\right]^2. \tag{14}$$

Simplificando, y reconociendo la estructura cuadrática de los niveles de energía \cite (Dahl & Springborg, 1988), obtenemos finalmente la ec. (8), que expresada en términos de las variables reducidas, nos deja con eigenvalores de la forma

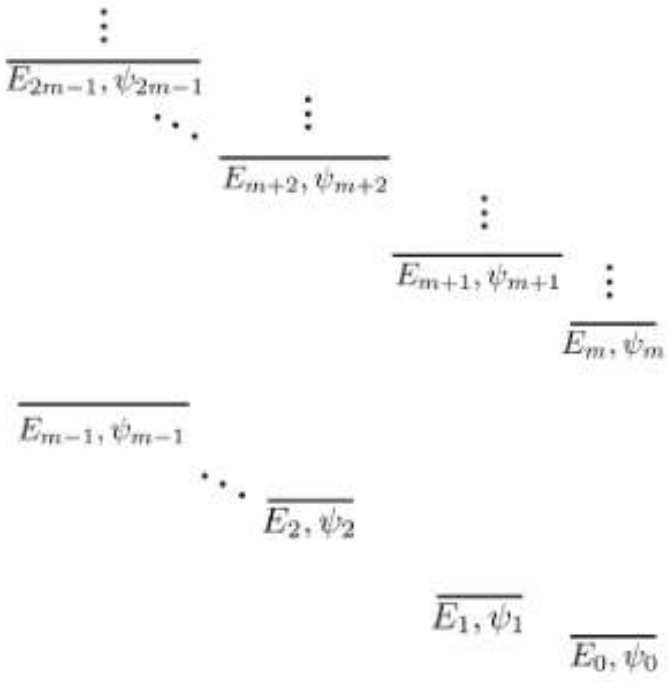
$$\varepsilon_n = 2\lambda\left(n+\frac{1}{2}\right)-\left(n+\frac{1}{2}\right)^2. \qquad (15)$$

RESULTADOS. Al sustituir los eigenvalores de la ec. (15) en la ec. (2) obtenemos que el álgebra intrínseca del potencial de Morse es

$$\left[a,a^\dagger\right]=2(\lambda-n-1),\quad \left[H_0,a^\dagger\right]=2(\lambda-n)a^\dagger,\quad [H_0,a]=2(n+1-\lambda)a. \qquad (16)$$

Tenemos una dependencia lineal de los conmutadores respecto del número cuántico principal *n*, por lo que para el caso de los conmutadores del hamiltoniano con los operadores de creación y aniquilación, se tiene que los saltos entre dos niveles de energía consecutivos no son constantes (ver Fig.1).

Figura 1 *Espectro del potencial de Morse, dividido en m escalones infinitos. El salto de energía entre dos escalones adyacentes no es uniforme ya que depende del índice n de cada nivel energía.*



Ahora, el álgebra multifotónica se obtiene al sustituir la ec. (15) en la ec. (6), resulta que

$$\left[a_m,a_m^\dagger\right]=\prod_{l=0}^{m-1}\left\{(n+m)[(2\lambda-n-m+(2l-1)]-\left(l-\frac{1}{2}\right)\left(2\lambda+l-\frac{1}{2}\right)-\lambda+\frac{1}{4}\right\}$$
$$-\prod_{l=0}^{m-1}\left\{n[(2\lambda-n+(2l-1)]-\left(l-\frac{1}{2}\right)\left(2\lambda+l-\frac{1}{2}\right)-\lambda+\frac{1}{4}\right\}, \qquad (17)$$
$$\left[H_0,a_m^\dagger\right]=m(2\lambda-2n+m-1)a_m^\dagger,\quad [H_0,a_m]=m(2n+m+1-2\lambda)a_m.$$

El conmutador de los operadores de creación y aniquilación es un polinomio linealmente dependiente de la potencia de los operadores multifotónicos *m* y el número cuántico principal *n*. Nuevamente como en el caso intrínseco, para el caso del hamiltoniano con los operadores

multifotónicos de escalera, al no tener factores constantes se tiene que los saltos de energía entre dos niveles consecutivos no son uniformes (ver Fig.1), esto siendo esperado desde el momento en que los eigenvalores van con el cuadrado de *n*. Si se compara estos resultados con el Oscilador Armónico (García-Muñoz, Fernández C., & Vergara-Méndez, 2023) vemos que el Potencial de Morse introduce correcciones en los conmutadores, ya no dependiendo únicamente de *m*.

CONCLUSIONES. En este trabajo, se han estudiado las álgebras intrínseca y multifotónica que rigen el potencial de Morse, un hamiltoniano unidimensional con un espectro discreto finito. Se ha encontrado que los conmutadores del hamiltoniano con los operadores de creación y aniquilación, tanto intrínsecos como multifotónicos, no tienen factores constantes, lo que implica que los saltos entre dos niveles de energía consecutivos no son uniformes. Por lo que, las álgebras intrínseca y multifotónica de este potencial presentan una generalización respecto a la del oscilador armónico.

REFERENCIAS.

1. Carballo, J. M., Fernández C., D. J., Negro, J., & Nieto, L. M. (2004). Polynomial Heisenberg algebras. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 10349.
2. Castillo-Celeita, M., & Fernández C., D. J. (2016). First-Order Polynomial Heisenberg Algebras and Coherent States. *Journal of Physics: Conference Series*, 012007.
3. Castillo-Celeita, M., Díaz-Bautista, E., & Fernández C., D. J. (2019). Polynomial Heisenberg algebras, multiphoton coherent states and geometric phases. *Physica Scripta*, 045203.
4. Dahl, J. P., & Springborg, M. (1988). The Morse oscillator in position space, momentum space, and phase space. *Journal of Chemical Physics*, 4535-4547.
5. Fernández C., D. J., & Hussin, V. (1999). Higher-order SUSY, linearized nonlinear Heisenberg algebras and coherent states. *Journal of Physics A: Mathematical and General*, 3603.
6. García-Muñoz, J. D., Fernández C., D. J., & Vergara-Méndez, F. (2023). Supersymmetric quantum mechanics, multiphoton algebras and coherent states. *Physica Scripta*, 105243.
7. Gómez-Ullate, D., Grandati, Y., & Milson, R. (2013). Rational extensions of the quantum harmonic oscillator and exceptional Hermite polynomials. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 015203.
8. Marquette, I., & Quesne, C. (2013). Two-step rational extensions of the harmonic oscillator: exceptional orthogonal polynomials and ladder operators. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 155201.
9. Marquette, I., & Quesne, C. (2014). Combined state-adding and state-deleting approaches to type III multi-step rationally extended potentials: Applications to ladder operators and superintegrability. *Journal of Mathematical Physics*, 112103.
10. Morales-Salgado, V. S. (2022). An affine Weyl group characterization of polynomial Heisenberg algebras. *Annals of Physics*, 169037

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 7: Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión.

Octubre, 2024

ID: CC0724101

INTERSECCIONALIDAD EN LA PARTICIPACIÓN POLÍTICA DE MUJERES PURÉPECHA

Alondra Velázquez[1], Natividad Gutiérrez Chong[2], Lixing Wang[3]

1 Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, alondravelazquez@comunidad.unam.mx

2 Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, natividad@unam.mx

3 Posgrado en Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, lixingwang@politicas.unam.mx

Palabras Clave: Interseccionalidad, Participación Política, Mujeres indígenas

RESUMEN. Este estudio examina la participación política de las mujeres purépechas en Michoacán, México, desde una perspectiva interseccional que combina sobre todo el análisis de género y etnicidad. Utilizando una metodología cualitativa basada en entrevistas semiestructuradas, se recogieron testimonios de mujeres purépechas que permitieron identificar las barreras estructurales, sociales y culturales que enfrentan para acceder a espacios de toma de decisiones. Los resultados revelan que, aunque las barreras persisten, las generaciones más jóvenes muestran un creciente activismo y organización para desafiar las normas tradicionales y abrir nuevos caminos hacia la participación política.

INTRODUCCIÓN. La participación política de las mujeres indígenas en México ha sido un tema que ha recibido atención en los últimos años, pero que aún está marcado por profundas desigualdades estructurales. En el caso específico de las mujeres purépechas de Michoacán, estas desigualdades están acentuadas por la intersección de múltiples factores como el género, la etnicidad y la situación socioeconómica. Las mujeres purépechas, que representan una parte significativa de la población indígena en la región, pero se han sido históricamente en desventaja tanto dentro de sus comunidades como en los espacios de poder político nacional estatal y local.

En las últimas décadas, el enfoque interseccional ha cobrado relevancia en la investigación sobre desigualdades, permitiendo una comprensión más profunda de cómo diversas formas de opresión interactúan para afectar las experiencias de ciertos grupos de personas. En este estudio, se aplica el concepto de interseccionalidad para analizar las dinámicas que enfrentan las mujeres purépechas en su intento de participar en la vida política de sus comunidades.

A través de un enfoque cualitativo, se realizaron entrevistas en profundidad con mujeres purépechas que han tenido experiencias en la participación política, ya sea en el ámbito comunitario o en organizaciones locales. La pregunta central de esta investigación es: ¿cómo influyen las desigualdades estructurales, culturales y sociales en la participación política de las mujeres purépechas? Para responder a esta pregunta, se exploran las barreras específicas que enfrentan y las estrategias que han desarrollado para superar estas barreras. Además, se discuten las implicaciones de estos hallazgos para el diseño de políticas públicas que promuevan una mayor inclusión de las mujeres indígenas en los procesos políticos.

ANTECEDENTES. La historia de la participación política de las mujeres indígenas en México está marcada por la exclusión y la marginación. Desde el inicio del proceso de resistencia indígena, las mujeres indígenas han sido relegadas a roles secundarios, limitando su acceso a la toma de decisiones tanto en sus comunidades como en los espacios políticos más amplios. Esta marginalización se ha visto exacerbada por la interacción de las desigualdades de género con las opresiones basadas en la etnicidad y la clase social. En las comunidades purépechas, la tradición de organización comunitaria es fuerte, pero históricamente ha sido dominada por los hombres (Barón, 2010). Las mujeres han desempeñado un papel crucial en las actividades económicas y políticas de sus comunidades, pero su reconocimiento en los procesos políticos ha sido limitado. (Paredes 2015) señala que las estructuras patriarcales dentro de las comunidades indígenas, junto con las políticas nacionales que no reconocen adecuadamente las especificidades culturales de las mujeres indígenas, han contribuido a perpetuar su exclusión de la vida política. La teoría de la interseccionalidad, desarrollada por Kimberlé Crenshaw, proporciona un marco útil para analizar estas dinámicas. La interseccionalidad permite examinar cómo las identidades sociales superpuestas, como el género, la etnicidad y la clase, crean experiencias únicas de opresión y privilegio. En el contexto de las mujeres purépechas, esto significa que su participación política no puede entenderse simplemente desde una perspectiva de género, sino que debe considerarse en relación con su identidad como mujeres indígenas desde diversos contextos.

OBJETIVOS. Analizar las barreras y facilitadores que influyen en la participación política de las mujeres purépechas en Michoacán, México, a través de un enfoque interseccional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar las barreras estructurales, sociales y culturales que limitan la participación política de las mujeres purépechas. Explorar las estrategias que las mujeres purépechas han desarrollado para superar estas barreras y participar en la vida política de sus comunidades. Contribuir al debate académico sobre la interseccionalidad y la participación política indígena en México, ofreciendo una perspectiva empírica sobre el caso de las mujeres purépechas.

METODOLOGÍA. Para alcanzar los objetivos de este estudio, se empleó una metodología cualitativa basada en entrevistas semiestructuradas. Este enfoque fue seleccionado porque permite capturar las experiencias y percepciones de las mujeres purépechas de manera más profunda y detallada. Las entrevistas semiestructuradas ofrecen la flexibilidad necesaria para explorar temas emergentes y permiten a las participantes expresarse en sus propios términos, lo que es fundamental para abordar un tema tan complejo como la intersección de género, etnicidad y clase social en la participación política.

Selección de participantes. Se utilizó un muestreo intencional para seleccionar a las participantes. Las mujeres seleccionadas tenían diversas edades, niveles de participación política y roles dentro de sus comunidades. La diversidad de las participantes permitió obtener una visión más amplia de las experiencias de las mujeres purépechas en el ámbito político.

Procedimiento de investigación. Las entrevistas se llevaron a cabo en español. Antes de las entrevistas, se obtuvo el consentimiento informado de todas las participantes, y se les aseguró la confidencialidad y el anonimato. Las entrevistas fueron grabadas y transcritas para su posterior análisis.

Análisis de datos. El análisis de los datos se realizó mediante un enfoque temático, utilizando la teoría de la interseccionalidad como marco conceptual. Se identificaron patrones y temas

recurrentes en las entrevistas, y se analizó cómo las diferentes formas de desigualdad (género, etnicidad, clase) interactúan para influir en la participación política de las mujeres purépechas.

RESULTADOS OBTENIDOS. Los resultados preliminares de este estudio revelan que las mujeres purépechas enfrentan una serie de barreras para su participación política, que incluyen:

1. **Barreras estructurales**: La falta de acceso a recursos, como la educación y el financiamiento, limita la capacidad de las mujeres purépechas para participar en los procesos políticos. Además, las mujeres que desean postularse para cargos públicos a menudo enfrentan discriminación y exclusión por parte de las estructuras de poder dominadas por hombres.
2. **Barreras sociales**: Las mujeres purépechas a menudo se enfrentan a una doble marginación, tanto dentro de sus comunidades como en la sociedad en general, debido a su condición de mujeres indígenas. Esta marginación se ve reflejada en la falta de representación en los espacios políticos y en la invisibilización de sus necesidades e intereses en las políticas públicas.

A pesar de estos desafíos, los resultados también muestran un aumento en el activismo entre las mujeres purépechas, especialmente entre las generaciones más jóvenes. Estas mujeres están formando grupos organizados que buscan desafiar las normas tradicionales y promover la participación política de las mujeres desde una perspectiva comunitaria e intercultural.

CONCLUSIONES. Este estudio aporta una visión integral de la participación política de las mujeres purépechas, destacando la importancia de un enfoque interseccional para entender las complejas dinámicas de poder que enfrentan. Las barreras estructurales, sociales y culturales que limitan su participación política deben ser abordadas mediante políticas públicas que reconozcan las especificidades culturales de las mujeres indígenas y promuevan su inclusión en los procesos de toma de decisiones. Además, es crucial apoyar el activismo emergente entre las mujeres purépechas, que están luchando por un cambio social y político desde sus propias comunidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1 Barón León, M. D. L. (2010). La autonomía como búsqueda estratégica del pueblo P'urhépecha. Pensamiento humanista.
2 Cerna, D. C. (2019). Participación política de las mujeres indígenas en México: Una propuesta de análisisdesde el derecho y la interseccionalidad. Revista de la Facultad de Derecho de México, 69(274-1), 525-558.
3 Paredes, J. (2015). Despatriarcalización. Una respuesta categórica del feminismo comunitario (descolonizandola vida). Bolivian Studies Journal, 100-115.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824101

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA "NFS" APLICADO A PLANTAS DE TRATAMIENTO MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

Itzel Luviano Soto[1], Yajaira Concha Sánchez[2], Alfredo Raya Montaño[3]

1 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; itzel.luviano@umich.mx

2 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yajaira.concha@umich.mx

3 Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alfredo.raya@umich.mx

Palabras Clave: Aprendizaje Automático, Bosque Aleatorio, Calidad del Agua

RESUMEN. El Índice de Calidad del Agua (ICA) es una herramienta fundamental para evaluar el estado general del agua. Uno de los índices más utilizados en la evaluación de aguas superficiales, debido a su simplicidad, es el índice NFS (National Foundation of Sanitation). Para calcular este índice, se deben medir los valores de nueve parámetros de contaminación, que luego se clasifican en una escala de 0 a 100 según su nivel de contaminación. Este proceso se realiza mediante gráficas, y una vez obtenidos los valores, se multiplican por un peso específico asignado a cada parámetro. A partir de estos valores ponderados, se obtiene un subíndice para cada parámetro, cuya suma da como resultado el NFS. Este estudio propone un método alternativo para calcular el índice NFS utilizando un algoritmo basado en un bosque de decisiones múltiples, lo que permite calcular el índice sin necesidad de obtener los subíndices de cada parámetro de manera individual. Para desarrollar este método, se entrenó un algoritmo de bosque aleatorio con datos provenientes de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Se emplearon 100 conjuntos de datos de calidad del agua y sus correspondientes índices NFS, destinando el 90% de los datos para el entrenamiento y el 10% para la validación. Los resultados mostraron un coeficiente de determinación (R^2) superior a 0.90, lo que indica que el algoritmo de bosque aleatorio puede realizar predicciones precisas sobre la calidad del agua a través del índice NFS.

INTRODUCCIÓN. El agua es un recurso esencial tanto para la supervivencia humana como para el desarrollo de actividades cotidianas. Por esta razón, es vital asegurar que su calidad se mantenga en niveles adecuados para promover un desarrollo sostenible y proteger la salud pública. No obstante, en los últimos años, se ha observado un deterioro significativo en la calidad del agua, debido a su exposición a contaminantes provenientes de fuentes tanto naturales como antropogénicas, tales como descargas de drenajes, disposición inadecuada de residuos y escurrimientos de sistemas de irrigación. En este contexto, el monitoreo de la calidad del agua adquiere una relevancia particular, especialmente en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), donde es fundamental controlar las descargas para mitigar el impacto ambiental. En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo propone un método basado en el Índice de Calidad del Agua (ICA) NFS para evaluar la calidad del agua (Ontiveros et al., 2021), empleando un algoritmo de bosque aleatorio. Este enfoque permite calcular el índice NFS sin la

necesidad de obtener los subíndices de cada parámetro por separado. El algoritmo fue entrenado con datos sintéticos y validado con información proveniente de la PTAR de Atapaneo en Morelia, Michoacán, proporcionada por fuentes municipales.

ANTECEDENTES. El algoritmo de bosques aleatorios es una técnica de aprendizaje automático ampliamente reconocida por su flexibilidad y rendimiento. Su aplicación se ha extendido a diversas áreas, destacándose especialmente en problemas de clasificación. Por ejemplo, en las ciencias de la salud, los bosques aleatorios han sido empleados con éxito en la detección de tumores cerebrales mediante imágenes espectrales (Martínez, 2020) y en el diagnóstico de enfermedades como COVID-19 (Torres, 2023). En el ámbito económico, este algoritmo ha sido valioso para el análisis de las desigualdades económicas a nivel global. Además, los bosques aleatorios y los árboles de clasificación se han utilizado para analizar frecuencias, espectros y modulaciones en registros acústicos (Merino & Chacón, 2017). Aunque su implementación en diversas disciplinas ha sido extensa, el uso de bosques aleatorios en el ámbito de la calidad del agua es aún limitado, lo que presenta una oportunidad significativa para futuras investigaciones en este campo.

OBJETIVOS. Desarrollar un algoritmo basado en bosque aleatorio para determinar el Índice de Calidad del Agua NFS de manera práctica y precisa. Entrenar el algoritmo utilizando datos de una PTAR para que pueda predecir el Índice de Calidad del Agua basándose en parámetros medidos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para desarrollar el algoritmo de bosque aleatorio, fue necesario contar con datos de entrenamiento. Se generaron 90 datos sintéticos para el entrenamiento y se utilizaron 10 datos reales obtenidos de la PTAR de Atapaneo, en Morelia, Michoacán. Los datos reales incluyen mediciones de los siguientes parámetros: Oxígeno Disuelto (OD), Coliformes Fecales (CF), pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), nitratos, nitritos, fosfatos, temperatura, turbidez y sólidos totales. Estos parámetros son esenciales para calcular el ICA, denominado NFS, según la siguiente expresión,

$$NFS = \sum Q_i W_i \qquad (1)$$

donde NFS representa el ICA y Q_i, representa cada uno de los parámetros de calidad del agua, mientras que W_i representa el peso asociado a cada parámetro. Los pesos de cada parámetro se detallan en la Tabla 1.

Parámetro de contaminación	Peso
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0.17
Coliformes (NMP/100)	0.16
pH	0.11
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O_2/L)	0.11
Temperatura (°C)	0.10
Nitratos (mg/L)	0.10
Fósforo total (mg/L)	0.10
Turbidez (NTU)	0.08
Sólidos Totales (mg/L)	0.07

Tabla 1. *Pesos de los parámetros para el índice NFS.*

Con base en los valores de los parámetros, estos se clasifican en un grado de contaminación que varía de [0 a 100]. Posteriormente, se utiliza la Ecuación (1) para calcular el índice NFS, que varía en un rango de [0 a 100]. La calidad del agua se clasifica en cinco categorías según los valores obtenidos (Ewaid, 2017) como se muestra en la Tabla 2.

NFS	0 - 25	25-50	50-70	70-90	90-100
Clasificación del agua	Muy mala	Mala	Mediana	Buena	Excelente

Tabla 2. *Clasificación del agua a partir del Índice de Calidad del Agua.*

Para determinar los valores de la calidad del agua, es necesario utilizar gráficos para normalizar las concentraciones de cada parámetro en una escala de [0 a 100]. Sin embargo, esta normalización puede ser impráctica. Por ello, se desarrolló un algoritmo de bosque aleatorio que permite calcular el NFS sin necesidad de normalizar los valores de los contaminantes.
El desarrollo del algoritmo se realizó en Python, utilizando Google Colaboratory, una herramienta gratuita que aprovecha los recursos computacionales de Google. Para el diseño del bosque aleatorio, se generaron 90 datos sintéticos con diversas calidades de agua mediante variaciones aleatorias en los parámetros de contaminación. Esto permitió al algoritmo aprender automáticamente los pesos de los parámetros sin necesidad de asignarlos manualmente, así como el método de normalización de cada uno de los parámetros que componen el índice NFS como se muestra en la Tabla 1.
El algoritmo de bosque aleatorio empleó 20 árboles de decisión y utilizó una semilla de generación de cero para asegurar la replicabilidad de los resultados en cada ejecución del código. El esquema del bosque aleatorio se ilustra en la Figura 1.

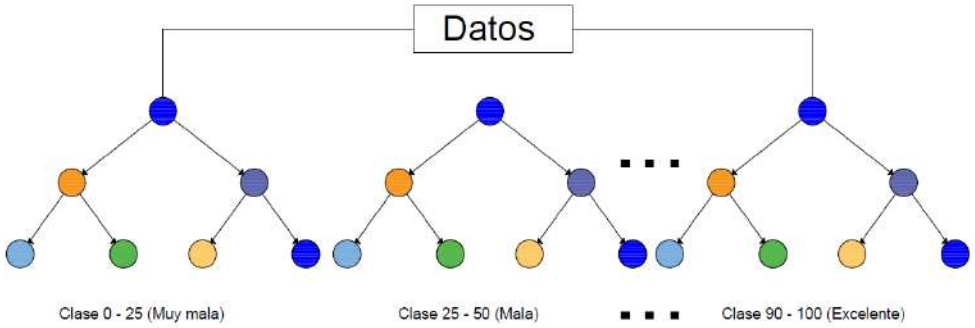


Figura 1. *Diagrama ilustrativo de bosque aleatorio.*

RESULTADOS. Los resultados obtenidos del algoritmo de árbol aleatorio se presentan en la Figura 2, en donde se aprecia haber alcanzado para los datos de validación un Error Absoluto Medio (MAE) de 0.16, un Error Cuadrado Medio (MSE) de 0.26 y una Raíz Cuadrada del Error Medio (RMSE) de 0.51, así como una Raíz Cuadrada Logarítmica Media del Error (RMSLE) de 0.01, todos estos representando el error en el ajuste de regresión lineal respecto a los datos de validación y entrenamiento, siendo errores relativamente pequeños, y un Coeficiente de Determinación (R^2) de 0.97, siendo este el valor que representa el porcentaje de ajuste respecto con todos los datos de entrenamiento y validación. Estos resultados se presentan en la Figura 2.

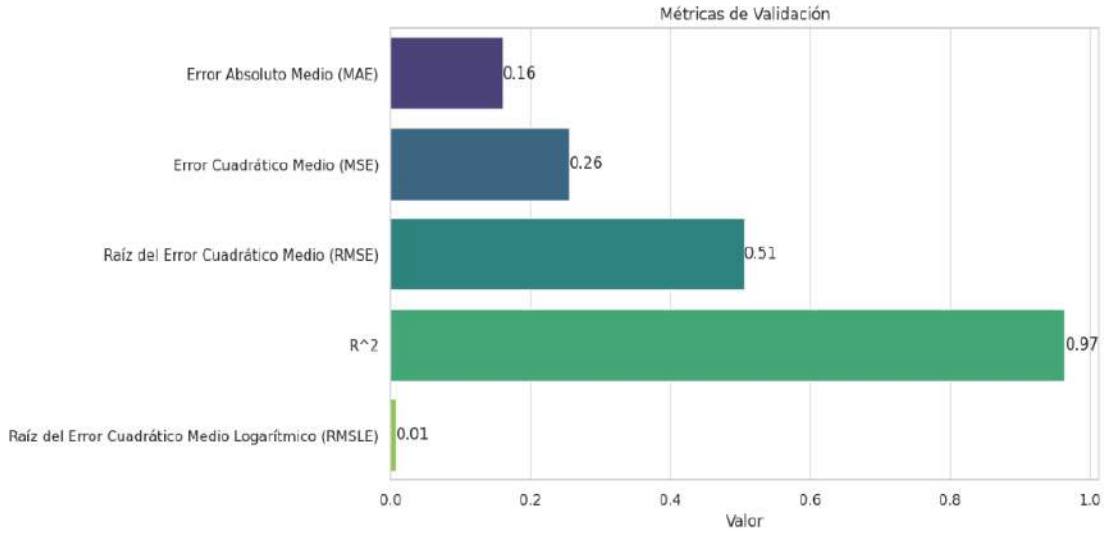


Figura 2. *Métricas de Evaluación del Algoritmo.*

Dado que el MAE proporciona una medida directa del error en las unidades del objetivo, un valor bajo como este sugiere que el modelo realiza predicciones bastante precisas y con un error moderado.

Por otro lado, también se presenta la Matriz de Confusión (MC) en la cual se observa que los datos obtenidos de la PTAR de Atapaneo presentan una calidad del agua mediana. Esto, en principio, es algo esperado por parte de las características de salida de la PTAR, ya que, al tratar con un reactor biológico, se esperan calidades de agua lo suficientemente aceptables para poder realizar descargas de agua residual, no obteniendo calidad del agua excelente ya que esta solo se podría obtener empleando procesos Físico-Químicos como los utilizados en las plantas potabilizadoras.

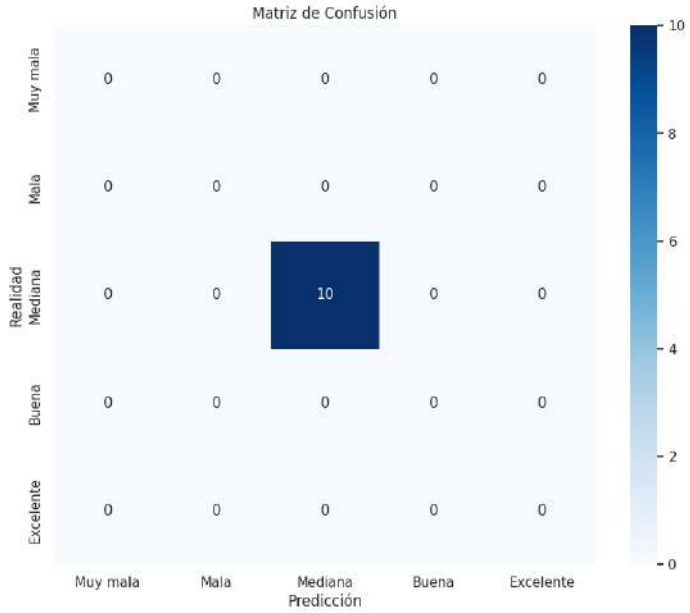


Figura 3. *Matriz de Confusión del algoritmo propuesto.*

CONCLUSIONES. Con los resultados anteriormente presentados se puede concluir que el modelo de bosque aleatorio propuesto presenta un desempeño sobresaliente para la determinación del ICA NFS aplicado a la PTAR de Atapaneo, esto se refleja en los errores relativamente pequeños del MAE, MSE y RMSE y un alto coeficiente de determinación R^2. Estos resultados sugieren que el modelo tiene un gran potencial de predecir los valores adecuados de la calidad del agua en los datos de validación. La evaluación adicional con la Raíz Cuadrada Logarítmica Media del Error (RMSLE) proporcionará una perspectiva complementaria sobre la precisión relativa del modelo en escalas logarítmicas. No obstante, a pesar del buen desempeño mostrado, es fundamental validar el modelo con nuevos datos provenientes de diferentes plantas de tratamiento que incluyan una variedad de clasificaciones de calidad del agua. Esto permitirá obtener métricas de validación más robustas y garantizar la aplicabilidad del modelo en condiciones reales antes de su implementación en el campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ewaid, S. H. (2017). Water quality evaluation of Al-Gharraf river by two water quality indices. *Applied Water Science*, *7*(7), 3759-3765.
2. Ontiveros, H. G. C., Castillo, N. A. M., Tristán, A. C., Cárdenas, M. C., Hernández, C. A. I., & Putri, R. F. (2021). Determination of the Water Quality Index (NFS WQI) of water bodies in the Huasteca Potosina, México. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 325, p. 08002). EDP Sciences.
3. Pal, M. (2005). Random forest classifier for remote sensing classification. *International journal of remote sensing*, *26*(1), 217-222.
4. Martín Pérez, A. (2020). Diseño de un sistema basado en bosques aleatorios para la detección de tumores cerebrales mediante imágenes hiperespectrales.
5. Torres Pasillas, H. A. (2023). Selección de metabolitos como características de un modelo de bosques aleatorios para el diagnóstico del COVID-19.
6. Merino, R. F. M., & Chacón, C. I. Ñ. (2017). Bosques aleatorios como extensión de los árboles de clasificación con los programas R y Python. *Interfases*, (10), 165-189.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824102

FACTORES AMBIENTALES ASOCIADOS A LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, NIVEL DE INFESTACIÓN Y EL IMPACTO DEL MUÉRDAGO (PSITTACANTHUS CALYCULATUS) EN LA LOCALIDAD DE LOS TÁBANOS, JIQUILPAN, MICHOACÁN, MÉXICO

Zaida Ochoa Cruz[1], María Valentina Angoa Pérez[2], Jorge Molina Torres[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com
2 Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán, zochoac1900@alumno.ipn.mx, vangoa@ipn.mx
3 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Irapuato, Gto. jmolinat@cinvestav.mx

Palabras Clave: Maleza, Infestación, Nicho ecológico

RESUMEN. *Psittacanthus calyculatus* (muérdago), es una planta hemiparásita que es considerada maleza ya que puede llegar a provocar la muerte de árboles de interés económico. Sin embargo, los muérdagos juegan un papel clave en los ecosistemas y prescindir de ellos provocaría un desequilibrio ecológico; por ello es necesario implementar estrategias de manejo sustentables, para evitar la disminución de la cobertura vegetal en los paisajes arbóreos. La investigación se basó en un análisis paisajístico y geoestadístico, con el uso de las siguientes herramientas; SIG, Dron (eBee), softwares (ArcGis 10.8.2 y RStudio). Los resultados mostraron que el nivel de infestación del muérdago fue mayor en zonas con mayor actividad antropogénica. *P. calyculatus* mostró una especialización a nivel localidad por hospederos pertenecientes al género *Mimosa* y *Bursera*. La altitud y los factores climáticos tienen relación positiva con la presencia de la especie hemiparásita. Este estudio aportó conocimiento sobre los diversos factores tanto bióticos como antropogénicos, evaluando la asociación de incidencia y severidad de la especie hemiparásita en la vegetación arbórea del área de estudio.

INTRODUCCIÓN. *Psittacanthus calyculatus* es una planta hemiparásita perteneciente a la familia Loranthaceae, ampliamente distribuida en diversas regiones de México y otras partes de América Central (Collazo & Geils, 2002). Esta especie se caracteriza por su capacidad de parasitar a una variedad de arboles hospederos, afectando su crecimiento, productividad y, en algunos casos su supervivencia. *P. calyculatus* extrae agua y nutrientes, lo que puede resultar en un debilitamiento significativo del hospedero, especialmente en áreas de alta infestación(Ornelas, 2019). El estudio de la distribución espacial con respecto al nivel de infestación, factores ambientales asociados a la presencia de la hemiparásita y es complementario al análisis paisajístico para generar el conocimiento adicionalmente, el análisis sobre la percepción de la comunidad sobre el impacto de *P. calyculatus* es fundamental para comprender los patrones de dispersión de la especie, identificar los factores que favorecen su establecimiento y evaluar la percepción de una comunidad de la cual hace uso de árboles de interés contribuirá a aportar información sobre el impacto tanto ecológico, económico y cultura. La localidad de los Tábanos se tomó como modelo de estudio porque se detectaron especies arbóreas con distinto grado de infestación por *P.*

calyculatus y dado que hay un asentamiento humano la estructura y percepción de la comunidad es primordial por lo que el estudio de las interacciones entre muérdagos y sus árboles hospederos, en conjunto con la percepción de la gente ante la problemática abrirá la puerta para poder conocer más y tener herramientas para el manejo y conservación de los recursos.

ANTECEDENTES. La planta hemiparásita, *Psittacanthus calyculatus* completa su ciclo de vida de 5 años en diversas especies arbóreas incluidas especies de interés económico como por ejemplo: pino, encino, sauce, mezquite, aguacate, manzano, debido a esto es considerada un plaga (Ornelas, 2019), ocasionando a sus hospederos daños de tipo mecánico o fisiológico a los árboles, por ejemplo: deformaciones, tumoraciones, pérdida del vigor, altura y hasta la muerte (Pérez, 2016). Existen mentados de control (cultural, biológico y químico) para el manejo de la especie, sin embargo hasta ahora no han tenido resultados exitosos (Collazo et al., 1986). El estudio en ecología del paisaje aplicado a la distribución, nivel de infestación y factores ambientales asociados a la presencia y severidad de una planta parásita es crucial ya que proporciona una comprensión integral de cómo interactúan estas plantas con su entorno y cómo influyen en los ecosistemas a gran escala guiando al manejo de las especies y las políticas de conservación (Farina, 2017). Y esto se logra gracias diversas herramientas como por ejemplo mediante el soporte de los sistemas de información geográfica (SIG), la utilización de los sistemas de posicionamiento global y la teledetección(Buzai, 2010).

OBJETIVOS. Analizar la distribución espacial del nivel de infestación de *P. calyculatus* utilizando análisis espacial mediante el método Kriging. Realizar un modelo de nicho ecológico para analizar los factores ambientales que favorecen el desarrollo de la especie. Conocer la percepción de la comunidad del área de estudio sobre el papel del muérdago.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plan de monitoreo y determinación de los hospederos. El plan de monitoreo que se empleó usando el método propuesto por Vega, (2017) con los siguientes puntos:

a) Ubicación de árboles infectados: Se georreferenciaron los árboles hospederos coordenadas UTM mediante un GPS (GARMIN, eTrex® 22x), tomando como referencia un datum WGS84.
b) Identificación y registro del número de muérdago por planta.
c) Identificación y registro del nivel de infestación.

Nivel de infestación. Se tomó como referencia el sistema de 4 clases propuesto por Vásquez, (1993) con algunas modificaciones. Se asignaron valores (nivel de infestación) con relación al porcentaje de ocupación de P*. calyculatus* en la copa del hospedero, niveles desde 0 a 3, con porcentajes de volumen infestado desde 1-60 %, designando diferentes daños con relación al nivel y porcentaje de infestación, que correspondió a las siguientes determinaciones: Sano (0), Leve (1), Medio (2) y Fuerte (3).

Aplicación de los SIG: Vuelo en dron. Se realizaron dos vuelos en dron modelo eBee en diferentes etapas fenológicas del muérdago (vegetativa juvenil y floración) y en distintas épocas climáticas (estiaje y lluvias). Se generó el reporte del vuelo en ambas zonas gracias al programa Pix4Dmapper Pro-versión 3.1. 22..

Distribución espacial por el método Kriging. El método Kriging se realizó mediante la técnica propuesta por Espinoza-Zúñiga et al., (2019) para plantas parásitas. Se generó el semivariograma experimental con los valores de la escala de infestación del muérdago presente en las copas de los árboles muestreados en cada uno de los sitos de muestreo, calculado con la siguiente expresión:

$$y*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_1 + h) - z(x_i)]^2$$

Donde, z = variable medida, xi = coordenada de una muestra, xi + h = coordenada de otra muestra a distancia (lag) h y N (h) = número de pares de muestras z (xi) y z (xi + h).

Modelo de nicho ecológico. El modelo de nicho ecológico se realizó según lo reportado por Ornelas et al. (2018), se utilizaron variables bioclimáticas (BIO1-BIO19) como temperatura, humedad y altitud, tomadas de la base de datos Worldclim para determinar las condiciones óptimas donde la especie puede vivir. Los factores bióticos se tomaron en cuenta los 42 datos de ocurrencia en el estado de Michoacán. Se emplearon modelos matemáticos y estadísticos, como el Análisis de Máxima Entropía (MaxEnt)

Entrevistas semiestructuradas. Fue diseñado un cuestionario (entrevista semiestructurada) con 10 preguntas clave, se elaboraron de forma abierta lo que permitió recaudar información más enriquecedora y con más matices, el cual fue aplicado a 20 personas (hombre y mujeres) de la localidad de los Tábanos, mayores de 18 años.

RESULTADOS

Géneros taxonómicos de los hospederos. Los resultados generales obtenidos en las zonas alta y baja arrojan que, de los 123 hospederos, 23 hospedero*s tuvieron presencia de muérdago, de los cuales el 43 % corresponde al género Mimosa*, el cual fue más susceptible a la presencia de *P. calyculatus* seguido de los géneros *Bursera* y *Quercus* con el 22 % del total de individuos con presencia de *P. calyculatus*.

Nivel de infestación y vuelo en dron. En la zona alta se registró niveles de infestación leve y medio (Fig. 1). Se muestra que, a pesar de haber obtenido un patrón de distribución aleatorio, en ciertos segmentos del transecto se presentó un patrón de agregación con niveles de infestación medio; esto pudiese ser debido a la cercanía de los hospederos. Por otro lado, en la zona baja con mayor actividad antropogénica se registró más especies con un nivel de daño medio en comparación a la zona alta, siendo un factor relacionado al daño al contar con menor diversidad de vegetación y mayor perturbación.

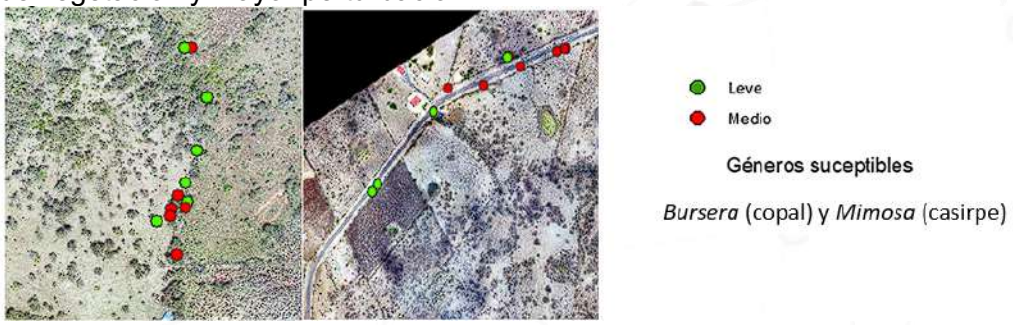


Figura 1. *Nivel de infestación de los hospederos más susceptibles a P. calyculatus*

Distribución espacial a nivel de infestación método Kriging. Se observa en la predicción (Fig. 2) que los valores de los niveles de infestación oscilaron entre 8-24 % del nivel de infestación, lo que coincide con lo observado en campo ya que en la zona baja hubo mayor severidad y una mayor actividad antropogénica por lo que existe una prevalencia a existir un nivel de infestación medio en comparación a la zona alta, lo que coincide con diversos estudios de otras especies parasitan donde han evaluado los factores asociados a su distribución donde mencionan que los factores de perturbación tienen una relación positiva con el nivel de infestación de especies pertenecientes al género *Psitacanthus* (Arce-Acosta et al., 2016; Endara-Agramont et al., 2022).

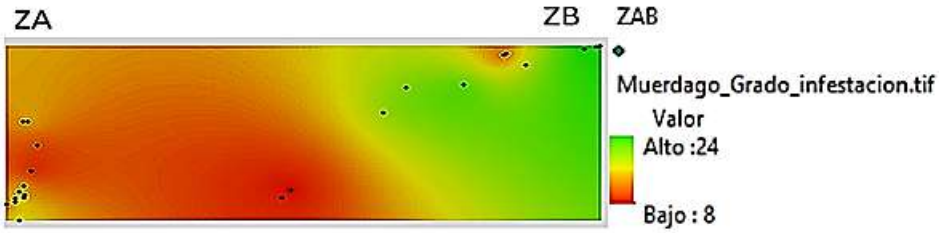


Figura 2. *Kriging sobre el nivel de infestación en la zona de los Tábanos, Jiquilpan, Mich.*

Modelo de nicho ecológico. El análisis del nicho ecológico de *P. calyculatus* en el estado de Michoacán (Fig. 3), basado en 42 registros de ocurrencia y utilizando el algoritmo MaxEnt, reveló que la altitud y las variables bioclimáticas BIO1 (temperatura media anual), BIO6 (temperatura mínima del mes más frío), BIO16 (precipitación del trimestre húmedo) y BIO9 (temperatura del trimestre más seco) son los factores que más contribuyen al desarrollo de la especie. Estos resultados destacan la influencia de la temperatura y la precipitación en la determinación del nicho de *P. calyculatus*, sugiriendo que los cambios en estos factores podrían afectar significativamente su distribución.

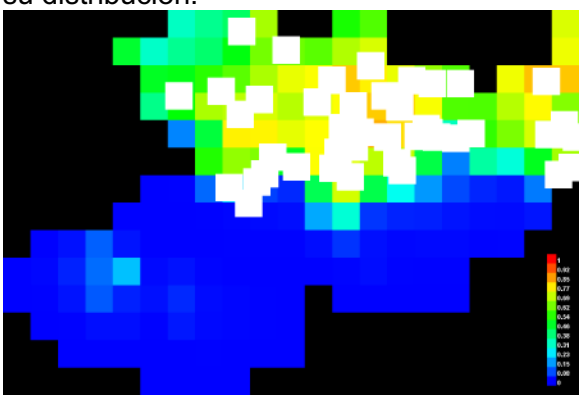


Figura 3. *Modelo de nicho ecológico de P. calyculatus en Michoacán*

Entrevistas. El 86 % de las mujeres y el 83 %por ciento del total de hombres encuestados coincide en que si es un problema porque seca los árboles debido a que hay una invasión y evita que crezcan. Sin embargo, erradicarla también desencadenaría un problema. Lo ideal es encontrar otras alternativas de manejo

CONCLUSIÓN. *P. calyculatus* muestra una especialización a nivel localidad por hospederos pertenecientes al género Mimosa y Bursera. Los factores ambientales de clima y altitud tienen estrecha relación con el desarrollo de la especia. Como conclusión parcial y como posible propuesta de manejo podría ser que la reivindicación de los usos tradicionales favorecerá a la comunidad ya sea a nivel medicinal, comercial y artesanal, ya que pueden ofrecer una estrategia de manejo a nivel del fruto para mantener niveles bajos de infestación de la especie y dispersión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arce-Acosta, I., Suzán-Azpiri, H., & García-Rubio, O. (2016). Biotic factors associated with the spatial distribution of the mistletoe *Psittacanthus calyculatus* in a tropical deciduous forest of central Mexico. *Botanical Sciences*, *94*(1), 89–96. https://doi.org/10.17129/botsci.263
2. Buzai, G. D. (2010). Análisis espacial con sistemas de información geográfica: sus cinco conceptos fundamentales. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos Conceptuales y Aplicaciones*, *7*(Capítulo

7), 163–195.
3. Collazo, Chávez, R. P., & Chávez, R. P. (1986). Control Químico del Muérdago Verdadero (*Psittacanthus* Sp.) En La Sierra Purépecha (Mese-Ta Tarasca). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *11*(59).
4. Collazo, & Geils, B. W. (2002). Chapter 2. *Psittacanthus* in Mexico. In *Mistetloes of North American Conifers*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-98
5. Endara-Agramont, Heredia Bobadilla, R. L., García Almaraz, L. A., Luna Gil, A. A., Franco Maass, S., & CibriánLlanderal, V. D. (2022). Factores asociados con la distribución espacial de muérdagos enanos en dos poblaciones de *Pinus hartwegii* del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *93*, e935008. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.5008
6. Espinoza-Zúñiga, P., Ramírez-Dávila, J. F., Cibrián-Tovar, D., Villanueva-Morales, A., Cibrián-Llanderal, V. D., Figueroa-Figueroa, D. K., & Rivera-Martínez, R. (2019). Modelación de la distribución espacial del muérdago (Santalales: Loranthaceae) en las áreas verdes de la delegación Tlalpan, México. *Bosque (Valdivia)*, *40*(1), 17–28. https://doi.org/10.4067/s0717-92002019000100017
7. Farina, A. (2017). *Ecología del Paisaje*. Universidad de Alicante.
8. Ornelas. (2019). LOS MUÉRDAGOS *Psittacanthus* en México: ecología, evolución, manejo y conservación. *Biodiversitas*, *146*, 1689–1699.
9. Ornelas, Licona-Vera, Y., & Ortiz-Rodriguez, A. E. (2018). Contrasting Responses of Generalized/Specialized Mistletoe-Host Interactions under Climate Change. *Ecoscience*, *25*(3), 223–234. https://doi.org/10.1080/11956860.2018.1439297
10. Pérez. (2016). Impacto del muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en la economía de las familias campesinas en una región del subtrópico mexicano. *Perspectivas Latinamericanas*, *13*(1), 141–156.
11. Vega, I. (2017). Plan de monitoreo y control del muérdago *(Struthanthus sp. y Psittacanthus calyculatus) en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas* (Issue 00089333).

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824103

EDUCAGREEN

Michelle Camacho Flores[1], Paloma Martínez Razo[1], Francisco Antonio Ávila García[1], Perla Jazmín Campos Díaz[1]

1Universidad Tecnológica de Salamanca; 612110402@utsalamanca.edu.mx , 612110559@utsalamanca.edu.mx , favila@utsalamanca.edu.mx, pcampos@utsalamanca.edu.mx

Palabras Clave: Educación ambiental, Comunidad, Medio Ambiente, 7R, Economía Circular, Cultura

INTRODUCCIÓN . Durante el 2020, el INEGI presento en sus resultados que se generan más de 106 millones de kilogramos de residuos sólidos al año a nivel nacional, lo cual genera una gran problemática ambiental (INEGI, 2020). La comunidad suele tener una falta de conocimiento acerca de la correcta disposición de residuos y también de lo importante que llega a ser el reciclaje. Este es un problema no sólo para la contaminación del aire, agua y/o suelo, sino también para la salud humana. Por ello se considera importante, el sensibilizar a la sociedad con una educación ambiental sólida, que pueda ayudar a cambiar hábitos y promover prácticas sustentables (SEMARMAT, 2024). El proyecto EducaGreen, tiene como propósito la praxis del reciclaje por medio de la metodología de las 7R; siendo su principal enfoque los niños y adolescentes, quienes, mediante actividades recreativas y didácticas incentivarán la conciencia ambiental en cada uno de ellos. Con la ayuda de las instituciones educativas se pueden conseguir buenos resultados, volviendo importante que los cuerpos escolares y los niños entiendan lo que es el reciclaje, este proyecto lo proporciona de manera concisa. Para los infantes, se pensó en la implementación de un Kit Ecofriendly dinámico como una herramienta innovadora para impulsar la conciencia ambiental desde una edad temprana. El principal material, es el plástico reciclado que ayuda a la reducción de deshechos plásticos que se generan todos los días, enseñando la importancia de las 7R, mientras que crea un producto totalmente funcional, en este caso armar su propio huerto urbano orgánico ahorrador de agua.

ANTECEDENTES. México se caracteriza por su variado paisaje que abarca desde selvas tropicales hasta desiertos áridos, pasando por montañas majestuosas y costas impresionantes en dos océanos. Sin embargo, a pesar de esta abundancia natural, enfrenta desafíos ambientales significativos, que van desde la degradación de ecosistemas hasta la contaminación de suelo y agua. (SEMARMAT, 2024). La deficiencia de la educación ambiental en México es evidenciada a través de varios antecedentes, como ejemplo, el que no ha sido una prioridad en el sistema educativo mexicano, y en muchos casos, no se ha incorporado de manera efectiva en el currículo de las escuelas (UNESCO, 2024); la escasa formación de docentes, ya que, la mayoría de los profesores no han recibido una formación adecuada en dicha asignatura, lo que limita su capacidad para transmitir conocimientos y conciencia ambiental a los estudiantes. A menudo, la educación ambiental se ha centrado en teoría y no se ha traducido en acciones concretas, lo que dificulta la aplicación de los conocimientos adquiridos en la vida cotidiana (Márquez, 2021). Estos precursores han contribuido a la deficiencia en la educación ambiental en México, lo que subraya

la necesidad de mejorar y que se fortalezcan los programas socio ambientales en el país, ya que este tema representa una necesidad apremiante y una oportunidad invaluable en un país que alberga una diversidad natural excepcional y una riqueza de recursos naturales.

OBJETIVO

Diseñar un kit Ecofriendly didáctico donde serán aplicadas algunas de las 7R para la implementación de pequeños huertos urbanos ecológicos ahorradores de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reciclaje de PET. Para el proceso de reciclaje de PET se dio inicio con una campaña dentro de la Universidad Tecnológica de Salamanca en la Cd. de Salamanca Gto. donde se colocaron contenedores de acopio para el mismo, posteriormente se realizó una clasificación, seleccionando las botellas por tamaños, resistencia, dañadas, con tapa, etc.

Elaboración bases de macetero. Para la producción del Kit dinámico se rediseñaron las botellas de PET la cuales se limpiaron, lavaron y cortaron a una altura de 15 centímetros por todo el diámetro de la base, para finalizar quitándoles el filo que les queda después del corte y sobre las tapas de cada botella, se realizaron pequeños orificios. Con esto quedan listas las bases de las macetas para el huerto que se incluye en el kit.

Armado de la estructura del Huerto. A partir de tablas recicladas de cajas de madera, las cuales se limpiaron y pulieron se procedió a la elaboración de los soportes de las macetas. Posteriormente, se les realizó dos cortes circulares de diez centímetros de diámetro en el centro de la tabla, dejando 5cm de distancia entre las esquinas y ambas circunferencias. Finalmente, para unir toda la estructura del huerto de tomaron las dos tablas, dejando 30cm de distancia entre cada tabla, las cuales fueron unidas por un mecate de 1 metro de largo entre los cuatro costados de las plataformas.

Huerto urbano ecológico. Se seleccionaron las semillas que se obtienen a partir de los residuos de cocina, en este caso fueron chiles y jitomates Cherry. La tierra para la siembra fue obtenida a partir de una composta. Una vez fabricados los Kits se procedió a la implementación en centros recreativos urbanos, promoviendo la participación de niños y jóvenes.

RESULTADOS

Reciclaje de PET. Una vez finalizada la primera fase de la campaña de reciclaje se lograron obtener 3kg de PET en total (fig1). Los cuales fueron utilizados para la elaboración de los maceteros.



Figura 1. *Imagen representativa (Alzate, 2022)*

Elaboración de Maceteros de PET. Después de la selección y lavado de las botellas se lograron fabricar los maceteros (fig2); con las características deseadas para el armado del Kit.



Figura 2. *Macetas con PET reciclado*

Compostaje para los huertos ecológicos. Esta se realizó con los residuos orgánicos del hogar junto con los residuos de la limpieza de las tablas (fig3) y (fig4).



Figura 3. *Composta con residuos orgánicos y residuos de la madera*



Figura 4. *Composta con residuos orgánicos y tierra*

Huerto urbano ecológico. Para llevar a prueba el objetivo de proyecto se procedió a la implementación el Kit con la participación de niños donde se les brindo una explicación por medio de juego para llevar la a cabo la praxis de las 7R donde con el Kit se inició con el pintado de los maceteros de color blanco esto con el fin de favorecer la absorción de la luz solar a los cultivos (fig5).



Figura 5. *Proceso de pintado de las macetas a base de PET reciclado.*

Donde por medio del juego los niños permanecieron interesados por el paso siguiente del Kit el cual fue el armado de la estructura del huerto, dentro de los maceteros, se incorporaron 3cm de

arena la cual ayudaría a que el agua se filtrara por las tapaderas de forma más controlada, permitiendo que el cultivo superior regado, absorba el agua que requiere, enseguida se le agrego una parte de la composta obtenida junto con un poco de tierra hasta llegar a aproximadamente 10 centímetros del macetero, se le indico a los niños que realizaran un orificio en la tierra sumergiendo su dedo no más de la mitad (aproximadamente 2 centímetros de profundidad), para depositar las semillas del fruto a cultivar, se taparon con la tierra y se concluyó humedeciendo. Al último de este paso, se colocaron las macetas sobre los orificios de las tablas (fig6).



Figura 6. *Resultado final del Huerto urbano ecológico reciclador de agua*

CONCLUSIONES. Fue posible obtener un huerto Urbano ecológico con material reciclado en dónde se aplicó la utilización de 7R, así como se comprobó que por medio del juego y la creatividad se logra que los niños de la urbe pueda tener una relación más cercana con el medio ambiente y que además de ello puedan logar cultivar parte de los alimentos que consumen día con día en sus hogares, por lo que el proyecto Kit Ecofriendly nos permitió implementar una economía circular con respecto a los deshechos del PET, así como concientizar a todo aquel que participó en la dinámica generando una conciencia más sólida en el aspecto ambiental.

Referencias Bibliográficas

1. INEGI. (2020). *Resultados de los residuos sólidos Urbanos.* Ciudad De Mexico. Lilia Márquez Delgado. (02 de Abril de 2021). La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. *Universidad y Sociedad* , pág. Vol.13.
2. Márquez, L. (02 de 04 de 2021). La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. *Universidad y Sociedad* , pág. Vol.13.
3. Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. (26 de Enero de 2024). *Gobierno de México* . Obtenido de https://www.gob.mx/imta/es/articulos/educacion-ambiental-conocimiento-y-accion-para-salvaguardar-el-planeta
4. SEMARMAT. (26 de Enero de 2024). *Gobierno de México* . Obtenido de
5. https://www.gob.mx/imta/es/articulos/educacion-ambiental-conocimiento-y-accion-para-salvaguardar-el-planeta
6. UNESCO. (2024). *UNESCO* . Obtenido de https://www.unesco.org/es/articles/la-unesco-quiere-que-la-educacion-ambiental-sea-un-componente-clave-de-los-planes-de-estudio-para

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824104

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS-BIOL CON UNA MEZCLA DE ESTIÉRCOL PORCINO Y LIRIO ACUÁTICO PARA SU APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Katya Estrada Estrada[1], Juan Carlos Corral Huacuz[2], Víctor Manuel Ruiz García[3]

1 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán MISE-UIIM; katia.estrada.mise12005@uiim.edu.mx

2 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán MISE-UIIM; jcarlos.corralhuacuz@uiim.edu.mx

3 Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) UNAM Campus Morelia; vruiz@cieco.unam.mx

Palabras Clave: Biodigestor, digestión anaeróbica, biogás, biol

RESUMEN. Hoy en día la sostenibilidad energética es uno de los temas más urgentes y debatidos en la agenda global, la demanda energética continúa en aumento, mientras que los recursos naturales se encuentran decreciendo y los impactos climáticos son cada vez más evidentes. En este sentido, la reducción en la dependencia de fuentes de energía de origen fósil y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se encuentran entre los principales motivos que han llevado a impulsar alternativas energéticas limpias y renovables. En la actualidad México cuenta con un potencial biomasico de 2,635 a 3,771 Petajoules (PJ/año), donde el potencial para la generación de biogás es de 35 a 305 PJ/año en residuos municipales y de 148-190 PJ/año en residuos orgánicos ganaderos. Una alternativa para el aprovechamiento de dichos residuos orgánicos es el uso de biodigestores anaerobios. La presente investigación que se encuentra en curso, tiene como objetivo proponer la implementación de una ecotecnología: biodigestor marca HomeBiogas 2.0 determinando las mezclas adecuadas de estiércol porcino con lirio acuático para obtener biogás y biofertilizante (biol), como una alternativa para la cocción de alimentos y reducir la dependencia de los combustibles fósiles; a la vez de ser una alternativa para disminuir el impacto ambiental con el uso de lirio acuático que se considera una plaga acuática en el lago de Pátzcuaro. Los primeros parámetros físico-químicos obtenidos del biogás fueron: 56.13% CH_4, 39.13% CO_2, 0.04% O_2, y el resto 4.71% N_2. Se puede concluir que el porcentaje en volumen del metano se encuentra dentro del rango teórico 50% - 70%. El volumen de biol producido semanalmente es de 30 litros; es un fertilizante líquido rico en humus que ayuda a un óptimo desarrollo y productividad en los cultivos de traspatio en la vivienda donde se encuentra instalada la ecotecnía.

INTRODUCCIÓN. Para lograr una sustentabilidad energetica, las principales fuentes de energía deben de transitar de los combustibles fósiles al uso de energías limpias y renovables, dando como resultado la reducción de la contaminación y a su vez, asegurar el suministro de energía sostenible que satisfaga las necesidades energéticas futuras (Razmjoo, 2021). Se requiere de una transición energética que incluya una combinación de cambios tecnológicos, económicos, políticos, institucionales y socioculturales, guiados por la ética y la sostenibilidad, siendo una lucha real y en tiempo real para prevenir los daños a los grupos más vulnerables a los impactos

del cambio climático, como las generaciones futuras, grupos minoritarios y personas de países económicamente desfavorecidos (Miguel Niño, 2018). La sustitución de los hidrocarburos por fuentes alternativas sustentables se ha transformado en una prioridad de los últimos años (Morero, 2020). Por todo esto, el incremento de la seguridad en el abastecimiento energético, la reducción de la dependencia de fuentes de energía de origen fósil, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se encuentran entre los principales motivos que han llevado a diferentes países a impulsar la producción de biocombustibles en la búsqueda de sustentabilidad (Salazar, 2020).

ANTECEDENTES. La carne de cerdo es una de las carnes más consumidas a nivel mundial (OCDE, 2023). Con el crecimiento de la población mundial y el desarrollo económico, esta tendencia al aumento de consumo de carne de cerdo continuara. Lo que se deriva de la producción de cerdos es que existen casi mil millones de cerdos criados en todo el mundo (FAOSTAT, 2023). Con este aumento, también se están produciendo grandes cantidades de estiércol, lo que ha generado preocupaciones ambientales, incluida la contaminación por olores, las emisiones de metano y la contaminación de los cursos de agua. El volumen de estiércol generado y su composición química están estrictamente relacionados con el número de cabezas de ganado y el método de cría de los cerdos; dependen del tipo y edad de los animales, el método de alimentación y la condición de los animales (Sanchez, 2005). La alternativa de energía limpia para la actividad pecuaria es la producción de biogás por medio de biodigestores, su generación por medio de desechos orgánicos proporciona energía de bajo costo, ingresos adicionales a los agricultores, oportunidades de empleo, energía descentralizada y protección al ambiente, reduciendo la huella de emisiones de gases de efecto invernadero (Rivas, 2018). El biogás es un poco más liviano que el aire, posee una temperatura de inflamación de alrededor de 700ºC. La temperatura de la llama alcanza los 870ºC. En cuanto a su poder calorífico, este aumenta proporcionalmente con el porcentaje de metano presente, que a la vez aumenta con el tiempo de retención en los biodigestores. Para lapsos de retención cortos el contenido de metano se reduce hasta en un 50%. Con un contenido de metano menor a un 50%, el biogás deja de ser inflamable (UNEP, 2011).

OBJETIVOS. El objetivo del proyecto es evaluar la eficiencia de conversión y rendimiento energético en la producción de biogás y de abono orgánico (biol), al evaluarlo con estiércol porcino mediante el uso de un biodigestor anaeróbico. Además, de forma adicional poder valorar su aprovechamiento termo-energético en el sector residencial con la cocción de alimentos y calentamiento de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proyecto es realizado en la comunidad P´urhépecha de Tzintzuntzan, Michoacán, México (ver Fig. 1), en donde se encuentra instalado el biodigestor anaeróbico de la marca HomeBiogas, en este mismo espacio se realiza la recolección del estiércol porcino para su carga posterior.



Figura 1. *Ubicación del proyecto en la Comunidad P´urhépecha de Tzintzuntzan*

Una vez en funcionamiento el biogás producido se utiliza en una parrilla especial de la marca HomeBiogas, para su aprovechamiento termo-energético utilizándolo para la cocción de alimentos y calentamiento de agua. El otro producto resultante es el biol, el cual también es utilizado dentro del mismo espacio, para el riego de pasto y palmeras. Los parámetros energéticos se realizan una vez que el biodigestor se ha estabilizado, en este caso la muestra se tomó 60 días después de la activación del mismo. En la Fig. 2, se muestra esta metodología.

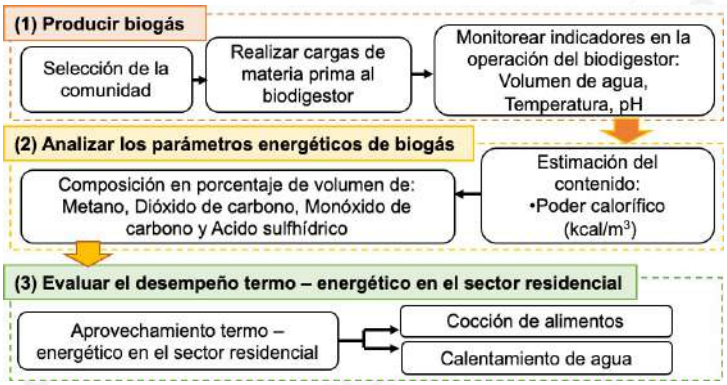
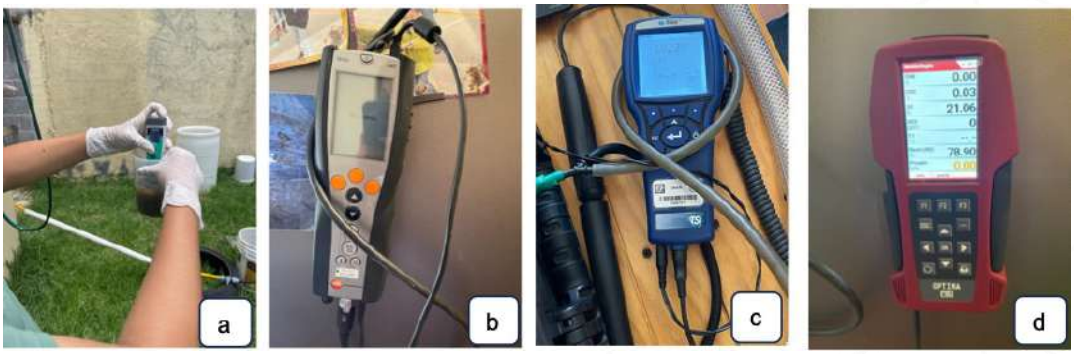


Figura 2. *Metodologia para la realizacion del proyecto*

Los instrumentos utilizados para la medición de los parámetros energéticos del biogás se muestran en la Fig. 3(a) medidor de pH portátil, la Fig. 3(b) TESTO que captura emisiones, la Fig. 3(c) es Q-Trak el cual mide principalmente emisiones de CO y CO_2 que se reflejan directamente en el equipo, la Fig. 3(d) es un Sistema Portátil de Medición de Emisiones (PEMS) el cual mide la eficiencia de combustión CO y CO_2 datos que son arrojados al equipo y a la computadora.



La Fig. 3(e) muestra la caja negra que permite calcular la eficiencia de combustión, la Fig. 3(f) son las llamadas Arañas, que básicamente son antenas que captan las emisiones de vapor de agua, CO, CO_2, metano y material particulado, los resultados son enviados al equipo (e) y la Fig. 3(g) es un equipo IAP (Indoor Air Pollution) el cual mide la calidad del aire.



Figura 3. *Equipos utilizados para la caracteización de los parámetros energéticos del biogás*

RESULTADOS OBTENIDOS. La conclusión de esta primera etapa del trabajo de investigación es que se cumplió con los objetivos planteados al inicio del trabajo, el valor del pH influye en el crecimiento de microorganismos metanogénicos, el pH ideal debe mantenerse dentro de un rango de 6.8 a 7.2 (Srichat, 2017); en esta investigación se obtuvo un pH=7.1 presente en el biol. De acuerdo a Ünveren (2017), el biogás crudo está compuesto de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) como sus principales componentes, también incluye contaminantes como nitrógeno (N_2), vapor de agua (H_2O), hidrogeno (H_2), sulfuro de hidrogeno (H_2S) y amoniaco (NH_3). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, donde el volumen del metano se encuentra dentro del rango teórico 50% - 70%. En la figura 4, se puede observar las etapas de la producción del biogas.

Componentes	Formula química	Concentración
Metano	CH_4	57.13%
Dióxido de carbono	CO_2	38.86%
Oxigeno	O_2	0.04%
Resto (otros componentes)	N_2	4.71%
Sulfuro de hidrogeno	(H_2S)	1,448 ppm
pH (Biol)		7.1

Tabla 1. *Composición porcentual de los componentes del biogás*



Figura 4. *Producción del biogas: (a) estiércol porcino; (b) biodigestor HomeBiogas; (c) parrilla de cocción y ebullición; (d) biofertilizante (biol)*

CONCLUSIONES. Dentro de la primera etapa del trabajo de esta investigación se concluye que se cumplió con los objetivos planteados al inicio del trabajo. El biogás ha demostrado ser una respuesta viable a los problemas ambientales y energéticos, es un combustible versátil, ya que genera menos emisiones de gases de efecto invernadero, y su producción se utiliza para tratar y reducir la cantidad de residuos orgánicos. La segunda fase del proyecto, es llevar a cabo la alimentación del biodigestor con una mezcla de estiércol porcino y lirio acuático proveniente del lago de Pátzcuaro, dando una alternativa para combatir dicha maleza invasiva que este representa a la región. Se espera con esta mezcla incrementar la producción de metano presente en el biogás.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAOSTAT. (Septiembre de 2023). Cultivos y productos pecuarios. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion*. Roma, Italia.
2. Miguel Niño. (2018). Barandillas de sostenibilidad para los escenarios energéticos de la transición energética global. *ELSEVIER*.
3. Morero, B. (2020). *Simulación del proceso de absorción química en soluciones de aminas para la purificación del biogas.*
4. OCDE. (Septiembre de 2023). Consumo de carne. Paris, Francia.
5. Razmjoo, A. (2021). Un análisis técnico que investiga la sostenibilidad energética utilizando fuentes de energía renovables confiables para reducir emisiones en una zona de alto potencial. *ELSEVIER*, 46-57.
6. Rivas, S. O. (2018). Biodigestores: factores quimicos, fisicos y biologicos relacionados con su productividad. *Tecnologia en marcha*.
7. Salazar, F. C. (2020). Metodologia basada en el modelo de referencia para cadenas de suministro para analizar el proceso de produccion de biodiesel a partir de higuerilla.
8. Sanchez, M. G. (2005). El valor fertilizante del purín de cerdo. Valores según el tipo de operación. *ELSEVIER*.
9. UNEP. (2011). Biogas fertilizer system.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824106

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA CONTAMINADA POR DETERGENTES LÍQUIDOS UTILIZANDO MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

Yajaira Concha Sánchez[1], Yuritzi Alejandra Vallejo Bazán[2], Itzel Luviano Soto[3], Gabriel Arroyo Correa[4], José Vega Cabrera[5]

1 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yajaira.concha@umich.mx

2 Facultad de Ciencias-Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0617160j@umich.mx

3 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; itzel.luviano@umich.mx

4 Facultad de Ciencias-Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; garroyo@umich.mx

5 Facultad de Ciencias-Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.vega.cabrera@umich.mx

Palabras Clave: detergentes líquidos, aguas residuales, espectroscopia, Ley de Lambert-Beer

RESUMEN. El agua es un recurso indispensable para la vida y el desarrollo de las actividades humanas. Dada su escasez y la creciente demanda exacerbada por el aumento de la población, es crucial generar estrategias para su aprovechamiento sustentable. En este contexto, el tratamiento de aguas residuales adquiere una importancia fundamental. Para llevar a cabo un tratamiento efectivo, es necesario primero evaluar la calidad del agua residual, caracterizando correctamente los contaminantes presentes. Entre los contaminantes más comunes en las aguas residuales de áreas urbanas se encuentran los detergentes y productos de limpieza. Estos agentes representan una preocupación significativa debido a su impacto en la calidad del agua y el medio ambiente. En este trabajo, se propone el uso de técnicas alternativas conocidas como "pruebas no destructivas" para evaluar la calidad del agua contaminada por cuatro detergentes líquidos para ropa disponibles en el mercado empleando diferentes concentraciones. Los registros de transmisión de las muestras fueron obtenidos mediante un colorímetro portátil, a distintas longitudes de onda correspondientes a los colores rojo, naranja, verde y azul. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en función de la concentración y el tipo de detergente analizado.

INTRODUCCIÓN. El agua es un recurso esencial para la vida. En las zonas urbanas del mundo moderno, el uso de detergentes en actividades cotidianas y en procesos industriales representa una fuente considerable de contaminación hídrica. Los detergentes contienen compuestos químicos que alteran las propiedades físicas y químicas del agua, afectando gravemente a los ecosistemas (Mousavi y Khodadoost 2019). Dos de los parámetros fundamentales que se utilizan para evaluar la calidad del agua, y que se ven afectados por los detergentes, son el color y la turbidez. Estos no son simplemente aspectos estéticos, ya que sus variaciones pueden ocasionar graves perjuicios a la flora y fauna acuática. La colorimetría es una técnica empleada para detectar variaciones en el color, basada en la Ley de Lambert-Beer. Esta ley empírica describe cómo un medio reacciona ante la luz, vinculando la cantidad de sustancia presente en la muestra con la cantidad de luz absorbida. La ley se expresa matemáticamente como:

$$A = -\log T = \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

donde A es la absorbancia del medio, T es la transmitancia, I_0 es la intensidad de luz incidente, e I es la intensidad de luz transmitida.

ANTECEDENTES. El trabajo de Chacha et al. (Chacha et al. 2023) introduce un método avanzado para la cuantificación del color en muestras acuosas mediante el uso de un fotómetro de alta precisión. Este enfoque proporciona una medición más exacta de las variaciones cromáticas, facilitando una correlación directa con la presencia de sustancias disueltas en el agua. Por otro parte, Stavn (Stan 1998), analiza de manera exhaustiva la Ley de Lambert-Beer en el ámbito de la óptica oceánica, estableciendo una relación cuantitativa entre las propiedades ópticas del agua y los materiales disueltos o en suspensión. Este análisis resulta fundamental para comprender cómo los coeficientes de absorción y dispersión varían en función de la concentración de partículas y solutos en medios acuáticos. Finalmente, el trabajo de Omar y MatJafri (Omar y MatJafri 2008), presenta una innovadora aplicación de sensores de fibra óptica para la evaluación de la calidad del agua. Estos sensores permiten medir la transmitancia y correlacionarla con parámetros críticos como la turbidez y la concentración de partículas suspendidas, ofreciendo una herramienta eficaz para el monitoreo en tiempo real de cuerpos de agua contaminados.

OBJETIVOS. El objetivo principal de este estudio es determinar el grado de contaminación en el agua, causado por detergentes líquidos comerciales, a partir de mediciones de su transmitancia.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se seleccionaron cuatro marcas de detergentes líquidos de uso comercial: Ace, Ariel, Foca y Roma. Para cada detergente se prepararon cuatro concentraciones distintas, generando un total de 16 muestras (ver Fig. 1). Dichas muestras fueron colocadas en celdas de polipropileno e introducidas en el colorímetro CI-674, el cual mide la transmitancia de la luz en las bandas correspondientes a los colores rojo, naranja, verde y azul.



Figura 1. *Muestras de los detergentes líquidos.*

Se utilizó una interfaz ScienceWorkshop® 750 para procesar los datos registrados por el colorímetro con el software PASCO CAPSTONE® (ver Fig. 2). Así, se obtuvieron los registros de transmitancia y absorbancia para cada longitud de onda. Como referencia, se analizó una muestra de agua pura.

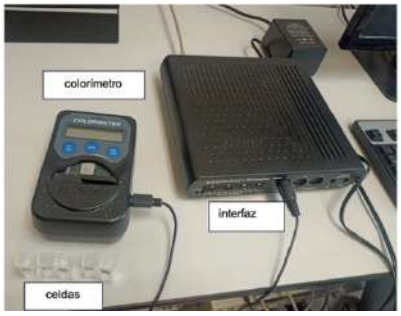


Figura 2. *Arreglo experimental.*

RESULTADOS OBTENIDOS. Los resultados de las pruebas se presentan en la Tabla 1. Las mediciones de transmitancia obtenidas demuestran que los detergentes analizados presentan bajos niveles de absorbancia. En particular, las muestras de Foca y Ace mostraron sus valores más bajos de transmitancia en el rango de color azul, mientras que Ariel lo hizo en verde y Roma en rojo. En términos generales, Foca presentó los porcentajes de transmitancia más bajos, mientras que Ariel alcanzó los valores más altos (ver Fig. 3).

Muestra	Rojo	naranja	Verde	Azul
Roma 25	97.6013	96.8038	98.8322	99.2799
Roma 50	96.4275	97.4986	99.2125	98.3253
Roma 75	96.8865	99.8115	97.4866	96.2055
Roma 100	95.8037	96.9702	96.5550	96.1326
Foca 25	99.9500	99.9641	99.9893	99.9521
Foca 50	97.6931	99.1095	96.2590	96.849
Foca 75	96.1212	94.2388	90.4506	90.0297
Foca 100	96.7208	93.3255	93.2078	89.0429
Ace 25	99.9478	99.9622	99.989	99.9508
Ace 50	99.949	99.9631	99.878	99.9514
Ace 75	97.2546	96.8375	94.6084	93.6914
Ace 100	97.8614	97.1395	94.8838	94.7846
Ariel 25	99.9475	99.963	99.9887	99.9504
Ariel 50	99.4719	98.9104	96.8314	99.9510
Ariel 75	99.9478	99.5670	98.2368	99.3607
Ariel 100	98.4155	96.1491	96.0935	98.2549
Agua pura	99.9877	99.9907	100.0000	99.9927

Tabla 1. *Mediciones de Transmitancia.*

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos permiten concluir que los diferentes tipos de detergentes líquidos comerciales afectan de manera variada la calidad del agua, dependiendo de sus concentraciones y características ópticas. Estos hallazgos son relevantes para el desarrollo de metodologías que permitan una evaluación precisa y eficiente de la contaminación por detergentes en cuerpos de agua.

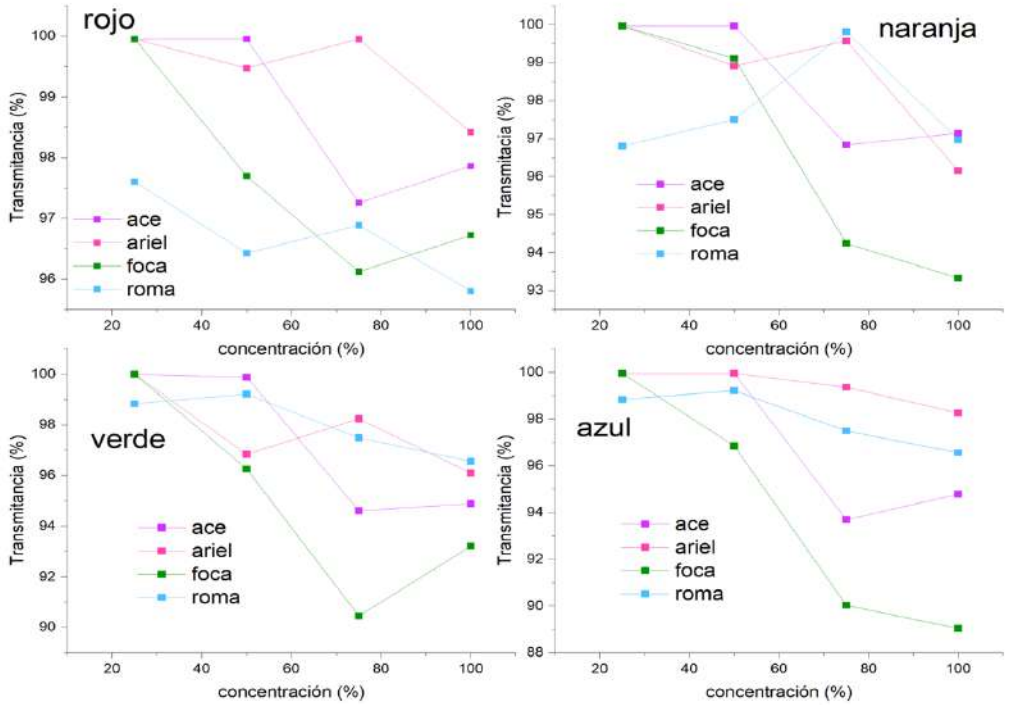


Figura 3. *Comparación de la transmitancia por color.*

REFERENCIAS

1. Chacha, S., Tapia, I., Narváez, W., Alcíbar, C. (2023). infoANALÍTICA, **11**(1): 53-71. https://doi.org/10.26807/ia.v11i1.241
2. Mousavi, S. A., & Khodadoost, F. (2019). Environmental Science And Pollution Research, **26**(26): 26439-26448. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05802-x
3. Omar, A. F., and MatJafri, M. Z. (2008). 6th National Conference on Telecommunication Technologies and 2nd Malaysia Conference on Photonics, Putrajaya, Malaysia, 2008, pp. 17-21, http://dx.doi.org/10.37256/sce.5220245325
4. Stavn, R. H. (1988). Applied Optics, ***27***(2): 222. https://doi.org/10.1364/ao.27.000222

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824108

EFECTOS DE LA PERTURBACIÓN DE HÁBITAT POR UN INCENDIO RECIENTE EN LA COMUNIDAD DE AVES DEL DISTRITO MINERO TLALPUJAHUA-EL ORO

Maribel Ramírez Pérez[1], José Fernando Villaseñor Gómez[2]

1 Laboratorio de Investigación en Ornitología. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

1907688e@umich.mx

2 Laboratorio de Investigación en Ornitología. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

jose.fernando.gomez@umich.mx

Palabras Clave: Incendio Forestal, Comunidades de aves, perturbación, diversidad

RESUMEN. Los incendios forestales son uno de los disturbios más severos que afectan a los ecosistemas terrestres y son considerados como la principal causa de pérdida de su biodiversidad. Recientemente el Cerro Somera fue afectado por un incendio forestal, el cual modificó la estructura de la vegetación; con el objetivo de evaluar el impacto sobre la diversidad de aves a tres meses del incendio, comparamos la composición de especies de aves del bosque perturbado y el bosque original adyacente. Realizamos 161 puntos de conteo de radio fijo a finales de junio (2024) y detectamos 62 especies pertenecientes a 24 familias. Identificamos diferencias significativas en el número de especies por conteo (ANOVA: Bosque=13.0±0.47, Incendio=10.2±0.45; $F=18.076$, $gl=1$, $p<0.0001$) e individuos por conteo (ANOVA: Bosque=7.3±0.24, Incendio=6.5±0.25; $F=6.948$, $gl=1$, $p<0.009$) entre el bosque y el sitio incendiado. Una prueba de ANOSIM indicó diferencias significativas entre las comunidades de aves ($R=0.148$, $p=0.0001$) y el análisis SIMPER detecto un 74% de disimilitud; las especies que más contribuyeron a las diferencias fueron *Ptiliogonis cinereus*, *Junco phaeonotus*, *Haemorhous mexicanus*, *Pheucticus melanocephalus*, *Turdus migratorius*, *Pipilo maculatus* y *Empidonax difficilis*. La función de Especies indicadoras del programa PAST 4.17, reveló tres especies indicadoras para bosque (*Basilinna leucotis*, *Catharus aurantirostris* y *Myadestes occidentalis*) y dos para Incendio (*Contopus pertinax* y *Dryobates villosus*). Los resultados indican que el incendio forestal tuvo efectos en la diversidad de aves del sitio afectado, como resultado de las modificaciones en la complejidad estructural del hábitat y oferta de recursos, aspectos que determinan la abundancia y diversidad de especies de aves.

INTRODUCCIÓN. El fuego puede tener consecuencias positivas o negativas en los ecosistemas (Jaksic & Fariña, 2015), existiendo ciertos ecosistemas que requieren de su presencia controlada para su funcionalidad, estructura y dinámica (Ponce-Calderón et al., 2012); cumplen un papel importante para mantener la salud de dichos ecosistemas y han sido importantes en su evolución al facilitar los procesos de sucesión ecológica (Aguilera-Ortega, 2018). Los incendios se presentan en todo el mundo, en general en países que cuentan con extensiones de áreas forestales grandes (Manríquez-Zapata, 2019). Se estima que anualmente se ven afectadas 341 millones de ha (2.6%) de la superficie terrestre por incendios forestales (Van-Lierop et al., 2015)

y se calcula que en el 2023 se quemaron 384 millones de ha (FAO, 2024). Se estima que la principal causa de los incendios forestales en la actualidad son las actividades humanas (99%), como actividades agropecuarias y de urbanización, o por hacer uso del mismo sin cuidado, y solo una mínima parte es por efecto de fenómenos naturales como rayos y actividades volcánicas (CONAFOR, 2010). El Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua (DMOT) ha sido escenario de una gran cantidad de cambios durante los últimos 150 años, ya que fue uno de los principales centros de extracción minera de oro y plata a finales del siglo XIX y principios del siglo XX (Corona-Chávez & Uribe-Salas, 2009). Las actividades de minería y el establecimiento de una gran infraestructura, provocaron una significativa perturbación del entorno natural de la región, y diversos factores tales como la deforestación y el desmonte, vertido de residuos mineros tóxicos y creación de caminos, etc., han sido determinantes en la historia natural del sitio. (Corona-Chávez et al., 2010). Las especies de coníferas que se encontraban en la región; pino (*Pinus sp.*) y oyamel (*Abies religiosa*), fueron aprovechadas para atender los requerimientos de infraestructura de las minas, provocando que las especies con menor importancia para la construcción como el Junípero (*Juniperus deppeana*) y el encino (*Quercus sp*), repoblaran naturalmente la zona (Lemus-Ramírez, 2016). En la región actualmente el tipo de vegetación corresponde a un bosque secundario compuesto por cedros y juníperos y una mínima parte de pinos y se encuentran relativamente conservados (Corona-Chávez & Uribe-Salas, 2009). El 28 de marzo de 2024, parte de la vegetación del Cerro Somera fue afectada por un incendio forestal que tuvo una duración de una semana y afectó de forma diferencial un área de más de 64 hectáreas, lo cual modificó drásticamente la estructura de la vegetación. Para evaluar las respuestas de las aves a la perturbación del incendio que recientemente afectó el área de estudio, se realizaron censos a tres meses del mismo, para determinar el grado de modificación de su comunidad y la abundancia de sus poblaciones en este evento de perturbación antropogénica.

ANTECEDENTES. El aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios debido a su uso no controlado para cambio de uso de suelo y los efectos del cambio climático, han provocado que se conviertan en un problema ambiental importante, ya que afectan gravemente los procesos ecológicos y la diversidad de especies (González-Ulibarry, 2017). Las aves han sido consideradas en diversos estudios como indicadoras de impacto ambiental, ya que reúnen cualidades que facilitan su identificación tanto visual como auditiva, además de ser muchas de ellas consumidores secundarios, por lo que pueden concentrar efectos contaminantes o alteraciones en la cadena trófica (Villaseñor-Gómez & Santana, 2002). Los incendios forestales pueden tener diversos efectos en los ecosistemas, dependiendo de la intensidad y frecuencia. Las especies pueden tener diferentes respuestas a la perturbación por incendios, pudiendo modificar la riqueza de especies, con efectos positivos o negativos (Aguilera-Ortega, 2018). Algunos autores consideran a los incendios forestales como la principal causa de perdida de hábitat, debido a la gran cantidad de superficie que se quema al año (Venegas et al., 2009). En algunos estudios como el de Ponce-Calderón y colaboradores (2012), se ha encontrado que las zonas afectadas mas recientemente por el fuego muestran menor riqueza, diversidad y abundancia de aves, como efecto del fuego como factor causal de cambios importantes en la diversidad y riqueza de aves a corto plazo. El fuego es una perturbación que modifica significativamente los ecosistemas, ya que cambia la estructura vegetal y la composición de especies, y por consiguiente la diversidad de la fauna silvestre (Aguilera-Ortega, 2018). Otros autores como Contreras-Martínez (1992), mencionan que cuando un incendio controlado o de intensidad moderada, puede beneficiar la diversidad del ecosistema, ya que mejora la calidad de hábitat y puede proveer de nuevos hábitats para algunas especies. En general, el fuego afecta las actividades de anidación y forrajeo de las aves, ya que disminuyen los recursos alimentarios y se modifica el hábitat y las respuestas de las

aves ante un incendio van a depender de las características y formas de vida de cada especie (dieta, territorialidad, requisitos de refugio) (Aguilera-Ortega, 2018).

OBJETIVOS. Evaluar el impacto de la perturbación por un incendio forestal reciente sobre la comunidad de aves en el Cerro Somera, Tlalpujahua, Michoacán. Determinar a la riqueza de la comunidad y la abundancia de las especies de aves en sitos incendiados y de bosque sin afectaciones. Evaluar las diferencias entre la comunidad de aves de los sitios de estudio. Identificar las especies indicadoras de cada sitio de estudio. Definir patrones de respuesta a incendios recientes en la zona de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS. El Distrito Minero El Oro-Tlalpujahua (DMOT) se localiza al oriente del estado de Michoacán y occidente del estado de México, dentro de la cuenca hidrológica del Rio Lerma-Santiago (19°52'00"-19°45'00" N y 100°05'00"-100°20'00" O), a una altitud promedio de 2,670 msnm (Corona-Chávez & Uribe-Salas, 2009). Mediante el método de puntos de conteo por radio fijo, a finales de Junio de 2024 se realizaron 161 conteos, en los que se registraron los individuos de aves detectados visual y auditivamente y su identidad dentro de un periodo de 10 minutos, desde las 06:30 hasta las 11:00 horas. Determinamos la riqueza y abundancia de especies y analizamos la existencia de diferencias significativas en el numero de especies e individuos por conteo entre los dos tratamientos (Anova), usando el programa IMB SPSS Statistics Ver 24.0. Para determinar si existen diferencias significativas entre las comunidades de aves se aplicó una prueba de ANOSIM y un análisis SIMPER para evaluar la contribución que tiene cada especie a la disimilitud de los grupos. Además, se utilizó la función *indicator species* para determinar las especies que fueron las indicadoras de cada tratamiento, usando el programa estadístico Past ver 4.17.

RESULTADOS. A través de un esfuerzo de muestro de 161 puntos de conteo, se registró un total de 62 especies de 24 familias. El bosque original tuvo una mayor diversidad (Tabla 1). Hubo diferencias significativas en el número de especies por conteo (ANOVA: Bosque=13.0±0.47, Incendio=10.2±0.45; $F=18.076$, $gl=1$, $p<0.0001$) e individuos por conteo (ANOVA: Bosque=7.3±0.24, Incendio=6.5±0.25; $F=6.948$, $gl=1$, $p<0.009$) entre el bosque y el sitio incendiado. La prueba ANOSIM indicó diferencias significativas entre las comunidades de aves ($R=0.148$, $p=0.0001$) y el análisis SIMPER detectó 74% de disimilitud. Las especies que más contribuyeron a las diferencias fueron *Ptilioghonys cinereus, Junco phaeonotus, Haemorhous mexicanus, Pheucticus melanocephalus, Turdus migratorius, Pipilo maculatus* y *Empidonax difficilis.* La función de Especies indicadoras, reveló tres especies indicadoras para bosque (*Basilinna leucotis, Catharus aurantirostris* y *Myadestes occidentalis*) y dos para Incendio (*Contopus pertinax* y *Dryobates villosus*).

Hábitat	*Número de especies*	*Número de individuos*	*Promedio de especies por conteo*	*Promedio de individuos por conteo*
Bosque	56	1050	13.0	7.3
Incendio	54	817	10.0	6.5

Tabla 1. *Número de especies, número de individuos, número de especies e individuos por conteo para cada tratamiento.*

CONCLUSIONES. Se detectó una mayor diversidad de aves en el bosque original a comparación del bosque afectado por el incendio, lo que sugiere que el incendio tuvo efectos en la riqueza y

diversidad de aves en el sitio estudiado, como respuesta a los cambios en la complejidad estructural del hábitat y oferta de recursos. Es importante realizar estudios posteriores para determinar efectos de incendios a lo largo del proceso de sucesión ecológica en la diversidad de aves del sitio, para desarrollar estrategias que ayuden a mitigar sus efectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilera-Ortega, J. E. (2018). Efecto de los incendios forestales sobre la avifauna en el bosque seco caducifolio del Parque Natural Walter Thilo Deininger. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Facultad de ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad de El Salvador. 72 pp.
2. CONAFOR. (2010). Incendios Forestales. Guía Practica para comunicadores. (3ª ed. Zapopan, Jalisco 54 pp.
3. Corona-Chávez, P., & Uribe-Salas, J. A. (2009). Atlas Cartográfico del Distrito Minero El Oro Tlalpujahua (1°). Morevallado. S.R.L de C.V. Morelia, Michoacán.
4. Corona-Chávez, P., Uribe-Salas, J. A., Pérez-Razo, N., Medina-Martínez, M., Villanueva-Maldonado, R., Arroyo-Ramos, Y. R., & Camacho-Robles, J. (2010). The impact of the mining in the Regional Ecosytem: The mining District of El Oro and Tlalpujahua, Mexico. De Re Metallica (Madrid), 15 (1), 21-34 pp.
5. FAO. 2024. El estado de los bosques del mundo: Innovaciones en el sector forestal para lograr un futuro más sostenible. Roma. 115 pp. https://doi.org/10.4060/cd1211es
6. González-Ulibarry, P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelos, agua y vegetación. Departamento de Estudios, Extensión y Publicaciones. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile| SSP 4795. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23945/2/Impacto%20Incendio%20Forestal.pdf
7. Jaksic, F. M., & Fariña, J. M. (2015). Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. Anales Instituto Patagonia (Chile). 43(1), 23-34. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2015000100003
8. Lemus-Ramírez, K. I. (2016). Efecto remanente de la industria minera en comunidades de aves de bosque templado del Estado de Michoacán, México [Tesis de maestría]. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. 163 pp.
9. Manríquez-Zapata, H.M. (2019). Especies forestales afectadas en incendios ocurridos en Amazonas: Un análisis de la información fiscal de los casos de Chachapoyas y Luya. Arnaldoa 26, 965–976.
10. Navoa-Galaz, F. J. (2019). Efectos de los incendios forestales sobre gremios de aves del Bosque Templado Andino del Sur de Chile. [Tesis de maestría]. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago Chile. 64 pp.
11. Ponce-Calderón, L. P., Rodríguez-Trejo, D. A., Aguilar-Váldez, B. C., & López-Pérez, E. (2012). Impacto de los Incendios Forestales Sobre el Hábitat de la Avifauna en un Bosque de Encino-Pino en Puebla, México, Memorias del Cuarto Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Incendios Forestales: Cambio Climático e Incendios Forestales. GENERAL TECHNICAL REPORT PSW-GTR-245, 155-162.
12. Van-Lierop, P., Lindquist, E., Sathyapala, S y Francesshini, G. (2015). Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. Forest Ecology and Management. 352 (1), 78-88 pp. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.010m
13. Venegas, A. M., Varela, S., & Estades, C. F. (2009). Efecto del Fuego en la Comunidad de Aves de Bosque en la Reserva Nacional Malleco. Boletín Chileno de Ornitología, 15(1), 1-7 pp.
14. Villaseñor-Gómez, J. F., & Santana, E. (2002). El Monitoreo de poblaciones: Herramienta Necesaria Par la Conservación de Aves en México. (H.G. Silva, y A.O. Ita). Conservación de Aves. Experiencias en México. México, CIPAMEX 1(1), 224-262 pp.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824109

EFECTO DEL DISTURBIO EN LA DIVERSIDAD DE POLILLAS Y PATRONES DE ACTIVIDAD EN EL BOSQUE TROPICAL SECO DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Camila Hernández Herrerías[1], Martín Hesajim de Santiago Hernández[2], Mauricio Quesada Avendaño[3], Yvonne Herrerías-Diego[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2407582E@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martin.hernandez@umich.mx

3 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; mquesada@cieco.unam.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yvonne.herrerias@umich.mx

Palabras Clave: Disturbio Antropogénico, Polillas, Bosques Tropicales

RESUMEN. Los disturbios antropogénicos, como la deforestación, la expansión agrícola, la urbanización y los incendios provocados, están devastando los bosques secos. Estos ecosistemas, ya vulnerables por su baja disponibilidad hídrica, enfrentan la pérdida de biodiversidad y la fragmentación del hábitat. La extracción de recursos y la infraestructura humana fragmentaban el paisaje, aislando poblaciones de flora y fauna. Las polillas, aunque a menudo han sido menos valoradas que sus parientes diurnos, desempeñan roles ecológicos cruciales en los ecosistemas ya que fueron polinizadoras. Además puede ser consideradas como bioindicadores sensibles de la salud de los ecosistemas. Este trabajo tenía como objetivo evaluar la estructura y la composición de polillas en tres tipos de ambientes (dos perturbados, huertos y zonas de vegetación secundaria y el bosque conservado) en el Municipio de Lázaro Cárdenas Michoacán. Para lo cual se realizaron colectas nocturnas de 18:00 a 01:00 hrs, empleando trampa de luz y redes de golpeo. El estudio se realizó en dos temporadas, al final de la temporada de lluvias y en la temporada seca. Se recolectó un total de 102 morfo especies, siendo la mayor riqueza durante la temporada seca (67) en relación con el fin de lluvias (42). Diversidad de orden 1 indicó que las comunidades de vegetación secundaria para fin de lluvias y secas presentaron alrededor de 18 especies abundantes, mientras que el índice de diversidad de orden 2 indicó que tenían entre 8 y 10 especies muy dominantes. Las zonas de cultivo presentaron alrededor de 10 especies. En cuanto al horario de captura, se observó que la mayor actividad ocurría entre las 20:00-22:00 horas para la vegetación secundaria mientras que para el bosque en temporada de lluvia y seca la mayor actividad se registró de 21:00 a 23:00 hrs. En el caso de los cultivos sólo se recolectaron individuos a medianoche. Las polillas desempeñaron múltiples roles ecológicos que fueron esenciales para la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas. Su conservación es importante no sólo por su valor intrínseco, sino también por los servicios ecológicos que proporcionan.

INTRODUCCIÓN. El bosque tropical seco es un ecosistema caracterizado por la estacionalidad de las precipitaciones con una marcada estación seca, lo que lo convierte en un ambiente altamente especializado y frágil pero altamente diverso. Sin embargo, la deforestación y la

fragmentación de los bosques son de las principales fuerzas que amenazan la biodiversidad en estos ambientes (Sotelo-Caro et al. 2023). La interacción entre disturbios antrópicos y la biodiversidad es un tema crucial en la ecología contemporánea, especialmente en ecosistemas sensibles como los bosques tropicales secos. En particular, las polillas, como miembros importantes de la comunidad de insectos, desempeñan roles ecológicos significativos, incluyendo la polinización y la descomposición de materia orgánica, lo que las convierte en bioindicadores valiosos del estado de salud del ecosistema (Dar y Jamal 2021). Los efectos del disturbio en la diversidad de polillas y sus patrones de actividad son evidentes en la disminución de especies y la alteración de sus hábitos. La fragmentación del hábitat, resultado de la conversión de tierras, no sólo reduce la riqueza de especies, sino que también afecta las interacciones ecológicas y los ciclos de vida de las polillas (Díaz-Suárez et al. 2022). La pérdida de vegetación nativa y la introducción de especies invasoras pueden modificar las dinámicas de competencia y depredación, alterando así los patrones de actividad de estas especies nocturnas (Gilbert et al. 2022). Además, los estudios han demostrado que los hábitats secundarios, aunque no pueden reemplazar completamente la diversidad de los bosques primarios, pueden actuar como refugios para ciertas especies de polillas. Estos ambientes pueden ofrecer recursos temporales y microhábitats que favorecen la supervivencia de algunas especies en condiciones de perturbación moderada. Sin embargo, la capacidad de los bosques secundarios para sostener la diversidad de polillas depende de la intensidad y la naturaleza del disturbio, así como de la resiliencia de las especies afectadas. En este contexto, es fundamental comprender cómo los disturbios afectan no sólo la diversidad de polillas, sino también sus patrones de actividad, para desarrollar estrategias de conservación efectivas que protejan estos ecosistemas vitales y las especies que dependen de ellos. La investigación en este campo no sólo contribuye a la conservación de la biodiversidad, sino que también proporciona información valiosa sobre la funcionalidad y la resiliencia de los ecosistemas tropicales secos.

ANTECEDENTES. El disturbio antropogénico en los ecosistemas terrestres ha sido ampliamente documentado (Barlow et al. 2016). La deforestación, el cambio en el uso del suelo, la fragmentación de hábitats y la introducción de especies invasoras son solo algunas de las actividades humanas que afectan la biodiversidad global (Laurance et al., 2014). En particular, los bosques tropicales secos, que ya de por sí tienen una baja capacidad de regeneración comparada con otros tipos de bosques, han sido gravemente afectados. Las polillas, un grupo diverso de insectos nocturnos, son extremadamente sensibles a estos cambios ambientales (MacGregor et al. 2014; MacGregor et al. 2020). Las polillas cumplen múltiples funciones dentro de los ecosistemas forestales. Muchas especies son polinizadoras nocturnas, mientras que otras actúan como descomponedoras al alimentarse de materia orgánica en descomposición (MacGregor et al. 2020). Asimismo, sirven como un recurso alimenticio clave para aves, murciélagos y otros depredadores (Grøtan et al., 2014). Por lo tanto, cualquier cambio en la diversidad o en el patrón de actividad de las polillas puede tener efectos cascada en todo el ecosistema. El impacto de las actividades humanas en la diversidad de polillas en los bosques tropicales secos puede medirse de varias maneras, incluyendo la riqueza de especies, la abundancia y la composición de la comunidad. Estudios recientes han demostrado que la deforestación y la fragmentación del hábitat disminuyen la riqueza de especies de polillas, al tiempo que favorecen la proliferación de especies generalistas (García-Robledo et al., 2013). Las especies especializadas, que dependen de plantas o microhábitats específicos, son particularmente vulnerables, ya que la pérdida de su fuente de alimento o refugio puede llevarlas a la extinción local (Mangels et al. 2017). El cambio en los patrones de actividad también es una consecuencia notable del disturbio antropogénico. Las polillas son generalmente insectos nocturnos, y la

alteración de su hábitat puede forzarlas a modificar sus ciclos de actividad, ya sea adelantando o retrasando su período de vuelo. La contaminación lumínica, por ejemplo, ha sido identificada como una causa clave de disrupción en los ritmos circadianos de los insectos nocturnos, incluyendo las polillas (Van Langevelde et al., 2011, MacGregor et al. 2014). Esto puede tener efectos perjudiciales, ya que las polillas alteran su tiempo de actividad para evitar predadores, competir por recursos o sincronizarse con la fenología de las plantas que polinizan.
Además de los efectos directos sobre las polillas, la perturbación del ecosistema tiene consecuencias indirectas sobre los ciclos biológicos de otros organismos dependientes. La reducción en la diversidad de polillas puede afectar negativamente la reproducción de las plantas que dependen de ellas para la polinización. Asimismo, los cambios en los patrones de actividad pueden modificar las interacciones entre especies, aumentando la competencia intraespecífica y disminuyendo la eficiencia de la polinización (Meyer et al., 2017). El cambio climático también es un factor importante que considerar, ya que altera la fenología de muchas especies. Las polillas, especialmente aquellas en regiones tropicales secas, son altamente sensibles a las variaciones en la temperatura y la disponibilidad de agua. Cambios en las condiciones climáticas pueden alterar los tiempos de eclosión de las polillas y la disponibilidad de recursos, lo que afecta la viabilidad de sus poblaciones (Matila et al. 2005).

MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se llevó a cabo en el rancho el Pochotillo y sus alrededores, (ca. 18°08’41”N - 102°20’36”O), este rancho está situado cerca de la Mira en el estado de Michoacán. El tipo de vegetación que predomina es la selva media, es un área seca la mayor parte del año, presentando lluvias entre los meses de junio a octubre, el sitio cuenta con un arroyo que posiblemente presente agua durante todo el año. La precipitación media anual en el estado es de 850 mm anuales y la temperatura media del lugar es de 31 °C. Se seleccionaron tres tipos de sitio dependiendo al nivel de disturbio: a) bosque, es una zona donde no había evidencia de disturbio, con una copa cerrada y árboles de más de 20 metros de altura. B) vegetación secundaria, zonas con un disturbio previo, una cubierta vegetal inferior a los 10 metros de altura y con un abundante sotobosque. c) cultivo, son áreas abiertas empleadas para cultivo de jitomates, maíz, calabazas etc.
Métodos de colecta. Para colectar las polillas en cada área de estudio se empleó un transecto lineal de 250 m con dos métodos de recolecta: pasivo y activo. En el método pasivo se colocó una trampa de luz blanca en un horario de 18:00 a 01:00 horas. Las trampas se revisaron cada media hora. Adicionalmente, con el método activo se efectuaron muestreos manuales con red entomológica, en un periodo de tiempo entre las 18:00 a 01:00 horas, recorriendo cada estación de estudio en zigzag. Para cada ejemplar capturado se registró la información siguiendo el protocolo propuesto por Andrade-C. et al. (2013). Estas colectas se llevaron a cabo en la temporada de lluvias del año 2022 y secas del año 2023.

RESULTADOS. Se recolectó un total de 102 morfo especies, siendo la mayor riqueza durante la temporada seca (67) en relación con el fin de lluvias (42). Las familias de lepidopteros nocturnos más representadas fueron Crambidae, Pyralidae y Geometridae. En cuanto a las mariposas diurnas la especie Eurema Daira de la familia Pieridae fue la más abundante. Se realizaron análisis de diversidad alfa, obteniendo los valores más altos de diversidad de acuerdo con los parámetros de Riqueza (Fig 1) y el índice de Shannon para la zona de vegetación secundaria para la temporada de fin de lluvias y secas. En cuanto a la dominancia, todos los sitios presentan una baja dominancia (Tabla 1).

En cuanto a la Diversidad de orden 1 indicó que las comunidades de vegetación secundaria para fin de lluvias y secas presentaron alrededor de 18 especies abundantes, mientras que el índice de diversidad de orden 2 indicó que tenían entre 8 y 10 especies muy dominantes. Las zonas de cultivo presentaron alrededor de 10 especies. En lo que respecta a los picos de actividad se observó que la mayor actividad ocurría entre las 20:00-22:00 horas para la vegetación secundaria mientras que para el bosque en temporada de lluvia y seca la mayor actividad se registró de 21:00 a 23:00 hrs. En el caso de los cultivos sólo se recolectaron individuos a medianoche (Fig. 2).

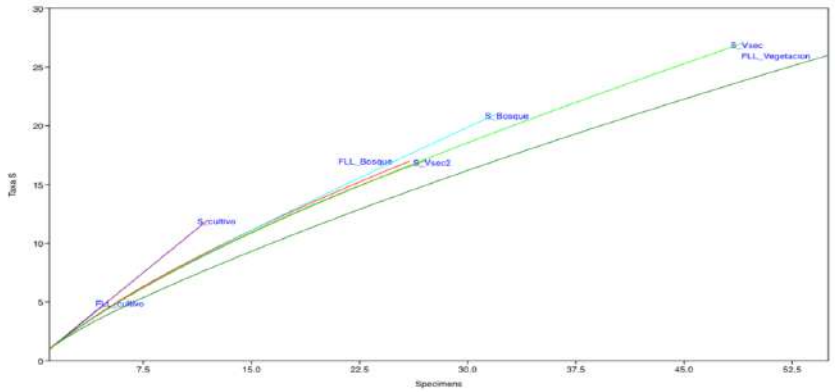


Figura 1. *Curva de Acumulación de especies para cada uno de los sitios muestreados.*

	Lluvia Bosque	Lluvia cultivo	Lluvia Vegetación Secundaria	Secas Bosque	Secas cultivo		Secas Vegetación Secundaria
Riqueza	17	5	26	21	12		27
Individuos	26	5	55	32	12		49
Dominancia _D	0.10	0.20	0.17	0.10	0.08		0.09
Simpson_1-D	0.90	0.80	0.83	0.90	0.92		0.91
Shannon_H	2.61	1.61	2.56	2.73	2.49		2.90
Equitatividad_e^H/S	0.80	1	0.5	0.73	1		0.68
Chao-1	43	15	73.5	97.5	78		132

Tabla 1. *Índices de diversidad alfa para cada sitio por temporadas.*

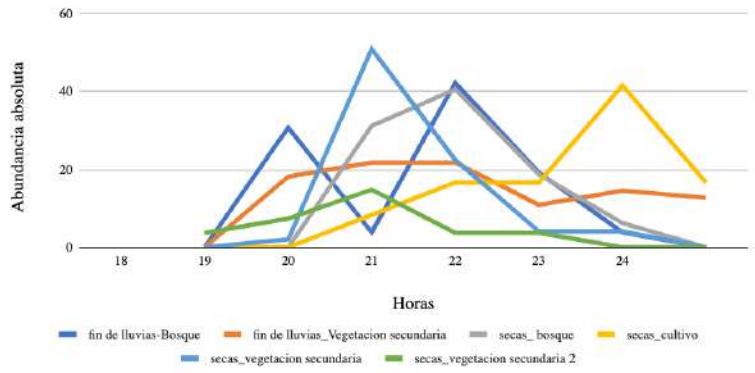


Figura 3. *Abundancias absolutas de colectas de polillas para cada uno de los sitios y para ambas temporadas.*

CONCLUSIÓN. El disturbio antropogénico está teniendo efectos devastadores sobre la diversidad de polillas y sus patrones de actividad en los bosques tropicales secos. La fragmentación del hábitat, la deforestación y la contaminación lumínica están reduciendo la riqueza de especies y forzando cambios en los ciclos de vida y actividad de estos insectos. Estos cambios no sólo amenazan la supervivencia de las polillas, sino que también pueden afectar la estructura de las redes tróficas y la estabilidad general de los ecosistemas tropicales. La conservación de los bosques tropicales secos y la mitigación de los efectos humanos es crucial para mantener la biodiversidad y las funciones ecológicas que sustentan estos ecosistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade-C., M. G., Henao, E. R., & Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de Mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera:Hesperioidea-Papilionoidea). Revista Academia Colombiana Ciencias Exactas. 3 7 (144): 311-325. https://doi.org/10.18257/raccefyn.
2. Barlow J. , Gareth D. Lennox, Joice Ferreira, Erika Berenguer, Alexander C. Lees, Ralph Mac Nally, James R. Thomson, Silvio Frosini de Barros Ferraz, Julio Louzada, Victor Hugo Fonseca Oliveira, Luke Parry, Ricardo Ribeiro de Castro Solar, Ima C. G. Vieira, Luiz E. O. C. Aragão, Rodrigo Anzolin Begotti, Rodrigo F. Braga, Thiago Moreira Cardoso, Raimundo Cosme de Oliveira Jr, Carlos M. Souza Jr, Nárgila G. Moura, Sâmia Serra Nunes, João Victor Siqueira, Renata Pardini, Juliana M. Silveira, …Toby A. Gardner. 2016. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. Nature 535: 144–147.
3. Dar A. A, Jamal K. 2021. Moths as ecological indicators: A review. Munis Entomology & Zoology, 16 (2): 833-839.
4. Díaz-Suárez V, Mahecha-J O, Andrade M. G, Pyrcz T. W. 2022. Perturbación antrópica afectando a los patrones de diversidad en Satyrinae de montaña Pronophilina Reuter, 1896 en un bosque alto andino en Colombia (Lepidóptera: Nymphalidae). Shilap Revista de lepidopterología, vol. 50, núm. 200, p. 709-728.10.57065/shilap.263
5. Gilbert N. A, Stenglein J. L, Pauli J. N, Zuckerberg B. 2022. Human disturbance compresses the spatiotemporal niche. PNAS. Vol. 119 No. 52. 10.1073/pnas.2206339119
6. Grøtan V, Devries P.J, Chacón I. 2014. Seasonal cycles of diversity and similarity in a Central American rainforest butterfly community. Ecography 37: 509-516. 10.1111/ecog.00635
7. Laurance, W. F., Sayer, J., & Cassman, K. G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. Trends in Ecology & Evolution, 29(2), 107-116.
8. Macgregor C. J., Pocock M. J. O., Fox R., Evans D. 2014. Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. Ecological entomology 40: 187–198. Doi: 10.1111/een.12174
9. Macgregor C. J, Scott-Brown A.S. 2020. Nocturnal pollination: an overlooked ecosystem service vulnerable to environmental change. Portland Press. 10.1042/ETLS20190134
10. Mangels J, Fiedler K, Schneider F. D, Blüthgen. 2017. Diversity and trait composition of moths respond to land-use intensification in grasslands: generalist replace specialist. Biodiversity Conservation. 10.1007/s10531-017-1411-z
11. Mattila N, Kaitala V, Komonen A, Kotiaho J. S, Päivinen J. 2005. Ecological Determinants of Distribution Decline and Risk of Extinction in Moths. Conservation Biology Volume 20, No. 4, 1161-1168. 10.1111/j.1523-1739.2006.00404.x
12. Meyer, C. F., Struebig, M. J., & Willig, M. R. (2017). Responses of tropical bat communities to deforestation, fragmentation, and disturbance. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 48, 397-417.
13. Sotelo-Caro O., Valencia-Díaz S. , Infante-Mata D. M. , Castillo-Campos G., Flores-Palacios A. 2023. The effect of chronic disturbance on the woody plant diversity in a tropical dry forest of Central Mexico. Flora 306: 152352. https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152352
14. Van Langevelde, F., Ettema, J. A., Donners, M., WallisDeVries, M. F., & Groenendijk, D. (2011). Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. Biological Conservation, 144(9), 2274-2281.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824110

SISTEMATIZACIÓN EN LA CARACTERIZACIÓN DE LOS REGISTROS PALEOAMBIENTALES Y PALEOCLIMÁTICOS PARA EL CUATERNARIO EN MÉXICO

Laura Jazmín Rodríguez[1], Gabriel Vázquez Castro[2]
1 Posgrado en Ciencias de la Tierra, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM
2 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM

Palabras Clave:

RESUMEN. Las interpretaciones paleoambientales y paleoclimáticas enfocadas al Cuaternario en México se apoyan principalmente en estudios paleolimnológicos. La nomenclatura de las cuencas estudiadas ha dependido históricamente de la disciplina y objetivos de investigación, aunado a la adopción directa de nombres locales de los cuerpos de agua. Esto ha dificultado la estandarización y comparación regional de los registros, un problema que se acentúa al intentar correlacionar un mayor número de registros con variaciones en localización, nomenclatura y características de las cuencas. Con el fin de obtener un conjunto de datos paleoambientales estandarizados y comparables entre sí, es necesario sistematizar la clasificación de los registros lacustres. Se distingue entre cuenca de depósito, que engloba el área geográfica o depresión geológica donde se realiza el estudio, y archivo, el punto específico donde se obtienen los datos, lo cual proporciona información sobre el método de extracción. La clasificación de las cuencas se basa en características estructurales, geológicas, estratigráficas y biológicas, permitiendo su agrupación y diferenciación de acuerdo con los procesos específicos de depósito. Este trabajo se enfoca en tres sistemas de clasificación principales aplicables a estudios del Cuaternario: la clasificación tectónica, basada en la ubicación de la cuenca respecto a los márgenes de placas; la clasificación estratigráfica, que distingue las asociaciones de facies en los depósitos y su potencial de almacenamiento de hidrocarburos; y la clasificación lacustre, que considera el origen de las cuencas y sus procesos hídricos. Con base en el procesado de la información se obtuvieron 120 posibles clasificaciones específicas, jerarquizadas por su clasificación lacustre, tectónica y estratigráfica. La sistematización de la nomenclatura, basada en atributos dinámicos de la cuenca y del muestreo, representa un avance en la estandarización de la información paleoambiental en México, y una herramienta para el análisis sistematizado de los registros a mayor escala.

INTRODUCCIÓN. El Cuaternario en México ha sido un periodo clave para la comprensión de la evolución climática y ambiental del país. En este contexto, los estudios paleolimnológicos han desempeñado un papel fundamental en la reconstrucción de ambientes pasados, particularmente a través del análisis de registros sedimentarios obtenidos de cuencas lacustres. Sin embargo, la falta de una nomenclatura estandarizada para estas cuencas ha dificultado la comparación y correlación de registros a nivel regional. La utilización de nombres locales y enfoques disciplinarios diversos ha fragmentado la clasificación de los depósitos lacustres, lo que complica el análisis comparativo a gran escala.

Este trabajo propone una clasificación sistematizada de las cuencas lacustres, con el fin de estandarizar la información paleoambiental y facilitar la comparabilidad de los registros. El objetivo principal es proporcionar una herramienta que permita el análisis de estos registros a una escala más amplia, utilizando una clasificación jerárquica basada en criterios tectónicos, estratigráficos y lacustres. Las cuencas sedimentarias, definidas como áreas geográficas delimitadas cuya formación y evolución están controladas por procesos de subsidencia que favorecen la acumulación de sedimentos a lo largo del tiempo (Vera-Torres, 1994), constituyen unidades clave para la reconstrucción paleoambiental. Las cuencas lacustres, en particular, se desarrollan en depresiones cerradas que contienen agua, donde la dinámica de sedimentación es crucial para la conservación de registros paleoambientales (Cohen, 2003). Estos sistemas naturales responden tanto a factores geológicos como climáticos, y sus características geométricas y tasas de sedimentación determinan la resolución temporal de los registros que pueden ser utilizados en estudios paleoclimáticos. La formación de cuencas lacustres es el resultado de una compleja interacción de factores físicos, químicos y biológicos. Como parte integral del ciclo hidrológico, el equilibrio entre la entrada de agua (por precipitación, escorrentía superficial y descarga de acuíferos) y su salida (mediante desbordamiento, evaporación, evapotranspiración y recarga de acuíferos) regula el nivel del agua en estas cuencas. En cuencas cerradas, las fluctuaciones del nivel del agua pueden vincularse directamente a eventos de cambio climático o a impactos antropogénicos. Además, factores como la penetración de la luz y la turbulencia de los fluidos influyen en la diversidad biológica y en la preservación de sedimentos, afectando tanto la calidad y cantidad de los registros fósiles como la variación lateral de las estructuras sedimentarias (Cohen, 2003; Butcher et al., 2015; Woolway et al., 2020).

ANTECEDENTES. La paleolimnología ha sido fundamental para el estudio de los cambios climáticos del Cuaternario en México. A través del análisis de depósitos lacustres, se ha logrado reconstruir el paleoclima e identificar patrones de variación climática y su impacto en los ecosistemas. No obstante, uno de los mayores desafíos ha sido la ausencia de un sistema unificado de clasificación de cuencas y depósitos, lo que ha complicado la comparación entre registros de distintas regiones del país. Las cuencas sedimentarias, como áreas donde se acumulan sedimentos, son cruciales para los análisis paleoambientales, ya que preservan información sobre los cambios climáticos y geológicos. Estas cuencas pueden clasificarse según criterios tectónicos, estratigráficos y lacustres, cada uno de los cuales aborda diferentes aspectos de la formación, evolución y estructura de las cuencas. La sistematización de estas clasificaciones es esencial para estandarizar los registros y mejorar la comparabilidad entre estudios. Diferentes autores han propuesto clasificaciones de cuencas desde diversas perspectivas, como la tectónica, la estratigrafía y la hidrología. La clasificación tectónica se centra en la ubicación de las cuencas respecto a los márgenes de placas, mientras que la clasificación estratigráfica se enfoca en las asociaciones de facies en los depósitos. Por otro lado, la clasificación lacustre considera el origen y la dinámica de las cuencas, lo que es clave para entender su evolución y su capacidad de almacenar información paleoambiental.

Clasificación tectónica. La clasificación tectónica de las cuencas sedimentarias (Vera-Torres, 1994) se basa en su ubicación con respecto a los límites de placas tectónicas, así como en el tipo de deformación y corteza subyacente. En México, un gran porcentaje de las cuencas estudiadas son intracratónicas, es decir, se encuentran dentro de una placa con corteza continental y se formaron por fallas normales. También se identifican cuencas de rift, cuencas de plegamiento asociadas a cordilleras y cuencas de fallas transcurrentes en menor proporción.

Estas cuencas resultan clave para la reconstrucción de la historia tectónica de la región y su relación con los procesos de sedimentación.

Clasificación de aporte sedimentario. La clasificación estratigráfica (Bohacs et al., 2000) se enfoca en la disposición de los sedimentos dentro de la cuenca, analizando las asociaciones de facies y las condiciones físicas, biológicas y químicas de los depósitos. Este enfoque es particularmente relevante en estudios de cuencas con potencial para la explotación de hidrocarburos, pues permite determinar las condiciones de depósito y la capacidad de almacenar material orgánico. En México, predominan las cuencas de relleno equilibrado, que representan más del 60% del total, seguidas por cuencas de sedimentación incompleta (~30%) y cuencas desbordadas (~10%).

Clasificación de origen y ambientes sedimentarios. Esta clasificación (Hutchinson, 1957) se basa principalmente en su origen y los ambientes sedimentarios en los que se desarrollan. Estas cuencas pueden formarse por procesos tectónicos, volcánicos, fluviales, glaciares, o de disolución, entre otros. En México, la mayoría de las cuencas lacustres (70.5%) son de origen tectónico, formadas por fallas, mientras que cerca del 20% son de origen volcánico, principalmente en cráteres volcánicos o depresiones de calderas colapsadas. Estas cuencas tienen un valor especial en estudios paleolimnológicos, ya que contienen registros prolongados de las condiciones paleoambientales. La clasificación de las cuencas con base en una serie de criterios tectónicos, estratigráficos y lacustres es esencial para estandarizar la información y mejorar la correlación de registros paleoambientales. La sistematización de estas clasificaciones no solo facilitará el análisis comparativo a nivel regional y nacional, sino que también incrementará la coherencia en los estudios sobre la evolución climática y ambiental del Cuaternario en México.

OBJETIVOS. Desarrollar una clasificación sistematizada de cuencas lacustres del Cuaternario en México. Estandarizar la nomenclatura de cuencas lacustres para facilitar la comparabilidad de los registros paleoambientales. Jerarquizar las cuencas basadas en su clasificación tectónica, estratigráfica y lacustre.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para llevar a cabo esta investigación, se recopilaron y analizaron datos de diversas cuencas lacustres del Cuaternario en México. Se utilizaron técnicas de análisis tectónico, estratigráfico y paleolimnológico para clasificar y jerarquizar los depósitos. El análisis tectónico se centró en la ubicación de las cuencas respecto a los márgenes de placas tectónicas y su configuración estructural. La clasificación estratigráfica se basó en la identificación de asociaciones de facies y el potencial de almacenamiento de hidrocarburos en los depósitos. La clasificación lacustre consideró el origen y los procesos hídricos que han influido en la formación de las cuencas. Los resultados obtenidos fueron organizados en una base de datos, lo que permitió obtener 165 clasificaciones específicas, jerarquizadas según los criterios mencionados. Dentro de esas 165 posibles categorías, se descartaron las que presentan incompatibilidad entre procesos de origen, ubicación y sedimentación (p.e. intraplaca oceánicas-antropogénicas), y aquellas cuya definición fuera reiterativa (p. e., tectónicas- de rift).

RESULTADOS. Hasta el momento, se han identificado 165 posibles clasificaciones de cuencas, agrupadas según criterios tectónicos, sedimentológicos y de origen (Fig. 1). Esta clasificación sistematizada ha permitido una mejor organización de los datos paleoambientales, facilitando su comparación y análisis a mayor escala. Los resultados esperados incluyen una mayor capacidad para correlacionar registros paleoclimáticos de diferentes regiones del país, lo que proporcionará una visión más clara de los cambios climáticos y ambientales durante el Cuaternario.

CONCLUSIONES. La clasificación sistematizada de cuencas lacustres del Cuaternario en México representa un avance significativo en la estandarización de los datos paleoambientales. Al agrupar los registros basados en características tectónicas, estratigráficas y lacustres, se ha mejorado la capacidad de comparación y correlación entre los registros paleoclimáticos de diferentes regiones. Esta clasificación jerarquizada no solo facilita el análisis de los registros, sino que también representa una herramienta útil para futuros estudios paleoclimáticos en México.

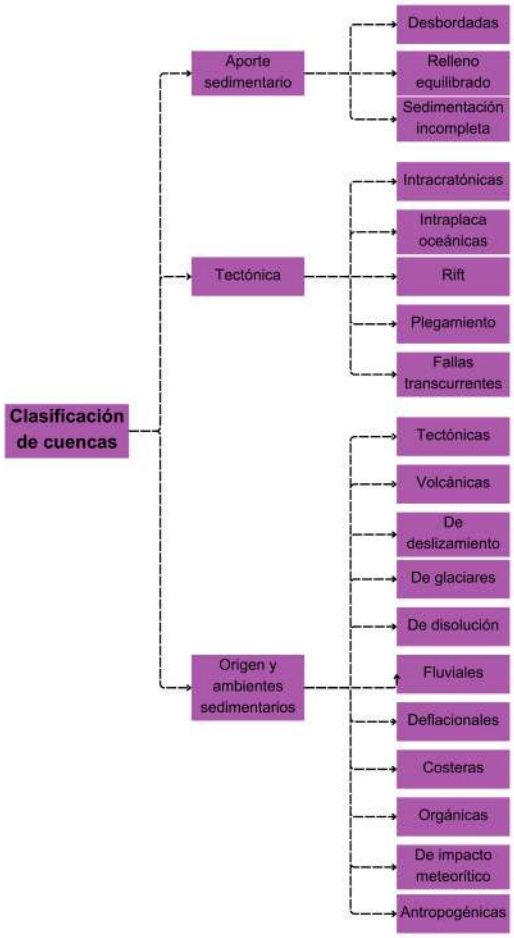


Figura 5. Posibles clasificaciones de cuencas, según sus características tectónicas (Vera-Torres, 1994), sedimentológicas (Bohacs, 2000) y de origen (Hutchinson, 1957)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bohacs, K. M., Geoconsulting, K., & Carroll, A. R. (2000). Lake-Basin Type, Source Potentional, and Hydrocarbon Character:An Integrated Sequence-Stratigraphic-Geochemichal Framework. https://www.researchgate.net/publication/236611148
2. Butcher, J. B., Nover, D., Johnson, T. E., & Clark, C. M. (2015). Sensitivity of lake thermal and mixing dynamics to climate change. Climatic Change, 129(1–2), 295–305. https://doi.org/10.1007/s10584-015-1326-1
3. Cohen, A. S. (2003). Paleolimnology: the history and evolution of lake systems. Oxford university press.
4. Hutchinson, G. (1957). A Treatise on Limnology. Geography, Physics and chemistry, 1015 p.
5. Torres, J. (1994). Estratigrafía. Principios y Métodos. Rueda: Alcorcón, Spain.
6. Woolway, R. I., Kraemer, B. M., Lenters, J. D., Merchant, C. J., O'Reilly, C. M., & Sharma, S. (2020). Global lake responses to climate change. In Nature Reviews Earth and Environment (Vol. 1, Issue 8, pp. 388–403). Springer Nature. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0067-5

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824112

ANÁLISIS ECONÓMICOS DE COSTOS OPERATIVOS DE UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN ACUÍCOLA DE PECES NATIVOS DE PÁTZCUARO

Laura Mariño Reyes[1], Jorge Fonseca Madrigal[1], Carlos Antonio Martínez Palacios[1], Carlos Cristian Martínez Chávez[1], Noé Díaz Cornejo[2], María de los Ángeles Aguilar Bedolla[2], Manuel Soto Tapia[2], Luis Andres Moreno Pérez[2]

1 Laboratorio de Biotecnología Acuícola, IIAF-UMSNH; laura.marino@umich.mx; jorge.fonseca@umich.mx; cpalacios@umich.mx; cmartinez@umich.mx

2 Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, UMSNH; 1416450f@umich.mx, 1578689j@umich.mx, 1628421h@umich.mx, 2026691g@umich.mx

Palabras Clave: Costos fijos, Acuaponía, Sistema de Recirculación

RESUMEN. El pescado blanco de Pátzcuaro se encuentra en peligro de extinción en su hábitat silvestre. Sin embargo, diversos esfuerzos se han realizado para lograr su cultivo en cautiverio. Estos esfuerzos deberán ser viables técnicamente pero también económicamente rentables si se pretende promover su cultivo comercial de forma exitosa. En este trabajo se realizó un análisis económico preliminar sobre los costos operativos de un sistema acuícola de recirculación (RAS, por sus siglas en inglés) para la producción intensiva de pescado blanco y acúmara, el cual se encuentra localizado en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico Salvador Lira López, unidad dependiente de FIRA Michoacán. El RAS consta de 4 tanques de 3 metros de diámetro acoplados a dos sedimentadores y un sistema híbrido de biofiltración (lecho fluido y torres), puestos en recirculación con una bomba sumergible de 1hp, mientras que un blower de 3 hp, provee de aireación al sistema. Se analizaron los costos operativos que incluyen: costos energéticos, de insumos, de mantenimiento, de mano de obra, para determinar los costos fijos de este sistema y poder estimar el tamaño mínimo económicamente viable de un sistema de este tipo así como generar diversos escenarios que permitan generar paquetes de cultivo económicamente viables para integrarse en un modelos de negocio.

INTRODUCCIÓN. El pescado blanco (*Chirostoma estor*) es una especie emblemática del Lago de Pátzcuaro, en el estado de Michoacán, México, que se encuentra actualmente en peligro de extinción debido a diversos factores como la sobreexplotación, la degradación de su hábitat y la introducción de especies exóticas (Martínez-Chávez *et al*., 2022). Esta situación crítica ha impulsado la búsqueda de alternativas para su conservación y recuperación, entre las cuales destaca su cultivo en cautiverio. Entre las diferentes formas de cultivo, los sistemas de recirculación acuícola acoplados a la hidroponía (acuaponía) son una de las ecotecnias más sostenibles propuestas en la actualidad. Sin embargo, debido a los requerimientos de bombeo continuo (principalmente) resulta imprescindible evaluar su viabilidad económica con especies nativas

Sin embargo, para que esta estrategia sea viable a largo plazo, no solo debe ser técnicamente factible, sino también económicamente rentable. La viabilidad económica es fundamental para

fomentar el interés comercial en la producción del pescado blanco y con ello, asegurar su sostenibilidad.

ANTECEDENTES. El presente trabajo forma parte del proyecto "Validación de un modelo agroacuícola multitrófico de especies nativas del Estado de Michoacán" con número de proyecto PICIR-0123, apoyado por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán. Este modelo productivo se encuentra instalado en el Centro de Desarrollo Tecnológico Salvador Lira López, unidad dependiente de FIRA Michoacán. El proyecto busca validar este modelo con experiencias productivas con pescado blanco y acúmara, estableciendo protocolos que permitan evaluar su rentabilidad y escalamiento, proporcionando alternativas de producción sustentables. Este módulo está compuesto por cuatro tanques de fibra de vidrio, cada uno con un diámetro de 3 metros, interconectados a un sistema de recirculación que incluye soporte vital, sedimentadores y filtros biológicos. Este diseño permite crear un ambiente controlado, ideal para la investigación y el desarrollo de nuevas técnicas de producción acuícola. En este trabajo, se han obtenido datos sobre los costos operativos, los cuales proporcionan una base sólida para la generación de diversos escenarios productivos que pudieran demostrar el potencial económico de especies nativas en cultivo.

OBJETIVO. Analizar distintos escenarios productivos utilizando los costos operativos del módulo demostrativo acuícola de recirculación.

MATERIALES Y MÉTODOS. El sistema de recirculación acuícola (RAS) se encuentra ubicado en el Centro de Desarrollo Tecnológico Salvador Lira López FIRA Michoacán (Figura 1). El equipamiento (inversión) está conformado por: cuatro tanques con un diámetro de 3 metros cada uno, una bomba sumergible de 1 HP para recirculación del agua y un blower de 3 hp para proporcionar aireación constante, un oxímetro y cuatro alimentadores automatizados. Se realizaron dos escenarios a partir de los siguientes supuesto: Escenario 1) Se tomó en cuenta una densidad de siembra de 15 Kgm 3 (3600 crías en total), consumo eléctrico de la tarifa agrícola, mano de obra y el consumo de alimento, considerando una venta posterior de ganancias. Escenario 2) Se tomó en cuenta la instalación de paneles solares de 615-630 watts bifaciales, la siembra de 3600 crías en total, mano de obra y el consumo de alimento. Se recolectaron datos sobre los costos operativos del sistema acuícola, abarcando aspectos como costos energéticos, insumos y mano de obra. El cálculo del consumo energético se realizó en función de los equipos utilizados a partir de los cuáles se calcularon los costos de electricidad utilizando diferentes tarifas eléctricas (agrícola y casa habitación).

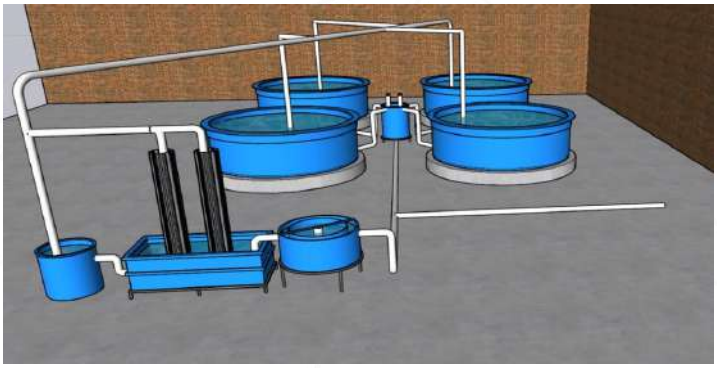


Figura 1. *Representación gráfica del Sistema de Recirculación Acuícola*

Resultados. El modelo de sistema de recirculación acuícola (RAS) demostró ser rentable en los dos escenarios económicos analizados. En el primer escenario, se consideraron tanto la inversión en equipos como los gastos operativos, que incluyeron los costos de mano de obra, consumo eléctrico bajo tarifa agrícola y alimentación a un precio de $60.00 por kilogramo. Esta alimentación fue destinada a 3,600 crías distribuidas en tanques con un diámetro de 3 metros. Los resultados financieros de este primer escenario son bastante prometedores, ya que el proyecto arrojó una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 218%, lo que indica un alto potencial de rentabilidad sobre la inversión inicial. Este indicador sugiere que el proyecto podría ofrecer un retorno muy atractivo, especialmente en comparación con otras oportunidades de inversión. Además, el flujo neto de dinero es positivo en general, con un total de $319,737.49 durante el horizonte del proyecto. Sin embargo, es importante destacar que, aunque el proyecto parece rentable en términos globales, en el primer año se registró un flujo negativo de -$40,877.63, lo que refleja una posible dificultad en la etapa inicial de implementación del sistema. A pesar de este déficit inicial, a partir del segundo año, el flujo neto de dinero se estabiliza en $90,153.78 anuales, lo que indica que el proyecto comienza a generar ingresos constantes y sostenibles (Tabla 2).

ESTADO DE RESULTADOS (Escenario 1)						
AÑOS	TOTAL	1	2	3	4	5
INVERSIÓN						
Blower Nanrong de 3 HP Trifasico		$19.548,90				
Alimentadores automatizados		$26.000,00				
Bomba de achique, 1 HP, Marca: Acuapack,		$11.858,40				
Oxímetro Neon de 3m OPTOD Sensor Acero Inoxidable		$33.624,11				
Tanques de 3 metros de diámetro para crías de pez blanco		$40.000,00				
Crias de pez blanco		$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00
TOTAL INVERSIÓN	$221.031,41	$149.031,41	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00
GASTO OPERACIONAL						
Mano de obra		127633,32	127.633,32	$127.633,32	$127.633,32	$127.633,32
Consumo eléctrico tarifa agrícola		15353,36	15.353,36	$15.353,36	$15.353,36	$15.353,36
Alimento a 60 kg		61413,99	61.413,99	$61.413,99	$61.413,99	$61.413,99
TOTAL GASTOS	$1.464.066,17	$353.432,08	$222.400,67	$222.400,67	$222.400,67	$222.400,67
INGRESOS						
Venta a $800 pesos / Kg		$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45
TOTAL INGRESOS	$1.562.772,25	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45
Flujo Neto de Dinero	$319.737,49	-$40.877,63	$90.153,78	$90.153,78	$90.153,78	$90.153,78
TIR	218%					
VAN	-$32.762,31					

Tabla 2. *Representación gráfica del Estado de Cuenta con costos de inversión y operativos (consumo agrícola)*

En el segundo escenario del análisis, se evaluó el impacto de la instalación de paneles solares, junto con la inversión en el equipo necesario y los gastos operativos asociados. Estos costos incluyen la mano de obra y la alimentación para las 3,600 crías, con un precio de $60.00 por kilogramo, cultivadas en tanques con un diámetro de 3 metros. La incorporación de los paneles solares tiene como objetivo reducir el gasto en energía eléctrica, lo que podría generar ahorros significativos a largo plazo y mejorar la eficiencia del sistema acuícola. A pesar de este enfoque, el proyecto arrojó una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 39%, un valor que, aunque sigue siendo positivo y competitivo en comparación con muchas otras inversiones, es considerablemente más bajo en comparación con el primer escenario sin paneles solares. En cuanto al flujo neto de dinero, el proyecto también muestra resultados favorables en general, con un total positivo de $224,137.61 a lo largo del período de análisis. Sin embargo, al igual que en el primer escenario, el proyecto experimenta una fase inicial de pérdidas. En el primer año, se reporta un flujo neto negativo de -$197,890.95, lo que refleja los altos costos iniciales de instalación de los paneles solares y la inversión en equipos. A pesar de este déficit significativo en el primer año, a partir del segundo año, el flujo de caja se estabiliza y genera un ingreso constante de $105,507.14 anuales, lo que indica que, una vez absorbidos los costos iniciales, el proyecto puede generar flujos de

efectivo saludables. Esta estabilización a partir del segundo año sugiere que el uso de paneles solares no solo ayuda a reducir costos operativos a largo plazo, sino que también contribuye a la sostenibilidad del proyecto desde el punto de vista energético (Tabla 3). Si bien la TIR del 39% es inferior a la del primer escenario, sigue siendo una tasa atractiva, especialmente si se considera la reducción en el riesgo asociado al control de costos energéticos mediante los paneles solares. No obstante, el alto costo inicial y el flujo negativo del primer año requieren una evaluación cuidadosa para asegurar que se cuente con la liquidez suficiente para sobrellevar la fase inicial de inversión.

ESTADO DE RESULTADOS (Escenario 2)						
AÑOS	TOTAL	1	2	3	4	5
INVERSIÓN						
Paneles solares (24) de 615-630 watts y son bifaciales		300.000,00				
Blower Nanrong de 3 HP Trifasico		$19.548,90				
Alimentadores automatizados		$26.000,00				
Bomba de achique, 1 HP, Marca: Acuapack,		$11.858,40				
Oxímetro Neon de 3m OPTOD Sensor Acero Inoxidable		$33.624,11				
Tanques de 3 metros de diámetro para crías de pez blanco		$40.000,00				
Crías de pez blanco		$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00
TOTAL INVERSION	$521.031,41	$449.031,41	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00	$18.000,00
GASTO OPERACIONAL						
Mano de obra		$127.633,32	127633,32	127633,32	127633,32	127633,32
Alimento 60 Kg		$61.414,0	$61.414,0	$61.414,0	$61.414,0	$61.414,0
TOTAL GASTOS	$ 1.859.666,05	510.445,40	207.047,31	207.047,31	207.047,31	207.047,31
INGRESOS						
Venta a 800 Kg		$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45
TOTAL INGRESOS	$1.562.772,25	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45	$312.554,45
Flujo Neto de Dinero	$224.137,61	-$ 197.890,95	$ 105.507,14	$ 105.507,14	$ 105.507,14	$ 105.507,14
TIR	39%					
VAN	-$ 431.179,54					

Tabla 3. *Representación gráfica del Estado de Cuenta con costos de inversión y operativos (paneles solares)*

CONCLUSIÓN. En ambos escenarios evaluados, el proyecto demuestra ser rentable, tanto en el consumo de energía agrícola como con la instalación de paneles solares. Esto se refleja en los indicadores financieros, como el flujo neto de dinero y la tasa interna de retorno (TIR), que son positivos y sugieren una buena rentabilidad. Sin embargo, es importante abordar estos resultados con cautela, ya que el análisis se ha centrado únicamente en los gastos operacionales y no ha considerado costos clave como la adquisición o arrendamiento del terreno y la construcción del invernadero. Además, este modelo de sistema acuícola de recirculación (RAS), que permite un uso más eficiente del agua y una mayor sostenibilidad, puede implicar costos adicionales no incluidos en el análisis, como el mantenimiento del sistema, la gestión de residuos y la tecnología requerida para monitorear y optimizar las condiciones de los cultivos acuáticos. Estos elementos podrían impactar significativamente en la viabilidad financiera general del proyecto. Por lo tanto, aunque los escenarios analizados sugieren rentabilidad en el corto plazo, es crucial realizar un análisis más exhaustivo que incluya todos los costos de inversión inicial y operacionales para obtener una visión completa de la viabilidad del proyecto a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez Chávez, C. C., Navarrete Ramírez, P., Raggi Hoyos, L., Ríos Durán, M. G., Fonseca Madrigal, J., Chávez Sánchez, M. C., Amillano Cisneros, J. M., & Martínez Palacios, C. A. (2022). Retos y perspectivas del sector acuí-cola rumbo al 2050. Ciencia Nicolaita, (83). https://doi.org/10.35830/cn.vi83.572

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824114

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA EN LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO 2010-2020

María Fernanda Ramírez Cesarez[1], Rafael Trueba Regalado[2]

1 Estudiante del Programa Interinstitucional de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1701675c@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.trueba@umich.mx

Palabras Clave: Medio ambiente, desarrollo sustentable, recursos hídricos

RESUMEN. El Lago de Cuitzeo, es el segundo más grande de México y sufre un grave deterioro ecológico, con periodos de desecación total en dos de sus tres vasos lacustres. Este ecosistema recibe en su cuenca descargas de agua residual por parte de los municipios ribereños y los territorios que integran la cuenca en general, alterando la calidad de los recursos hídricos en el lago. En este sentido, resalta que algunas viviendas localizadas en la ribera no cuentan con las características necesarias para descargar el agua de uso doméstico fomentando el deterioro ecológico del lago. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características de las viviendas en los municipios que integran la ribera del lago, para identificar cuántos hogares deben mejorar su infraestructura con el fin de disminuir la contaminación del mismo. El enfoque metodológico que se utilizó fue el mixto, ya que se analizó información bibliográfica y datos cuantitativos de los Censos de Población y Vivienda de 2010 y 2020 del INEGI para elaboración de indicadores estadísticos. Los resultados muestran que la población total aumentó 5% en una década, pasando de 147,684 a 154,760 habitantes. La población masculina creció 7%, mientras que la femenina 3%. El número de viviendas también se incrementó 11%, alcanzando 40,609 en 2020. El promedio de habitantes por vivienda disminuyó de 3.98 a 3.78 personas. Se observó una reducción en el número de ocupantes hombres y mujeres por vivienda, con descensos del 2% y 8% respectivamente. En términos de infraestructura, hubo un aumento significativo en viviendas con piso (18%), drenaje (18%), y acceso a energía eléctrica (13%) entre 2010 y 2020. Sin embargo, existen desigualdades en el grado de urbanización entre los municipios, siendo Zinapécuaro el más desarrollado en este aspecto.

INTRODUCCIÓN. El agua es el elemento vital para la vida, tiene importancia tanto en el marco social, económico y ambiental. Este recurso se consideraba inagotable, pero en los últimos años la disminución es tan drástica que ha generado preocupación por las cantidades disponibles, pero no solo se trata de cantidad, sino de calidad. La contaminación en ecosistemas hídricos como los lagos en ocasiones se relaciona con las descargas residuales que generan las viviendas en las zonas aledañas como los territorios ribereños o los municipios que integran sus cuencas. En ese sentido, el objetivo del trabajo es evaluar con qué tipo de infraestructura cuentan las viviendas de los municipios de la ribera del Lago de Cuitzeo, con la finalidad de identificar cómo se realizan las descargas de agua residual. El contenido del trabajo es el siguiente: en el primer apartado se presentan los antecedentes de la investigación en donde se mencionan algunos criterios

normativos de las viviendas. Después, los materiales y métodos que aplicaron para estimar los estadísticos descriptivos. En seguida, los principales resultados y, por último, las conclusiones.

ANTECEDENTES. En México la preocupación por la calidad del agua se ha hecho más evidente en las últimas décadas, y desde entonces se han desarrollado numerosas investigaciones, así como promulgación y edición de normativas referentes a esta. El artículo 4 de la Constitución Mexicana establece el derecho de todos los mexicanos a un medio ambiente sano (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2021, art. 4). El artículo 27 de la Constitución Mexicana establece que el agua es propiedad de la nación y que ésta podrá imponer las medidas necesarias para su conservación (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2021, art. 27). La NOM-001-SEMARNAT-2021 habla de las descargas de aguas residuales a cuerpos de agua y cuáles son los límites de contaminación que éstas pueden tener. Uno de los cuerpos de agua más importantes de nuestro país es el Lago de Cuitzeo, que es el segundo más grande en extensión con 452 km2 (Trueba, 2020). Se ubica entre los estados de Michoacán y Guanajuato. El Lago de Cuitzeo ha sufrido un deterioro progresivo desde mediados del siglo XX, por transformaciones en su cobertura, uso del terreno y la expansión de los asentamientos humanos en su cuenca (Bocco *et al*, 2012). Aunque existen diversos estudios sobre las problemáticas que enfrenta el Lago de Cuitzeo (García *et al*, 2008), pocos han examinado específicamente el papel de la infraestructura doméstica en los municipios ribereños como un factor que contribuye a la degradación ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la realización de este trabajo se utilizaron bases de datos obtenidas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de los censos de 2010 y 2020. La zona de estudio se delimita por los municipios de: Alvaro Obregón, Chucándiro, Copándaro, Cuitzeo, Huandacareo, Queréndaro, Santa Ana Maya y Zinapécuaro. Las variables analizadas fueron: Población (total, hombres y mujeres), total de viviendas habitadas, número de ocupantes por vivienda (total, hombres y mujeres), total de viviendas con piso, total de viviendas con desalojo en la red pública, total de viviendas con drenaje, total de viviendas con energía eléctrica para determinar estadísticos descriptivos que permitieron evaluar las características de las viviendas en los municipios que integran la ribera del lago, y con ello, identificar cuántos hogares deben mejorar su infraestructura con el fin de disminuir la contaminación del mismo.

RESULTADOS. En el periodo de análisis la población total de la zona de estudio pasó de 147,684 (INEGI, 2010) a 154,760 habitantes (INEGI, 2020), significando esto un aumento de solamente 7,076 personas en una década, lo que representa un incremento de 5%. En cuanto a la población de hombres en 2010 era de 69,735 y cambió a 74,669 personas, la diferencia es de 4,934 hombres, representando esto un aumento del 7%. La población masculina que ocupaba 49% del total en 2020 representó 51%. La población de mujeres en 2010 era de 77,949 y en 2020 se registraron 80,091 mujeres. El aumento fue de 2,142 personas, lo que significa el 3% de crecimiento. El número de viviendas en la ribera de Cuitzeo aumentó de 36,589 en 2010 a 40,609 en 2020. Este incremento de 4,020 viviendas nuevas representa un crecimiento del 11%, lo cual es una cifra significativa para la región (Ver Fig. 1).

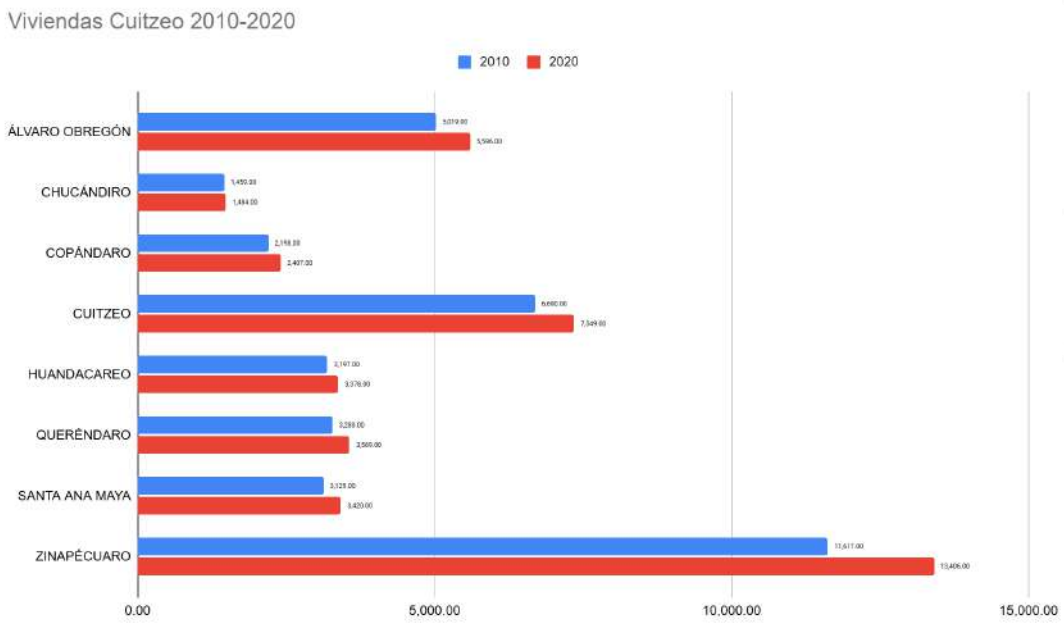


Figura 1. *Cantidad de viviendas en la ribera del Lago de Cuitzeo*
Fuente*: Elaboración propia con base al Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010-2020.*

En la variable “Habitantes por vivienda” se registró un promedio de 3.98 personas por vivienda en 2010, en 2020 esto bajó un 5%, teniendo un promedio de 3.78. En 2010, el promedio de ocupantes hombres por vivienda era de 1.87, representando el 47% del total de habitantes por vivienda. Para 2020, este promedio bajó a 1.82, equivalente al 48% de los ocupantes. Al analizar estos datos, se observa una disminución de 0.05 en el promedio de hombres por vivienda, lo que equivale a una reducción del 2%. En 2010, el promedio de ocupantes mujeres por vivienda era de 2.11, lo que representaba el 53% de los habitantes por vivienda. Para 2020, este promedio descendió a 1.95, equivalente al 52% de los ocupantes. Este análisis muestra una disminución de 0.16 en el promedio de mujeres por vivienda, lo que representa una reducción del 8%. En 2010, de las 36,589 viviendas registradas, 33,331 contaban con piso, lo que representaba el 91% del total. Para 2020, de las 40,609 viviendas registradas, 39,191 tenían piso, equivalentes al 97% de las viviendas. Esto significa un incremento de 5,869 viviendas con piso entre 2010 y 2020, lo que representa un aumento del 18%. En 2010 el censo incluyó la variable “desalojo en la red pública” donde se muestra que de las 36,589 viviendas se registró que 27,986 tienen la infraestructura para el desalojo en la red pública, lo que equivale a solamente un 76% de las viviendas. Esta variable no está presente en los censos de 2020. Del total de viviendas, en 2010 se registró que 33,627 cuentan con drenaje. Este valor representa el 91% del total. En 2020 se registraron 39,515 viviendas con drenaje, lo que equivale al 97% del total. Entre 2010 y 2020 hubo un aumento de 5,888 viviendas registradas con drenaje, lo que equivale a un aumento del 18%. (Ver Fig. 2)

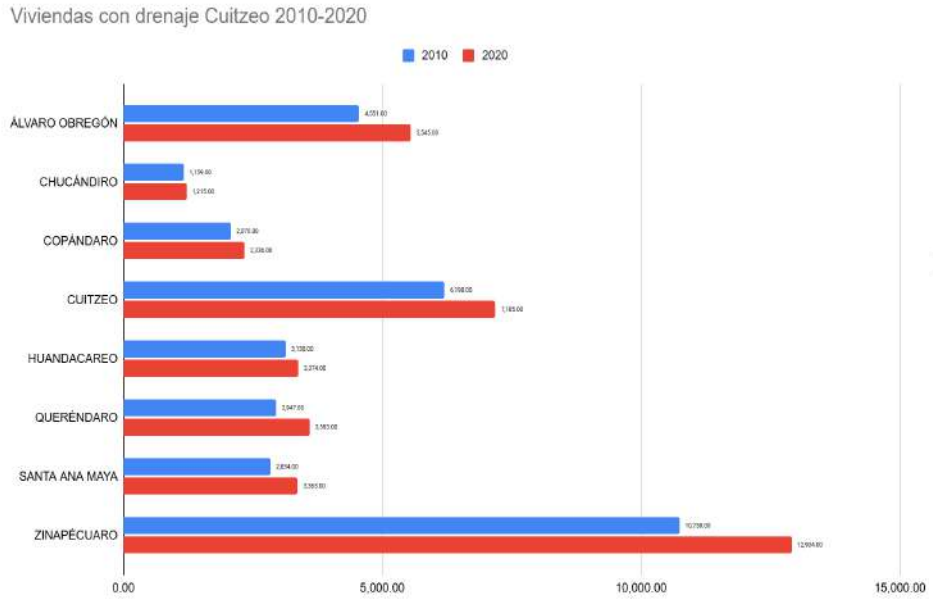


Figura 2. *Viviendas con drenaje la ribera del Lago de Cuitzeo*
Fuente*: Elaboración propia con base al Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010-2020.*

Del total de viviendas registradas en 2010 se registró que 35,904 tienen acceso a energía eléctrica, lo que equivale al 98% de las viviendas. En 2020 este valor aumentó a 40,391, lo que equivale al 99% del total. El aumento es de 4,487 viviendas, lo que representa un crecimiento del 13%. (Ver figura 3)

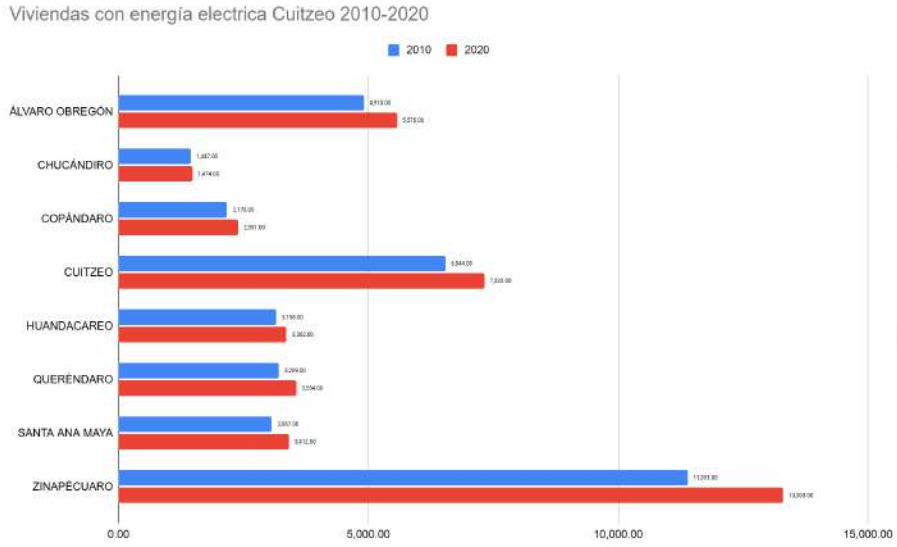


Figura 3. *Viviendas con energía eléctrica en la ribera del Lago de Cuitzeo*
Fuente*: Elaboración propia con base al Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2010-2020.*

CONCLUSIONES. En la última década el crecimiento poblacional no ha sido tan drástico en los municipios de esta región teniendo un valor del 5%, el aumento de viviendas podría ser un factor importante, ya que el número de casas aumentó en un 11% siendo esto un indicador de desarrollo habitacional significativo, pero también lleva a plantearse la preocupación sobre la cantidad de desechos domésticos y sobre sí los hogares podrán gestionarlos de manera sostenible. En este periodo se registró una reducción en el número de ocupantes por vivienda y una mejora en servicios básicos, esto sugiere un incremento en la calidad de vida para los habitantes. Sin embargo, la persistencia de viviendas sin acceso adecuado a la red pública de drenaje sigue siendo un problema que impacta tanto la salud pública como el estado ambiental del lago. Aunque se ha visto una mejora general en la infraestructura, se puede apreciar una desigualdad en el grado de urbanización entre los municipios ribereños. Zinapécuaro es el municipio más desarrollado en términos de infraestructura, lo que podría sugerir que otros municipios con menor grado de urbanización aún requieren mejorar su capacidad de reducir la contaminación del lago. Este estudio resalta la necesidad de implementar medidas para mejorar la infraestructura en el mayor número posible de viviendas y se pueda gestionar y administrar las aguas residuales domésticas de manera sostenible, minimizando así su impacto en el Lago de Cuitzeo.

REFERENCIAS

1. García-Oliva, F., Bravo, M., Ríos, E., Mendoza, M., Camacho, G., Barajas, B., Reyes, T. & Granados, E. (2008). La cuenca del lago de Cuitzeo. Problemática, perspectivas y retos hacia su desarrollo sostenible. 10.22201/ciga.9789707035782p.2008.
2. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2021). Artículo 4. México
3. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2021). Artículo 27. México
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#tabulados
6. Trueba, R. (2024). Perfil socioeconómico de los habitantes ribereños en el Vaso Oeste del Lago de Cuitzeo, Michoacán. Red Mexicana de Cuencas (REMEXCU). https://remexcu.org/index.php/grupos/fichas-informativas-de-lagos/mexico/presa-infiernillo/25-blog/224-perfil-socioeconomico-de-los-habitantes-riberenos-en-el-vaso-oeste-del-lago-de-cuitzeo-michoacan
7. Bocco, G. (2012). La investigación ambiental en la cuenca del Lago de Cuitzeo: una revisión de la bibliografía publicada. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA). https://www.researchgate.net/publication/313185934_LA_INVESTIGACION_AMBIENTAL_EN_LA_CUENCA_DEL_LAGO_DE_CUITZEO_UNA_REVISION_DE_LA_BIBLIOGRAFIA_PUBLICADA

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824117

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LA CODIGESTIÓN DE RESIDUOS DE AGUACATE Y LODOS RESIDUALES CON LA APLICACIÓN DE PRETRATAMIENTOS

Janik Yunuen Ayungua Gutiérrez[1], Víctor Manuel Ruiz García[2]

1 Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía- IIES, Universidad Nacional Autónoma de México-Sede Morelia. janikgtz@gmail.com

2 Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía- IIES, Universidad Nacional Autónoma de México-Sede Morelia. vruiz@cieco.unam.mx

Palabras Clave: Residuos, aguacate, lodos, digestión anaerobia, biogás y revalorización.

RESUMEN. El Michoacán es mundialmente reconocido por la calidad y cantidad de aguacate que se genera en el Estado, posicionando a México como el principal proveedor de aguacate en el mercado internacional, cubriendo el 45.9% del valor de las exportaciones mundiales (SAGARPA, 2017). Actualmente, México no solo exporta el fruto del aguacate, también exporta guacamole y pulpa. En el 2020, México exportó a EE. UU. 83,468 t de guacamole y 14,904 t de pulpa de aguacate, este tipo de exportaciones sustentan el ritmo de su comercialización internacional, aproximadamente el 45% son cácaras y semillas (Hernández, 2018) siendo estos, residuos que terminan en vertederos a cielo abierto ocasionando un fuerte impacto ambiental y evitando su revalorización económica. Los estudios relacionados al aprovechamiento energético de la biomasa generada por los distintos procesamientos industriales de frutas y verduras han ido en aumento. Un proceso biológico de digestión anaerobia (DA) resulta un tratamiento atractivo que permita revalorizar los residuos orgánicos de manejo especial como lo son los residuos de aguacate (cáscara y semilla) resultantes de la exportación de guacamole. Considerando que la DA con niveles bajos de sólidos genera volúmenes bajos de biogás (Guerrero et al., 2016), se ha considerado la codigestión con lodos residuales (LR) provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atapaneo. Para optimizar la producción de biogás fueron utilizados diferentes tipos de pretratamientos mecánicos, químicos y térmicos. A partir de un diseño experimental Taguchi L8 de 4 factores y 2 niveles, se definieron las condiciones para montar un Ensayo del Potencial Bioquímico de Metano. Las condiciones que tuvieron una mayor producción de biogás en la relación sustrato:inóculo, fue de 50:50, pH 8, T=50°C, una concentración de 60 gSV·L-1 , con un volumen de 3.66 NmL·gSV-1.

INTRODUCCIÓN. A lo largo de la historia, el ser humano ha buscado la generación de energía como uno de sus principales objetivos, lo que le ha permitido satisfacer sus necesidades básicas y vivir de una manera más cómoda. A partir de la revolución industrial, hubo una profunda transformación de los sistemas tradicionales de trabajo, generando una gran demanda de energía basada en los combustibles fósiles, ocasionando una serie de impactos ambientales; principalmente el aumento de gases de efecto invernadero (GEI). Ante el agotamiento de los combustibles fósiles, y la necesidad de una transición hacia energías renovables, es necesario desarrollar conocimiento científico e innovación tecnológica que permita satisfacer las demandas energéticas básicas de la población, considerando necesario un cambio en los patrones de

consumo actuales, donde se logre el aprovechamiento de los residuos, la búsqueda de la sustentabilidad en los procesos de producción y la cobertura de las necesidades energéticas básicas del ser humano. Actualmente, la industria alimentaria cubre una de las necesidades más importantes del ser humano, pero al mismo tiempo tiene un gran impacto al medio ambiente con una generación aproximada del 93% de residuos orgánicos, generados al procesar diversos tipos de frutas y verduras (González-Fernández *et al.,* 2014). Aunado a esto, la FAO reporta que una tercera parte de los alimentos producidos en el mundo terminan como desperdicios o perdidos (FAO, 2019), provocando impactos ambientales por la mala disposición final de los mismos. Michoacán es mundialmente conocido por la calidad y cantidad de aguacate que se produce en el Estado, posicionando a México como el principal proveedor de aguacate en el mercado internacional, cubriendo el 45.9% del valor de las exportaciones mundiales (SAGARPA, 2017) y actualmente, no sólo se exporta el aguacate como fruto, también se exporta el aguacate procesado (guacamole) y de acuerdo a Hernández (2018), por cada tonelada cosechada, aproximadamente el 45% son cáscaras y semillas, que terminan en vertederos a cielo abierto sin algún de tipo de tratamiento previo a su disposición final.

Entre las actividades que constantemente generan grandes volúmenes de residuos, se encuentra el tratamiento de las aguas residuales. Los lodos residuales se generan en gran volumen y lo hacen diariamente, resulta bastante costoso revalorizar estos residuos por si solos, por lo que se han convertido en un problema ambiental por la falta de un tratamiento previo a su disposición final. Considerando que el acceso al agua forma parte de los servicios básicos de vivienda (García-Ochoa *et al.*, 2016), la Ley de Aguas Nacionales, tiene como objetivo regular la explotación, uso, distribución y control de aguas nacionales, buscando siempre preservar la cantidad y calidad del agua para lograr un desarrollo integral sustentable (INECC, 2018), esto incluye el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales y por ende, una gestión adecuada de sus residuos. La generación excesiva tanto de los residuos de la producción de guacamole como los residuos del tratamiento de aguas residuales, se han convertido en un problema ambiental bastante serio por la falta de un tratamiento prior a su disposición final, por eso mismo, resultan residuos atractivos para revalorizarse y generar algún tipo de subproducto que bien pudiera ser un bioenergético capaz de favorecer a aquellos sectores de la población que se encuentren vulnerados energéticamente. Resulta indispensable encontrar un proceso que gestione adecuadamente estos residuos, que nos permita como Estado lograr una justa y sustentable transición energética.

ANTECEDENTES

2022. En la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, han estado buscando la valorización de los residuos de alimentos a través de la digestión anaerobia. Evaluaron la aplicación de tres diferentes pretratamientos y utilizando un inóculo altamente alcalino, realizaron pruebas de PBM y el de mejor desempeño fue el que tuvo un tamaño de partícula fino, un pH 11 y un tratamiento térmico de 60°C, produciendo 65.91 NmL de CH_4/ gTVS (Alanis-Silva *et al.,* 2022).

2023. En el departamento de Ciencia y Tecnología Aplicada, del Politécnico de Torino en Italia, evaluaron y compararon el comportamiento de la digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos bajo cuatro diferentes pretratamientos (mecánicos, térmicos, cavitación hidrodinámica y ultrasonido), así como diferentes tiempos de incubación del inóculo y distintas relaciones de substrato e inóculo. La mejor configuración fue el pretratamiento térmico a 120°C por 45 min, con un tiempo de incubación del inóculo de 10 días y una relación de 2:1 con la mayor producción de biogás 3.33 NmL/g SV (Demichelis *et al.*, 2023).

OBJETIVOS. Evaluar y cuantificar la producción de biogás a partir de la codigestión de los residuos de aguacate y lodos residuales bajo condiciones óptimas de pretratamiento y relación entre ambos sustratos definidas por un ensayo del Potencial Bioquímico de Metano (PBM) que permita dar una opción para revalorizar ambos residuos con fines energéticos.

OBJETIVOS PARTICULARES. Conocer la composición fisicoquímica y bromatológica de los Substratos (S) e inóculo (I). Determinar el Potencial Teórico de Metano de ambos substratos: Residuos de Aguacate (RA) y Lodos Residuales (LR). Establecer las relaciones de Sustrato (S): Inóculo (I) con las que trabajarán los ensayos del Potencial Bioquímico de Metano (PBM), así como los pretratamientos que se aplicarán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los residuos de aguacate son generados por una congeladora exportadora de guacamole y los lodos residuales son generados por la planta de tratamiento de agua, ambos en la ciudad de Morelia, Michoacán.
La metodología la podemos dividir en etapas:

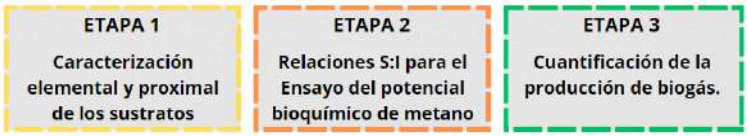


Figura 6. *Etapas de la metodología.*

Para la caracterización elemental de la Etapa 1, se muestra a continuación la normativa para cada tipo de análisis realizado (Tabla 1).

Análisis	Residuos de aguacate	Lodos Residuales
Humedad	NMX-AA-016-1984	NOM-004-SEMARNAT-2002
Cenizas	NMX-F-066-S-1978	NMX-AA-018-1984
Sólidos Volátiles	Standard Methods, 2540G	Standard Methods, 2540G
Sólidos Totales	Standard Methods, 2540B	Standard Methods, 2540B
Elementales: C, H, N y S.	Método de Dumas modificado (Flash 2000)	Método de Dumas modificado (Flash 2000)
Poder Calorífico	UNE-ES- ISO18125- Biocombustibles sólidos- Determinación del poder calorífico	UNE-ES- ISO18125- Biocombustibles sólidos- Determinación del poder calorífico
Carbohidratos	Método de Lane y Eynon.	Método de Lane y Eynon.
Lípidos	Método Soxhlet y Goldfish	Método Soxhlet y Goldfish
Proteínas	Método Kjeldahl	Método Kjeldahl

Tabla 2. *Normativa para cada tipo de análisis de la Etapa 1.*

Para la Etapa 2, se realizó un diseño de experimentos Taguchi L8 ortogonal, contemplando 4 factores: 2 pretratamientos (químico y térmico), concentración de sólidos volátiles y relación S:I, cada uno con dos niveles (alto y bajo). El ensayo de PBM se montó en botellas de septum de 120ml, siendo la fase líquida de 80ml, preparadas con dos distintas relaciones de S:I, una 50:50 y otra 70:30. Cada botella contenía alrededor de 4.8gSV y se purgaron con nitrógeno para asegurar condiciones anaerobias. Después se colocaron en una cámara ambiental a 35°C hasta que la producción de biogás fue menor al 1%, la agitación fue diaria y manual. Para la Etapa 3, se cuantificó la producción de biogás midiendo diariamente la presión dentro de cada reactor y

con Ley de Gases Ideales se estimó el volumen de biogás producido. El diseño arrojó 8 condiciones diferentes y cada una se evaluó con su respectivo blanco (16 condiciones diferentes) y se llevó a cabo por triplicado.

No. Reactor	*pH*	*T °C*	*Concentración (g SV · kg^{-1})*	*Relación S:I*
1	8	50	60	50/50
2	8	50	60	70/30
3	8	25	60	70/30
4	8	25	60	50/50
5	6	50	60	70/30
6	6	50	60	50/50
7	6	25	60	50/50
8	6	25	60	70/30
B inóculo 70/30	6.8	25	--	70/30
B inóculo 50/50	6.8	25	--	50/50
B1(semilla)	5.8	25	60	50/50
B2 (cáscara)	5.7	25	60	50/50
B3 (lodos)	5.8	25	60	50/50
B4 (semilla)	5.9	25	60	70/30
B5 (cáscara)	5.7	25	60	70/30
B6 (lodos)	5.6	25	60	70/30

Tabla 3. *Matriz de condiciones de operación en el Ensayo del Potencial Bioquímico de Metano*.

RESULTADOS. Se obtuvieron en total ocho configuraciones diferentes del diseño se experimentos y se agregaron dos blancos para cada relación de S:I, así como los blancos de cada sustrato (semilla, cáscara y lodo), en combinación con el inóculo de cada concentración, obteniendo un total de 16 configuraciones. Cada configuración se llevó a cabo por triplicado “A”, “B” y “C”. En “A” y “B”, se midió la presión en kPa y en “C” se caracterizó el biogás generado. En total se montaron 48 reactores. Para la cuantificación se monitorearon los reactores durante 30 días, donde se registró la presión en kPa y haciendo uso de la Ley de Gases Ideales se estimó el volumen diario de producción de biogás, para después hacer la corrección a condiciones normales: T=20 °C y P= 1 atm. De los reactores del R1 al R8, el que tuvo la mayor producción de biogás fue el Reactor 1, con una producción total de 229.12 Nml de biogás y de los blancos fue el Blanco 1, con una producción de 489.43 Nml de biogás. Las condiciones de operación del R1 fueron las siguientes: pH de 8, T= 50°C, 60 gSV/kg y una relación S:I de 50/50. Para el B1, las condiciones de operación fueron las siguientes: pH de 5.8, T=25 °C, 60 gSV/kg de semilla de aguacate y una relación S:I de 50/50.

Reactor	ΣV (NmL)
R1	229.12
R2	104.16
R3	111.84
R4	148.04
R5	99.93
R6	109.40
R7	120.97
R8	102.98

Reactor	ΣV (NmL)
B inoc 70/30	156.74
B inoc 50/50	176.89
B1	489.43
B2	175.38
B3	375.86
B4	72.39
B5	151.74
B6	367

Tabla 4. *Volumen final de biogás producido de cada reactor.*

CONCLUSIONES. Existieron varias complicaciones al momento de hacer las mediciones de presión ya que hubo fugas de biogás por las presiones tan altas dentro de los reactores durante los primeros días, por lo que el volumen de biogás calculado no es completamente confiable, sin embargo y a pesar de eso, se tuvo producción de biogás y degradación de la materia orgánica, por lo que se recomienda modificar la metodología para evitar esas fugas. Consecuente a las fugas de biogás se perdió gran cantidad de metano, que es el gas mayoritario en el biogás y quedó un volumen pequeño que no fue posible leerse en el equipo de caracterización de biogás. Actualmente, se está corriendo otro ensayo de PBM considerando volúmenes de trabajo mayores y se modificó la metodología para cuantificar la producción de biogás, esta nueva metodología forma parte de la experimentación del proyecto de doctorado de la M. C. Janik Yunuen Ayungua Gutiérrez.

REFERENCIAS

1. Alanis-Silva, E., Chávez-Parga, M., & Cortés, J. A. (2022). Evaluation of the effect of the application of combined pretreatments and inoculum with high alkanility. *Springer Nature*.
2. Demichelis, F., Deorsola, F. A., Robotti, E., Cravotto, G., Marengo, E., Tommasi, T., . . . Fino, D. (2023). Experimental and modelling optimisation of sustainable techniques for the pre-treatment of the organic fraction municipal solid waste to improve anaerobic digestion. *Journal of Cleaner Production*.
3. FAO. (2019). Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*.
4. García-Ochoa, R., & Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, Sociedad y Territorio*., 289-337.
5. González-Fernández, J. J., Galea, Z., Álvarez, J. M., Hormaza, J. I., & López, R. (2014). Evaluation of composition and performance of compost derived from guacamole production residues. *Journal of Environmental Management*.
6. Hernández, A. (2018). Residuos de aguacate podrían convertirse en biocombustible gracias a científicos mexicanos. *El Dictamen*.
7. Julio Guerrero, I. C., Peláez Jaramillo, C. A., & Molina Pérez, F. J. (2016). Evaluación de la co-digestión anaerobia de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos. *ION*, 63-70.
8. SAGARPA. (2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.* . Ciudad de México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824119

CALIDAD DEL AIRE Y ESTRATIFICACIÓN VERTICAL DE PM2.5 EN COCINAS RURALES CON TECNOLOGÍAS COMBINADAS PARA COCINAR

Anahi Aguilera Pantoja[1], Juan Carlos Vázquez-Tinoco[1], Belén Olaya[1] ; Víctor Manuel Ruiz García[1]

1 Grupo de Innovación Ecotecnológica y Bioenergía, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia. aaguilera@cieco.unam.mx, juanktinoco@hotmail.com, b.olaya@cieco.unam.mx, vruiz@cieco.unam.mx

Palabras Clave: Estufas de leña, contaminación del aire, fogón, guías de calidad del aire

RESUMEN. La contaminación del aire en interiores por la combustión de leña fue responsable de 2.31 millones de muertes prematuras, en el 2019. Generalmente se asume que las PM2.5 se distribuyen de manera uniforme en la cocina, sin embargo, en laboratorio se ha observado una estratificación vertical. Además, hay poco conocimiento sobre cuáles son realmente los beneficios en la calidad del aire y a la salud de las combinaciones de tecnologías para cocinar (stacking) más utilizados por la población. Nuestros objetivos fueron evaluar la calidad del aire y la estratificación vertical, en cocinas rurales con diferentes stacking. Se midieron las concentraciones de PM2.5 a 60, 120, 180 y 240 cm en interiores, a una altura en exteriores, en siete casas de Cheran Atzicurín, Michoacán, utilizando el método óptico. Además, se utilizó el método gravimétrico para corregir las mediciones ópticas. En tres de las siete casas se superó el límite de la OMS de 35 µg/m3, a todas las alturas: una con estufa fija de leña y nixtamalera, otra con estufa portátil de leña y fogón afuera de la cocina, y una con estufa de gas y una habitación en construcción. Para todas las casas, las concentraciones interiores de PM2.5 fueron mayores que las exteriores. Las concentraciones exteriores de PM2.5 disminuyeron en el siguiente orden: casas con fogón afuera > casas con estufa fija y nixtamalera > casas con estufa de gas. En situaciones de baja ventilación, se encontraron mayores concentraciones conforme aumentó la altura. Sin embargo, también se observó que puede haber otras fuentes de PM2.5 relevantes a 60 cm. No hubo resultados concluyentes sobre cuáles tipos de stacking se pueden considerar como limpios, es necesario un monitoreo continuo e incluir factores como la ventilación y potencia del fuego al analizar la calidad del aire.

INTRODUCCIÓN. La contaminación del aire en interiores, especialmente por la combustión de leña, causó 2.31 millones de muertes prematuras en 2019, principalmente debido a la inhalación de partículas finas (PM) (Pillarisetti et al., 2023). Los hogares que utilizan biomasa en fogones como fuente de energía suelen presentar niveles de contaminación que superan los estándares seguros de salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) proporciona directrices para la calidad del aire interior (AQG) que establecen límites para la concentración de contaminantes y ayudan a mitigar los impactos negativos del uso de fogones en la salud pública (Armendáriz-Arnez et al., 2010).

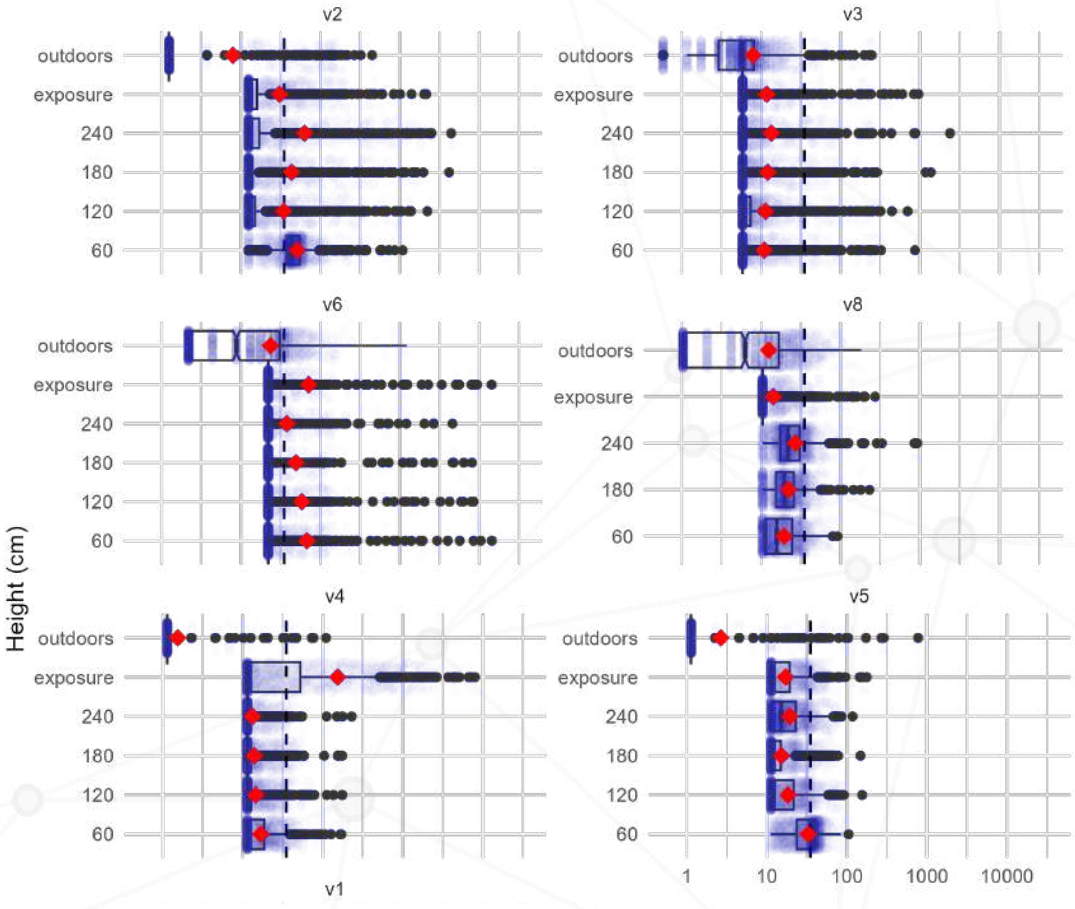
ANTECEDENTES. La OMS ha creado un modelo simplificado para estimar las concentraciones de partículas menores de 2.5 micrómetros (PM2.5) en cocinas que utilizan leña, el cual asume una distribución uniforme de estas partículas en la habitación. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que estas concentraciones se estratifican verticalmente, dependiendo de factores como las tasas de ventilación y emisión de partículas (MacCarty et al., 2020). Explorar esta estratificación vertical en el campo podría ajustar el modelo de caja simple de la OMS para proporcionar estimaciones más precisas de la calidad del aire en interiores. A pesar de los esfuerzos por promover tecnologías más limpias, como las estufas de leña eficientes, el uso combinado de combustibles y tecnologías (stacking) sigue siendo común, proporcionando flexibilidad a los usuarios frente a la escasez de combustible y fluctuaciones en los precios (Serrano-Medrano et al., 2018). Un estudio en Michoacán, México, reveló que el 45% de los hogares emplean alguna forma de stacking. Aunque algunas estufas de leña con chimenea bien diseñadas pueden cumplir con los estándares de la OMS en condiciones controladas, la eficacia real de los distintos stackings y la estratificación vertical en campo aún necesitan ser evaluadas para confirmar su impacto en la calidad del aire y la salud (Medina et al., 2017).

OBJETIVOS. Evaluar la calidad del aire en cocinas con distintos stackings para identificar clean-*stackings* y corroborar si las Patsari-LPG son un clean-*stacking* en la comunidad. Además de evaluar, en campo, si hay estratificación vertical.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio sobre la calidad del aire y la estratificación vertical se realizó en ocho viviendas de la comunidad Cherán Atzicurín, Michoacán, México, seleccionadas por el consejo comunitario debido a sus necesidades energéticas no resueltas. Las casas incluían tanto fogones tradicionales como estufas de gas LP, algunas con fogones interiores y exteriores. Se instalaron varias ecotecnologías, como estufas ahorradoras de leña Patsari, tanto fijas como portátiles, para evaluar sus efectos en la calidad del aire. Se realizó una entrevista para recopilar información sobre el uso de dispositivos y combustibles, los costos y la disponibilidad, y otros factores relacionados con la eficiencia de la combustión, como el tamaño de los troncos, madera dura o blanda, hojas y ramas, así como el tiempo de almacenamiento y la ventilación (Olsen et al., 2020; Walker et al., 2022). Las concentraciones de partículas (PM2.5) y de monóxido de carbono (CO) se midieron utilizando sensores ópticos Pats+ y fueron corregidas usando un sistema gravimétrico. Los Pats+ fueron calibrados y colocados a 60, 120, 180, 240 m para medir la estratificación vertical de las partículas en el aire. Además, se utilizó un dispositivo de exposición personal y un medidor de contaminantes del aire exterior para obtener datos complementarios. Finalmente, se analizaron los datos en el software R version 4.2.0 (2022-04-22 ucrt) -- "Vigorous Calisthenics". Los modelos de regresión censurados junto con la función emmeans () ayudaron a identificar las diferencias significativas entre las alturas y a evaluar los tipos de combinaciones tecnológicas que cumplen con los estándares de la OMS para una calidad del aire interior aceptable. Identificar estos "clean stackings" puede promover tecnologías que mejoren la salud en la comunidad.

RESULTADOS. En tres de las siete casas monitoreadas, las concentraciones de PM2.5 superaron el límite de la OMS de 35 $\mu g/m^3$ en todas las alturas evaluadas (60, 120, 180 y 240 cm). La primera casa con estufa fija y nixtamalera (v2) presentó concentraciones altas debido al uso frecuente de la estufa y a la falta de ventilación adecuada. La segunda casa (v6), con una estufa portátil de leña y fogón exterior, también superó el límite debido a una ventilación insuficiente. La tercera casa (v1), mostró las concentraciones más altas de PM2.5, a pesar de que solo reportaron utilizar estufa de gas, sin embargo, al recoger los dispositivos de medición

fue posible detectar que estaban construyendo una habitación (Fig. 1). Las concentraciones de CO no superaron los límites establecidos por la OMS en ninguna de las casas; de hecho, los niveles de CO fueron menores a 1 mg/m^3. En cuanto a las concentraciones de PM2.5, se observaron niveles más bajos en el exterior que en el interior de las casas, con las concentraciones exteriores más altas en casas con estufa portátil de leña y fogón exterior, y las más bajas en casas con estufa de gas (Fig. 1). Los cocientes Interiores/Exteriores fueron más altos en las casas que superaron el límite de la OMS, indicando una mayor concentración de PM2.5 en el interior en comparación con el exterior. El análisis de la estratificación vertical mostró que en algunas casas las concentraciones de PM2.5 aumentaron con la altura, mientras que en otras disminuyeron. En una casa con estufa Patsari fija y nixtamalera (v2), las concentraciones de PM2.5 aumentaron a medida que se incrementaba la altura, con excepción de la concentración a 60 cm que fue similar a la de 180, posiblemente debido a la resuspensión de polvo del suelo. En otra casa con estufa de leña pórtatil y fogón afuera de la cocina (v8) las concentraciones de PM2.5 también aumentaron con la altura. Por el contrario, en las casas con estufa de gas, las concentraciones de PM2.5 disminuyeron con la altura (Fig.1).



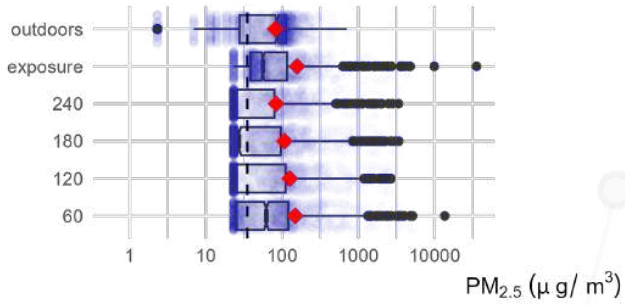


***Figura 1**. Gráficos de boxplot (a la izquierda) para las concentraciones de PM2.5 durante 24 horas para casas con estufas de leña fijas y nixtamalera (v2 y v3), estufa portátil y fogón afuera de la cocina (v6 y v8), estufa de gas (v4 y v5), una habitación en construcción (v1) a distintas alturas (60, 120, 180 y 240 cm). El promedio de las PM2.5 (rombos rojos) superó el límite establecido por la WHO de 35 µg/m^3 al día (línea punteada) para una casa con estufa de leña fija (v2), una con estufa de leña portatil (v6) y la casa en construcción (v1). En una casa con estufa de leña fija (v2) y una con estufa portatil (v8), las concentraciones de las PM2.5 aumentaron conforme aumentó la altura (boxplots a la izquierda), con diferencias significativas. En las casas con estufa de gas (v4 y v5) las concentraciones de PM2.5 disminuyeron significativamente conforme aumentó la atura.*

En cuanto a la exposición personal, un caso importante que vale la pena mencionar fue del habitante de la casa de gas v4. Las mediciones representan la exposición personal porque el Pat+ se colocó en su silla de ruedas a una altura aproximada a la zona donde respira (alrededor de 80 cm del suelo). A pesar de que en su cocina se encontraron concentraciones de PM2.5 bajas (< 20 µm/m^3), el promedio diario de la exposición personal fue de 154 µm/m^3, alrededor de 9 nueves veces más la concentración ambiental de su cocina. En comparación con estudios en Guatemala (Pillarisetti et al., 2023) y en una comunidad cercana a Cherán Atzicurin (Armendáriz-Arnez et al., 2010), donde las concentraciones de PM2.5 promedio fueron de 125 y 101 µg/m^3, respectivamente, en las casas con estufas de leña; en el presente estudio las casas con estufas de leña mostraron concentraciones de 35 a 68 µg/m^3. Esto sugiere una notable reducción en las emisiones de partículas finas en las viviendas de Cherán Atzicurin. Este análisis también mostró diferencias en las concentraciones de PM2.5 según el tipo de estufa y su ubicación. Las estufas de leña que operaban a fuego lento tuvieron menores concentraciones de PM2.5. Las casas con estufas de gas presentaron las concentraciones más bajas y una estratificación inversa de las partículas, con menores niveles en alturas mayores. Estos resultados refuerzan la idea de que las tasas de emisión de partículas y la ventilación son factores clave en la calidad del aire interior (Olsen et al., 2020). En futuras investigaciones para evaluar el impacto de las estaciones climáticas en las concentraciones de PM2.5 y aumentar el número de muestras para obtener conclusiones más robustas. Aunque proporcionar información sobre el uso óptimo de la leña no ha demostrado ser efectivo en estudios anteriores; sigue siendo relevante explorar cómo fomentar prácticas de cocción que reduzcan las emisiones, como cocinar a fuego lento y asegurar una buena ventilación en los hogares.

CONCLUSIONES. Es posible utilizar leña para cocinar y mantener una buena calidad del aire, con valores de PM2.5 menores al Interim Target 1 de la Organización Mundial de la Salud (35 µg/m3). Sin embargo, se requieren ciertas condiciones, entre ellas cocinar a fuego lento y tener buena ventilación en la cocina. Los horarios en los que se cocina sí representan momentos de alta exposición porque se alcanzan altas concentraciones de PM2.5 en las cocinas. Hay estratificación vertical de las concentraciones de PM2.5, en condiciones reales, para algunos casos. Cuando se cocina con leña, en situaciones de baja ventilación, se encontraron mayores concentraciones conforme aumentó la altura. Sin embargo, también se observó que puede haber

otras fuentes de PM2.5 relevantes a alturas bajas, el polvo depositado puede aportar PM2.5 al aire, lo que pone en riesgo a los niños pequeños que respiran a alturas bajas. Aunque algunas casas con estufas fijas y portátiles de leña y fogones exteriores mostraron niveles de PM2.5 que podrían considerarse por debajo del Interim target 1 (35 µg/m3) y del límite de la OMS para CO (7 mg/m3), no hubo resultados concluyentes sobre cuáles tipos de stacking se pueden considerar como limpios. Es necesario un monitoreo continuo y una correcta utilización de los dispositivos para asegurar que las emisiones de contaminantes estén dentro de los límites recomendados y, por ende, proteger la salud de los habitantes.

REFERENCIAS

1. Armendáriz-Arnez, C., Edwards, R. D., Johnson, M., Rosas, I. A., Espinosa, F., & Masera, O. R. (2010). Indoor particle size distributions in homes with open fires and improved Patsari cook stoves. *Atmospheric Environment*, *44*(24), 2881–2886. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.04.049
2. Medina, P., Berrueta, V., Martínez, M., Ruiz, V., Ruiz-Mercado, I., & Masera, O. R. (2017). Closing the gap between lab and field cookstove tests: Benefits of multi-pot and sequencing cooking tasks through controlled burning cycles. *Energy for Sustainable Development*, *41*, 106–111. https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.08.009
3. Olsen, Y., Nøjgaard, J. K., Olesen, H. R., Brandt, J., Sigsgaard, T., Pryor, S. C., Ancelet, T., Viana, M. del M., Querol, X., & Hertel, O. (2020). Emissions and source allocation of carbonaceous air pollutants from wood stoves in developed countries: A review. In *Atmospheric Pollution Research* (Vol. 11, Issue 2, pp. 234–251). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.10.007
4. Pillarisetti, A., Alnes, L. W. H., Ye, W., McCracken, J. P., Canuz, E., & Smith, K. R. (2023). Repeated assessment of PM2.5 in Guatemalan kitchens cooking with wood: Implications for measurement strategies. *Atmospheric Environment*, *295*. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119533
5. Serrano-Medrano, M., García-Bustamante, C., Berrueta, V. M., Martínez-Bravo, R., Ruiz-García, V. M., Ghilardi, A., & Masera, O. (2018). Promoting LPG, clean woodburning cookstoves or both? Climate change mitigation implications of integrated household energy transition scenarios in rural Mexico. *Environmental Research Letters*, *13*(11). https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad5b8
6. Walker, E. S., Noonan, C. W., Belcourt, A., Boulafentis, J., Garcia, C., Graham, J., Hoskie, N., Quintana, E., Semmens, E. O., Simpson, J., Smith, P., Teasley, H., Ware, D., Weiler, E., & Ward, T. J. (2022). Efficacy of air filtration and education interventions on fine particulate matter among rural Native American homes heated with wood stoves: Results from the EldersAIR randomized trial. *Science of the Total Environment*, *843*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157029

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824122

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA EL MODELADO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES USANDO PYTHON

Lucía Luz Martínez[1], Yajaira Concha Sánchez[2], Itzel Luviano Soto[3], José Vega Cabrera[4]

1 Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0302016j@umich.mx

2 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yajaira.concha@umich.mx

3 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Itzel.luviano@umich.mx

4 Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.vega.cabrera@umich.mx

Palabras Clave: Aguas residuales, Red Neuronal Perceptrón, Phyton

RESUMEN. Las aguas residuales municipales representan una parte significativa del flujo de agua en entornos urbanos, y su tratamiento adecuado es esencial para la salud pública y la protección ambiental. En este trabajo, se presenta el diseño, entrenamiento y uso del modelo de la red neuronal perceptrón de tres capas para la estimación de parámetros en un modelo de digestión anaerobia de aguas residuales municipales, implementada en Python. Este enfoque combina la potencia de los métodos de aprendizaje automático con el análisis de datos para capturar y modelar de manera precisa las complejidades del proceso de digestión anaerobia. Las redes neuronales se entrenan con datos históricos y experimentales, lo que permite identificar patrones no lineales y realizar predicciones precisas sobre el comportamiento del sistema. Este proceso es fundamental para mejorar la comprensión y prever el funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. El uso de Python como herramienta principal de programación proporciona flexibilidad y eficiencia en el desarrollo y ajuste de modelos, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los recursos hídricos y a la protección del medio ambiente y la salud pública.

INTRODUCCIÓN. El modelado de aguas residuales desempeña un papel crucial en la gestión sostenible de los recursos hídricos y en la protección del medio ambiente, ya que permite una mejor compresión y predicción del comportamiento de los sistemas de tratamiento. Estos sistemas no solo están involucrados en la depuración del agua, sino también en la interacción entre las actividades humanas y el medio ambiente acuático. Sin embargo, la creación de modelos eficaces es un desafío, ya que los parámetros medidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales son limitados, lo que exige calcular otros parámetros a partir de los datos disponibles. La digestión anaerobia es un proceso biológico complejo en el que microorganismos descomponen materia orgánica en ausencia de oxígeno, produciendo biogás y estabilizando los lodos resultantes. Este proceso presenta características altamente no lineales y es influenciado por múltiples factores, como la temperatura, el pH y la concentración de sustratos orgánicos. Dada la dificultad de modelar estos sistemas de forma precisa mediante técnicas mecanicistas tradicionales, las Redes Neuronales Artificiales (RNA) ofrecen una alternativa prometedora al capturar patrones complejos y

no lineales sin requerir un conocimiento detallado del proceso bioquímico. En este trabajo se aborda el modelado de la digestión anaerobia mediante redes neuronales implementadas en Python, aprovechando su capacidad para aprender y predecir el comportamiento del sistema a partir de datos experimentales.

ANTECEDENTES. Históricamente, el modelado de la digestión anaeróbica se ha basado en modelos mecanicistas o empíricos, como el ADM1 (Anaerobic Digestion Model No.1), desarrollado por la *International Water Association* (IWA), que permite simular procesos bioquímicos implicados. Sin embargo, la complejidad inherente de estos modelos y la necesidad de datos precisos han limitado su aplicabilidad, particularmente en escenarios con datos incompletos o ruidosos (Vázquez-Mejía, Ortega-Aguilar, Esparza-Soto, & Fall, 2013). En los últimos años, la inteligencia artificial y las RNA han ganado popularidad como herramientas alternativas para abordar estas limitaciones. Las RNA pueden identificar patrones no lineales en los datos sin requerir un conocimiento explícito de las relaciones físico-químicas subyacentes, lo que las hace especialmente útiles en sistemas donde las condiciones operativas son dinámicas. Por ejemplo, Curvelo Santana, de Araújo, Biazus y de Souza, (Curvelo Santana, de Araújo, Biazus y de Souza, 2015) demostraron la capacidad de una red neuronal de perceptrón multicapa para simular de manera precisa el proceso de biodegradación de aguas residuales en la industria cárnica, resaltando el potencial de las RNA para abordar problemas biotecnológicos complejos. Además, estudios recientes como el de Quiñones Huatangari y otros (Quiñones Huatangari et al., 2020) han explorado la aplicabilidad de las RNA en la estimación de índices de calidad de agua, mostrando que las RNA no solo pueden modelar procesos biológicos, sino también proporcionar predicciones precisas en sistemas de monitoreo de calidad del agua. Estos trabajos evidencian que las RNA pueden superar las limitaciones de los modelos mecanicistas, especialmente cuando se dispone de grandes volúmenes de datos históricos, como los datos de plantas de tratamiento a escala real (Kaggle, n.d.). En consecuencia, la integración de RNA en el modelado de la digestión anaerobia permite no solo una mayor precisión en la predicción de parámetros clave, sino también una mejor adaptación a escenarios industriales donde las condiciones operativas cambian constantemente. Este enfoque se presenta como una alternativa viable para mejorar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y optimizar la producción de biogás.

OBJETIVOS. Desarrollar un modelo de red neuronal artificial para la estimación de parámetros en un sistema de digestión anaerobia de aguas residuales municipales. Evaluar la precisión del modelo en la predicción del comportamiento del sistema, en comparación con enfoques mecanicistas. Proporcionar recomendaciones para la optimización de sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de redes neuronales.

MATERIALES Y MÉTODOS. El modelo propuesto se basa en una red neuronal artificial tipo perceptrón multicapa, con una capa de entrada, una capa oculta y una capa de salida. La red se entrenó utilizando el algoritmo de retropropagación, el cual ajusta los pesos sinápticos entre las capas en función del error entre la salida generada y la salida esperada. Para el desarrollo de la RNA, se utilizó el lenguaje de programación Python, aprovechando bibliotecas como TensorFlow y Keras. Los datos de entrenamiento consisten en registros históricos de la planta de tratamiento de aguas residuales del este de Melbourne, cubriendo el periodo de 2014 a 2019. Las variables de entrada incluyeron parámetros como el pH, la temperatura y la concentración de sustrato, mientras que la variable de salida principal fue la producción de biogás. El rendimiento del modelo

fue evaluado mediante el Coeficiente de Correlación (R) y la Raíz Cuadrada del Error Medio Cuadrático (RMSE), comparando las predicciones de la RNA con datos experimentales.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos muestran que la red neuronal propuesta es capaz de predecir con alta precisión la producción de biogás y otros parámetros relevantes del proceso de digestión anaerobia, superando a los modelos mecanicistas tradicionales en escenarios con datos ruidosos o incompletos. El coeficiente de correlación entre las predicciones del modelo y los datos experimentales fue superior a 0.9, lo que indica una buena capacidad predictiva. Además, la RNA mostró una notable capacidad de generalización al ser probada con datos no utilizados en el entrenamiento.

CONCLUSIONES

El uso de redes neuronales artificiales para el modelado de la digestión anaerobia en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales representa una alternativa eficaz a los modelos mecanicistas tradicionales. La capacidad de las RNA para capturar relaciones no lineales complejas, junto con la flexibilidad y eficiencia proporcionadas por Python, permite optimizar las condiciones operativas y mejorar la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento.Este enfoque puede ser implementado a mayor escala para mejorar la gestión de los recursos hídricos y contribuir a la protección del medio ambiente y la salud pública. Las futuras investigaciones podrían explorar el uso de redes neuronales más avanzadas, como los Modelos de Memoria a Largo Plazo (LSTM), para abordar el comportamiento dinámico de los sistemas de tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Curvelo Santana, J. C., de Araújo, S. A., Biazus, J. P., & de Souza, R. R. (2015). Simulación del proceso de biodegradación de aguas residuales de la industria de carne mediante una red neuronal artificial perceptrón multicapa. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, **23**(2), 269-275.
2. Quiñones Huatangari, L., Ochoa Toledo, L., Kemper Valverde, N., Gamarra Torres, O., Bazán Correa, J., & Delgado Soto, J. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*, **11**(2), 113-124. https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.633
3. Kaggle. (n.d.). Full-scale waste water treatment plant data. *Kaggle*.
4. https://www.kaggle.com/datasets/d4rklucif3r/full-scale-waste-water-treatment-plant-data?resource=download&select=Data-Melbourne_F_fixed.csv
5. Vázquez-Mejía, G., Ortega-Aguilar, R. E., Esparza-Soto, M., & Fall, C. (2013). Fraccionamiento de DQO del agua residual de Toluca por el protocolo STOWA. *Tecnología y Ciencias del Agua*, **4**(2), 21-35.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824123

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Ana Gabriela Quezada Ponce[1], Rafael Trueba Regalado[2], María Lourdes González Arqueros[3]

1 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Correo: 2459407g@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Correo: rafael.trueba@umich.mx

3 Investigadora por México CONAHCYT. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Correo: lourdes.gonzalez@umich.mx

Palabras Clave: Ecosistema hídrico, medio ambiente, desarrollo sustentable.

RESUMEN. El Lago de Cuitzeo es el segundo cuerpo de agua más extenso de México, y en la actualidad este ecosistema hídrico presenta un proceso de deterioro ecológico. Su cuenca pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago y se encuentra localizada en el estado de Michoacán y Guanajuato. La Cuenca del Lago de Cuitzeo cuenta con recursos hídricos que poseen valor económico, social y ecológico, los cuales se utilizan para la agricultura y el uso urbano. Además, alberga biodiversidad endémica de flora y fauna que cumplen con funciones ecológicas esenciales. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es caracterizar físicamente la zona de estudio para identificar las condiciones actuales que predominan en la cuenca en estos términos. El enfoque metodológico que se utilizó es el mixto, ya que se analizó información bibliográfica y distintas bases de datos cuantitativas del INEGI, CONABIO, Sistema Geológico Nacional y Sistema Meteorológico Nacional. A su vez, se utilizó el software ArcGis para elaborar mapas que permiten visualizar los cambios físicos de la región en las siguientes variables: clima, geología y uso del suelo. Los resultados indican que las condiciones físicas en la Cuenca del Lago de Cuitzeo son las siguientes: el clima es templado con una temperatura media que oscila entre 14.7 a 28°C y se presentan rangos de precipitación de 600-1200 mm al año; las particularidades geológicas muestran que la cuenca se encuentra dentro de un sistema de fallas, litológicamente predominan rocas ígneas extrusivas; y el uso del suelo es de características rurales con potencial para cultivos de temporal y en menor medida con zonas urbanas que concentran alta densidad de población.

INTRODUCCIÓN. La cuenca hidrológica lago de Cuitzeo pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago (RH12), que forma parte de la región hidrológico-administrativa Lerma-Santiago-Pacífico (VIII), es considerada una cuenca cerrada y tiene como principal aportador al río Grande de Morelia, que escurre en dirección noreste hasta descargar en el Lago de Cuitzeo. El 93 % de la superficie de la cuenca se encuentra en el estado de Michoacán (23 municipios) y el 7 % en Guanajuato (5 municipios) como se observa en la figura 1 (INEGI, 2020).



Figura 7. *Ubicación Geográfica de la Cuenca del Lago de Cuitzeo.*

Se ubica en la parte centro oeste del país, entre las coordenadas 19° 24' 23'' y 20° 07' 04'' de latitud norte y 100° 32' 21'' y 100° 38' 03'' de longitud oeste; se encuentra delimitada al norte por las cuencas hidrológicas Río Lerma 4 y Laguna de Yuriria, al este por el Río Lerma 3, al oeste por el Lago de Pátzcuaro y Río Angulo; y al sur por las cuencas del Río Zirahuén, Río Tacámbaro y Río Cutzamala de la RH18 Balsas (INEGI, 2020). Tiene una superficie de 3847.61 Km2 y un perímetro de 354.51 Km.

OBJETIVO. Determinar la situación actual de la Cuenca del Lago de Cuitzeo en variables de clima, geología y uso actual del suelo y vegetación.

ANTECEDENTES. La cuenca del Lago de Cuitzeo ha tenido un impacto ambiental negativo a través del tiempo por las actividades humanas como: la tala de arboles, expansión de cultivos, crecimiento de ciudades y contaminación de sus ríos. Desde tiempos antiguos fue una parte importante para las comunidades, pero en el siglo XX con el aumento de la población, la agricultura y decisiones políticas, el entorno comenzó a decaer. Hoy enfrenta problemas ambientales graves como la desecación del Lago de Cuitzeo agravados por el cambio climático y mal uso de sus recursos hídricos; así como la pérdida de biodiversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo del presente se utilizó el enfoque metodológico mixto, que consiste en la revisión y recopilación de información existente en las diferentes bases de datos de la república mexicana, siendo: INEGI, CONABIO, Sistema Geológico Nacional y el Sistema Meteorológico Nacional; una vez obtenida la información base para la elaboración de mapas de temperatura, precipitación, litología y uso de suelo y vegetación se utilizó el software ArcGis, mismo que permite la obtención de mapas de manera clara y concisa pudiendo así visualizar los cambios físicos de la región como se puede observar en el apartado de resultados.

RESULTADOS

Clima. Precipitación. Las áreas con mayor precipitación (800-1200 mm) se concentran hacia el sur y el sureste de la cuenca (figura 2), particularmente en los municipios cercanos a Morelia,

Pátzcuaro, y Tacámbaro. En contraste, las zonas con menor precipitación (600-800 mm) se encuentran más hacia el norte y el centro de la cuenca (figura 2), incluyendo los municipios de Cuitzeo, Copándaro, y Álvaro Obregón.



Figura 8. *Precipitación del año 2001 de la Cuenca del Lago de Cuitzeo.*

Temperatura. La distribución de temperaturas muestra una clara variación debido a factores geográficos como la altitud. Las áreas más elevadas, como las cercanas a Morelia y Pátzcuaro, tienden a ser más frías, mientras que las zonas más bajas, como el área alrededor de Álvaro Obregón, Cuitzeo, Zinapécuaro experimentan temperaturas más cálidas.

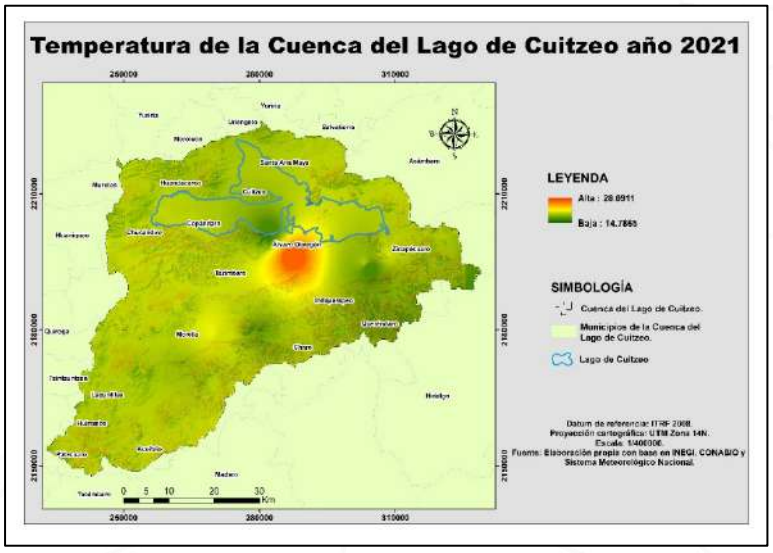


Figura 9. *Temperatura de la Cuenca del Lago de Cuitzeo año 2021.*

Geología. La cuenca se encuentra dentro del contexto geológico de la Faja Volcánica Transmexicana, una de las principales áreas volcánicas de México. La geología de la cuenca del Lago de Cuitzeo se caracteriza por una gran diversidad de formaciones rocosas que reflejan una compleja historia geológica como se puede ver en la figura 4.

Rocas extrusivas: Predominan en la cuenca y están representadas por andesitas, basaltos, piroclastos y tobas; se formaron como resultado de actividad volcánica superficial. El basalto y la andesita, en particular, indican episodios de erupciones volcánicas con flujos de lava que cubrieron gran parte de la cuenca.
Rocas intrusivas: Son de origen plutónico, lo que significa que se formaron a gran profundidad dentro de la corteza terrestre a partir del enfriamiento lento del magma, lo que da lugar a grandes cristales. Aunque menos extensas, estas rocas son evidencia que debajo de la cuenca hubo importantes cuerpos magmáticos.
Rocas sedimentarias: Se formaron por la acumulación de sedimentos transportados por el viento o el agua, especialmente en las zonas más bajas de la cuenca. El conglomerado poligénico indica la presencia de antiguos ríos o arroyos que depositaron fragmentos de roca erosionados de áreas adyacentes.
Rocas híbridas: Híbrida riolita-conglomerado monogenético; este tipo de formación es un producto de la mezcla entre flujos volcánicos y materiales sedimentarios. Estas áreas indican posibles eventos volcánicos asociados a sedimentación.

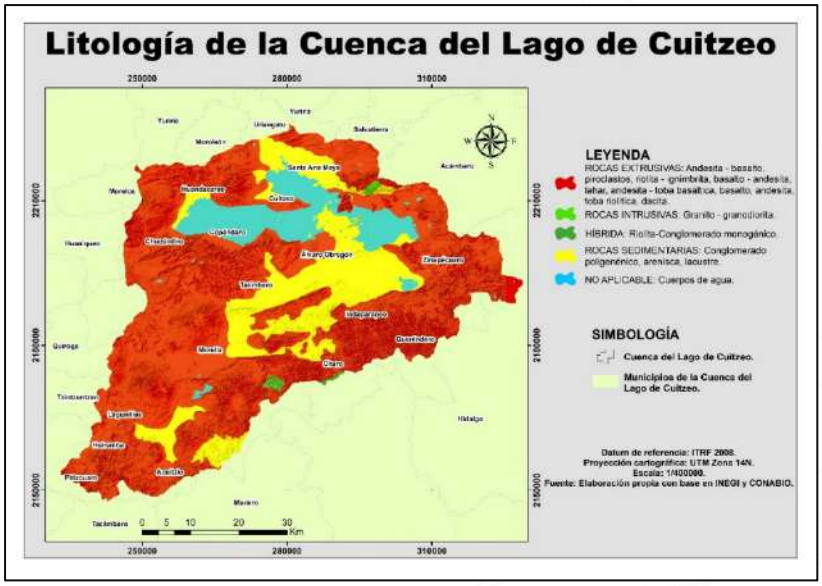


Figura 10. *Litología de la Cuenca del Lago de Cuitzeo.*

Uso de suelo y vegetación. En el año 2001, la agricultura de riego anual cubría 40,167.05 hectáreas, mientras que, en el 2021, esta superficie se redujo a 21,926.30 hectáreas. Esto refleja una disminución considerable de más del 45% en la extensión dedicada a la agricultura de riego, lo que podría estar relacionado con la menor disponibilidad de agua o cambios en las prácticas agrícolas; por otro lado, la agricultura de temporal anual (dependiente de la lluvia) también sufrió una reducción, de 97,162.22 hectáreas en 2001 a 74,682.50 hectáreas en 2021, lo que indica una disminución en las áreas dedicadas a esta forma de agricultura.
Los asentamientos humanos han crecido significativamente; este crecimiento refleja la expansión urbana y la presión demográfica sobre la cuenca; finalmente los cuerpos de agua del Lago de Cuitzeo también muestran una reducción en su extensión, lo que refleja un proceso de desecación progresiva del lago, probablemente relacionado con la disminución de lluvias, variabilidad climática y el uso intensivo del agua para riego.

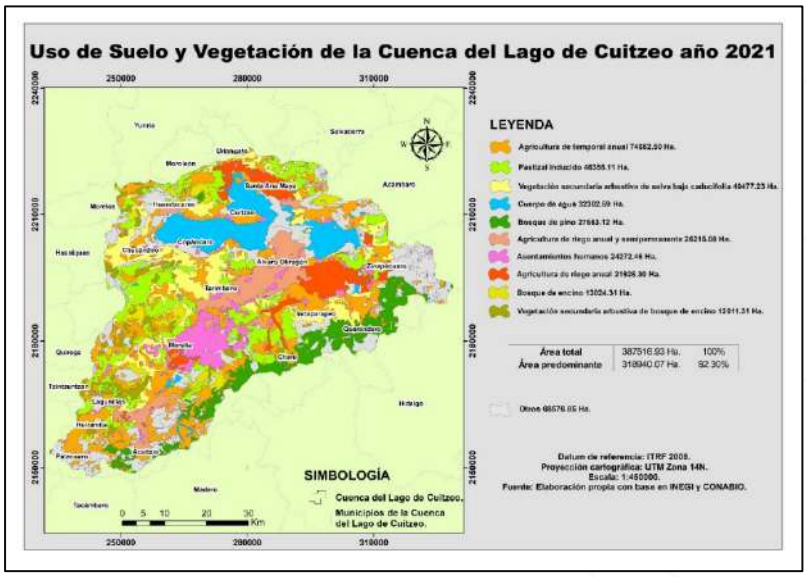


Figura 11. *Uso de Suelo y Vegetación de la Cuenca del Lago de Cuitzeo del año 2021.*

CONCLUSIONES. Las diferencias de temperatura y precipitación pueden tener un impacto significativo en la biodiversidad y las actividades económicas de la cuenca, influyendo en la agricultura, la pesca y los recursos hídricos del lago. Las áreas más cálidas tienden a tener mayor evaporación, lo que puede afectar los niveles del lago y aumentar el estrés hídrico en la región. Los asentamientos humanos han crecido más del doble en 20 años, reflejando una expansión urbana considerable que ejerce presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas de la cuenca. Los cambios en el uso del suelo, la expansión urbana y la disminución de los cuerpos de agua presentan grandes retos para la sostenibilidad de la cuenca, demandando un manejo más eficiente y consciente de los recursos hídricos y forestales para evitar un mayor deterioro ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. INEGI. (2020). *Cuenca hidrológica Lago de Cuitzeo Humedales.* Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197094.pdf

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824125

PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL FRACCIONAMIENTO LA CANTERA EN TARÍMBARO MICHOACÁN

Elena Guadalupe Pérez García[1], Vázquez Molina Lizbeth[1], Cerriteño Jiménez Andrea Monserrat[1], Guillen García Cesar Vladimir[1], Palma Castillo Luis Jesús[2], Pardo Melgarejo Saúl[3], Abraham Peñaloza Patricia[4], Juan Manuel Chavarrieta Yáñez[2]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Programa Institucional de Licenciatura en Ingeniería Ambiental

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

3 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Valle de Apatzingán

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Odontología

manuel.chavarrieta@umich.mx

Palabras Clave: Planta tratadora de aguas grises, Agua residual, Tratamiento

INTRODUCCIÓN. La propuesta de planta de tratamiento de aguas residuales es un eslabón crucial en el ciclo del agua, donde se llevan a cabo una serie de procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar contaminantes y devolver al ambiente el agua tratada de manera segura y compatible con los estándares establecidos. La eficiencia y la efectividad en el funcionamiento de esta planta dependen en gran medida de la aplicación correcta de los procedimientos operativos y de mantenimiento, en esta propuesta se presenta como una herramienta de referencia para el personal involucrado en las labores diarias de la planta, desde operadores hasta supervisores y personal técnico. Se estructura de manera clara y concisa, describiendo paso a paso los protocolos a seguir en cada etapa del proceso de tratamiento, así como las medidas de seguridad y los protocolos de emergencia a aplicar.

OBJETIVOS

1. Proteger la salud pública: Eliminar los patógenos: Las aguas residuales sin tratar contienen una gran cantidad de patógenos, como bacterias, virus y parásitos, que pueden causar enfermedades graves a los humanos. La PTAR elimina estos patógenos del agua residual, haciéndola segura para su reutilización. Prevenir la contaminación del agua: Las aguas residuales sin tratar también contienen una variedad de contaminantes químicos, como nutrientes, metales pesados y compuestos orgánicos volátiles. Estos contaminantes pueden dañar los ecosistemas acuáticos y afectar la salud humana. La PTAR elimina estos contaminantes del agua residual, protegiendo así las fuentes de agua potable y los ecosistemas acuáticos.
2. Proteger el ambiente: Conservar el agua: El agua tratada por una PTAR se puede reutilizar para una variedad de propósitos, como riego agrícola, riego de jardines y lavado industrial. Esto ayuda a conservar el agua dulce, un recurso valioso y cada vez más escaso. Mejorar la calidad del suelo: Los lodos producidos por la PTAR se utilizarán como fertilizante para los agrícolas de Tarímbaro. Esto ayuda a mejorar la fertilidad del suelo y reduce la necesidad de fertilizantes químicos.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Diseño básico: Se utiliza un desarenador para extraer y separar la arena, las gravas, las tierras y el resto del material sólido, así como también se utilizan tanques de sedimentación primarios, tanque de aireación, tanques de sedimentación secundarios, desinfección por UV.
El agua residual clarificada se utilizará nuevamente en el fraccionamiento.
Ubicación de las instalaciones: La planta se encuentra ubicada dentro del fraccionamiento La Cantera, en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, México, cuenta con un área de 18,277.35 m² y perímetro de 439.4 m. La ubicación de la planta facilita el acceso al agua residual.



Figura 1. *Terreno de la planta*

TECNOLOGÍAS

Desarenador:

Tecnología: Separación física por gravedad.
Equipo: Desarenador rectangular.
Función: Elimina arena, gravas, tierras y otros sólidos gruesos.
Tamices: Para eliminar sólidos de mayor tamaño.
Material: Acero inoxidable o PRFV.
Bombas: Para transportar el agua residual al desarenador.
Tipo: Bombas centrífugas.

Sedimentación Primaria:

Tecnología: Sedimentación por gravedad.
Equipo: Tanques de sedimentación primarios.
Función: Elimina sólidos suspendidos y materia orgánica.
Material: Concreto.
Sistemas de extracción de lodos:
Rascadores de fondo.
Bombas de lodos.

Aireación:

Tecnología: Inyección de aire.
Equipo: difusores de aire. 10 Función: Favorece el crecimiento de bacterias que degradan la materia orgánica.
Difusores de aire:
Para distribuir el aire en el agua residual.
Tipo: Difusores de burbuja final.

Sedimentación Secundaria:

Tecnología: Sedimentación por gravedad.
Equipo: Tanques de sedimentación secundarios.
Función: Elimina los sólidos suspendidos generados por la actividad bacteriana.

Desinfección UV:

Tecnología: Radiación ultravioleta.
Equipo: Lámparas UV.
Función: Inactiva microorganismos patógenos.

Equipamiento adicional:

Bombas: Para transportar el agua residual entre las diferentes etapas del proceso.
Tuberías: Para conducir el agua residual por la planta.
Instrumentación y control para monitorizar y controlar el proceso de tratamiento.
Equipos: Medidores de caudal, medidores de pH y analizadores de oxígeno disuelto.

Caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño del agua residual del fraccionamiento La Cantera en Tarímbaro Michoacán, se utilizarán los siguientes datos

Población a servir	956 habitantes
Número de habitantes por vivienda	4 hab/viv
Consumo de agua per cápita	200 L/hab/día
Factor de demanda	0.8

Tabla 1. *Caudal de diseño*

CAPACITACIÓN. La capacitación del personal es un factor fundamental para asegurar el correcto funcionamiento y cumplimiento de los estándares ambientales y de seguridad en una planta tratadora de agua (PTAR) (World Health Organization: WHO, 2023). Un personal bien capacitado cuenta con las habilidades (United Nations Environment Programme, s. f.) y conocimientos necesarios para operar la planta de manera eficiente, segura y responsable, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y la salud pública.

RESUMEN. La planta de tratamiento de aguas residuales del fraccionamiento La Cantera es una planta de tratamiento de tamaño pequeño. La planta es operada por la administración del fraccionamiento y cumple con las normas ambientales mexicanas, se diseña con la capacidad para la población actual y se prevé un crecimiento anual de la población, con actualización a cinco años

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824130

MODELACIÓN HIDROLÓGICA SUPERFICIAL DEL ACUÍFERO CIUDAD HIDALGO-TUXPAN

Alma Nancy Luna Gallegos[1], María del Mar Navarro Farfán[2], Liliana García Romero[3], Sonia Tatiana Sánchez – Quispe[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1628182f@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; maría.navarro@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; liliana.romero@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: Acuifero, WEAP, Caracterización

RESUMEN. El acuífero Ciudad Hidalgo-Tuxpan (1610) se ubica en la zona oriente del estado de Michoacán el cual tiene una superficie de 2100 km² donde las prácticas agrícolas son los principales usuarios del recurso hídrico, actualmente el acuífero se encuentra sobrexplotado y sujeto a tres decretos de veda, los cuales permiten extracciones limitadas para usos domésticas, industriales y de riego (CONAGUA 2023). La caracterización de la zona en estudio se realizó mediante el uso de Sistemas de información Geográfica (SIG), realizándose mapas detallados de uso de suelo, tipo de suelo, geología, estaciones meteorológicas con información necesaria para el análisis. Para este estudio fue necesario una correcta gestión y validación de datos meteorológicos e hidrométricos de las estaciones que tienen influencia en la zona. Se les realizaron distintas pruebas estadísticas de homogeneidad (Curva masa doble, Test de Secuencias, Test de Helmert, Cramer, T de Student etc.) e independencia (límites de Anderson) para asegurar la calidad de los datos. Asimismo, se delimitaron tres cuencas superficiales, las cuales cuentan con información hidrométrica para poder lograr una calibración adecuada. La modelación hidrológica superficial del modelo Precipitación-Escorrentia (MPE) se realizó por medio del software WEAP (Water Evolution and Planninig Syste) através del método SSM (método de humedad del suelo) con el objetivo de obtener las series de recarga al acuífero.

INTRODUCCIÓN. El agua es uno de los recursos mas importantes para el desarrollo integral y digno de los individuos, es un recurso natural esencial para la vida es un liquido vital necesario para satisfacer para los seres vivos y sin duda, es un elemento indispensable en la tierra. Existe una falta de conocimiento sobre los acuíferos y el comportamiento del agua subterránea, junto con una insuficiente calidad y cantidad de información sobre los recursos hídricos superficiales. El agua subterránea, es una de las reservas más importantes de agua en el planeta y se encuentran en peligro debido a la creciente demanda de una población en constante aumento. Este problema tiene graves implicaciones sociales, económicas y ambientales. En este contexto, se han buscado formas de gestionar el recurso hídrico de manera más efectiva, sin embargo, México enfrenta un obstáculo significativo que es la falta de información necesaria para llevar a cabo estudios hidrológicos tanto superficiales como subterráneos. Este estudio se adentra a la problemática del agua en México, con un enfoque en el acuífero Ciudad Hidalgo-Tuxpan (1610) en Michoacán, que enfrentan la sobreexplotación y se encuentra bajo tres decretas de veda los

cuales limitan las extracciones para usos doméstico, industrial y de riego, agotando los recursos no renovables de este acuífero.

ANTECEDENTES. El acuífero Ciudad Hidalgo-Tuxpan (1610) localizado en la zona oriente del estado de Michoacán, dentro de la región hidrológica No.18 (Balsas) el cual enfrentan una situación de sobreexplotación, esta condición se lleva a una extracción de agua que supera su capacidad de recarga natural, lo que ha llevado a un agotamiento progresivo del recurso hídricos subterráneo. Uno de los factores por los cuales los acuíferos se encuentran en sobreexplotación es por la escasa recarga natural por factores climáticos como la falta de lluvia o la disminución de recarga de agua subterránea debido a la urbanización y cambio de uso de suelo, hoy han reducido la capacidad de la recarga natural de los acuíferos. La consecuencia más preocupante de esta sobreexplotación es que en la actualidad no existen volumen disponible para otorgar nuevas concesiones de agua en el acuífero. Esta limitación impone un desafío significativo para la gestión del agua en la región, ya que la demanda continua de agua, tanto para uso agrícola como para abastecimiento público e industrial, hoy no puede ser satisfecha sin afectar a los acuíferos.

OBJETIVOS. Analizar el comportamiento hidrológico superficial de las cuencas en el acuífero Ciudad Hidalgo-Tuxpan mediante la modelación en WEAP.

OBJETIVOS PARTICULARES. Desarrollo y recopilación de información para el reconocimiento de la zona de estudio y gestión y validación de datos. Desarrollo y calibración del modelo hidrológico superficial utilizando WEAP.

MATERIALES Y MÉTODOS. La caracterización de la zona de estudio se dividió en tres cuencas hidrológicas superficiales llamadas, “WS12314” con una extensión de 134 km², “WS12392”, con una extensión de 384 km² y “WS18540” con una extensión de 415 km² estas tres con datos hidrométricos suficientes para lograr la calibración del modelo hidrológico superficial y ubicadas cerca del acuifero

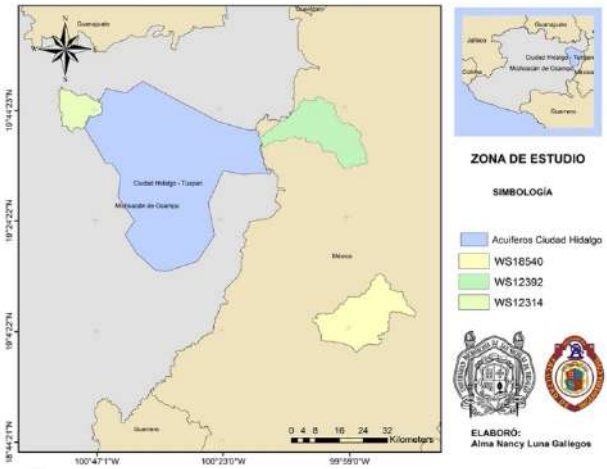


Figura 1. *Ubicación de la zona en estudio.*

El estudio continuó con la recopilación de información meteorológica en la zona, donde se identificaron 120 estaciones dentro de un radio de 70 km. Se seleccionaron las estaciones que estuvieran en operación, reduciéndose el número a 60; a estas se les realizó una correcta gestión

de datos en donde se identificaron que tuvieran series de datos con años consecutivos, y finalmente se seleccionaron 20 estaciones para llevar a cabo pruebas de homogeneidad (Test de secuencias, Test de Helmert, Curva masa doble, Cramer, T de Student etc) e independencia (Limites de Anderson). Se consideraron como fallidas aquellas estaciones que no superaron al menos dos pruebas de homogeneidad y ninguna de independencia, de estas, solo 10 estaciones superaron las pruebas, por lo que fueron consideradas como las estaciones principales estaciones en la zona de estudio, ubicadas entre los estados de Michoacán, Estado de México y Guanajuato.

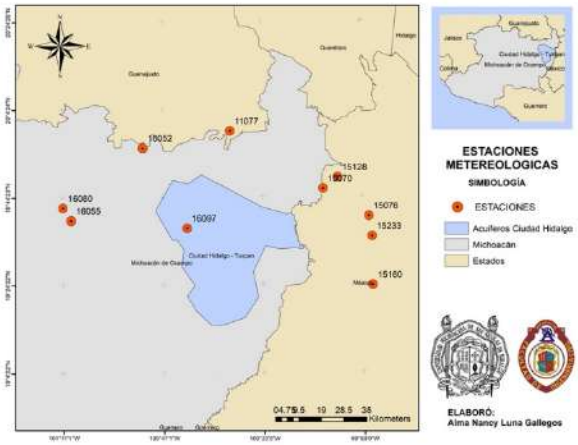


Figura 2. *Estaciones meteorológicas principales.*

En la siguiente tabla se presenta los resultados de las pruebas realizadas a las estaciones meteorológicas. En el cual se tomó un criterio de aceptación permitiendo que fallen por lo menos dos pruebas de homogeneidad y ninguna de independencia.

ID	ESTACION	SECUENCIAS	LIMITES	Helmert	Cramer	Wolfowitz	Student	Curva masa
15070	PRESA BROCKMAN	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	NO HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	NO HOMOGENEA	HOMOGENEA
15128	TULTENANGO	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
15076	PRESA TEPATITLAN	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	NO HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
16080	MORELIA SMN	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
16097	PRESA PUCUATO	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
11077	TARANDACUAO	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
16052	HUINGO	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
15160	SANTIAGO DEL MONTE	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
16055	JESUS DEL MONTE	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA
15233	SAN NICOLAS MARAVATIO	HOMOGENEA	INDEPENDIENTE	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA	HOMOGENEA

Tabla 1. *Resultados de pruebas de homogeneidad e independencia.*

WEAP “Water Evaluation and Planning System” (Sistema de Evaluación y Planificación del agua), es una herramienta de modelación diseñada para la planificación y gestión del agua. Su versatilidad permite su aplicación en una amplia gama de escalas desde pequeñas áreas de captación hasta cuencas de gran tamaño. (Santiago, Boston. 2009)

Dentro de la zona de estudio se identificaron tres estaciones hidrométricas para poder llevar a cabo la calibración de manera más precisa, las estaciones hidrométricas son las siguientes:

1. Estación hidrométrica con clave 12314 “Queréndaro” ubicada en el rio Queréndaro con un periodo de registro de 1936-1996.
2. Estación hidrométrica con clave DM12392 “Puente Mextepec” ubicada en el rio Jaltepec con un periodo de registro de 1935-2011.
3. Estación hidrométrica con clave DM18540 “Temascaltepec” ubicada en el rio Verde con un periodo de registro de “1973-2011”

La elaboración del Modelo de Precipitación-Escurrimiento (MPE) se realizó utilizando el software WEAP que se basó en el método de la humedad del suelo “Soil Moisture Method” (SMM). Se emplearon series de datos de precipitación, evapotranspiración, temperatura y escurrimiento; junto con información detallada sobre el uso de suelo; los principales usos de suelo en la zona de estudio son: agricultura, zona urbana, bosques y pastizal. En formato shape se ingresan las cuencas, el cauce principal y puntos de salida del agua los cuales se obtienen mediante el procesamiento en un Sistema de información geográfica (SIG). Los resultados de calibración del modelo para la “Cuenca 8” se pueden observar en las siguientes graficas.

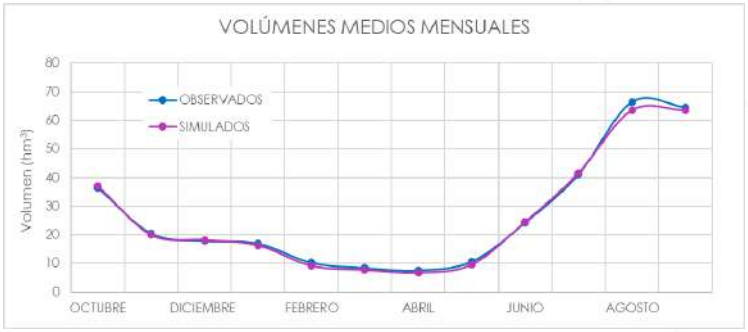
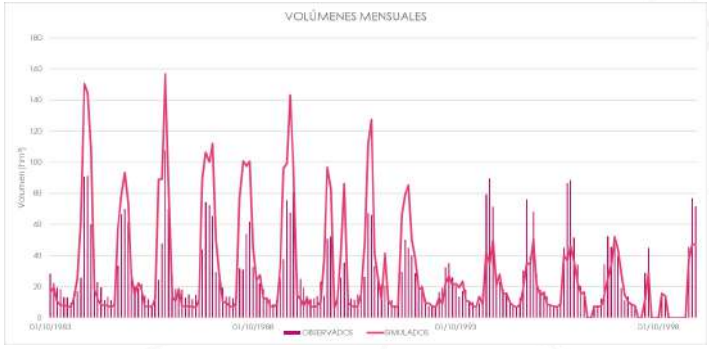


Figura 3. *Escurrimientos medios mensuales (hm³)*



NASH SUTCLIFFE
0.3489
LN NASH SUTCLIFFE
0.7028
PEARSON
0.7542
COEF. SIMETRÍA
0.999583

Tabla 2. *Indicadores de bondad de ajuste.*

La calibración está enfocada a un criterio de exactitud que demuestra numéricamente la similitud o diferencia entre los valores simulados y los valores observados de la estación. Para saber si la calibración es buena se deberá hacer una comparación respecto a los valores que se encuentran en la tabla. 3

CALIDAD	NSE / ln NSE / r / SC
Muy Buena	0.75 < Coeficiente ≤ 1.00
Buena	0.65 < Coeficiente ≤ 0.75
Satisfactoria	0.50 < Coeficiente ≤ 0.65
No Satisfactoria	Coeficiente ≤ 0.50

Tabla 3. *Rangos de ajuste.*

CONCLUSIONES. Principal desafío de ese estudio fue la falta de información meteorológica e hidrométrica en la región a pesar de esto la calibración del modelo resultó ser satisfactoria, y los parámetros de bondad de ajuste como el índice de Nash-Sutclifee, Ln de Nash-Sutclifee, Pearson y Coeficiente de Simetría indicaron un ajuste adecuado entre los datos observados y simulados A pesar de las limitaciones de datos este estudio proporcionó una base sólida para comprender y gestionar mejor el recurso hídrico en el acuifero Ciudad Hidalgo-Tuxpan, los resultados son buenos para la planificación futura y la gestión sostenible del recurso hídrico en la región.

REFERENCIAS

1. CONAGUA. (2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Zamora (1608), estado de Michoacán*.
2. F. Javier Sánchez San Román. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea* (2a ed.).
3. Francisco Javier Aparicio Mijares. (1992). *Fundamentos hidrología de superficial.*
4. Santiago, Boston (2009, abril). Guía metodológica. Modelación hidrológica y de recursos hídricos con el modelo WEAP

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824131

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ESPIRULINA EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA USADA EN ACUACULTURA

Daniel Eduardo Espinoza Serrato[1], Diana Flores Villa[2], Carlos Alberto Gracida Juárez[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011173h@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011105a@umich.mx

3 Consejo Quintanarroense de Humanidades, Ciencias y Tecnologías; c.gracida@itscarrillopuerto.edu.mx

Palabras Clave: Espirulina, Acuacultura, Eutrofización.

RESUMEN. La eutrofización de agua dulce exacerbada por las actividades humanas es un problema creciente (García Miranda, 2013). La industria acuícola, en rápido crecimiento, contribuye significativamente a este fenómeno debido a la mala gestión de los desechos y sedimentos metabólicos (Rabassó Krohnert, 2011). La espirulina, una cianobacteria capaz de eliminar nitrógeno y fósforo de aguas residuales ricas en nutrientes, como las producidas por la industria acuícola, se ha estudiado como una forma de revertir la eutrofización. Se evaluaron cinco tratamientos (T): T0 (agua purificada con 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones controladas de laboratorio), T1 (agua de estanque de tilapia con 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones controladas de laboratorio), T2 (agua de tilapia tratada con lodos activados y 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones controladas de laboratorio), T3 (agua de estanque de tilapia con 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones in situ), y T4 (agua de tilapia tratada con lodos activados y 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones in situ); Para todos los tratamientos, se evaluaron inicialmente las concentraciones de pH, amoniaco, nitrito y nitrato. Se dejaron sin modificaciones durante 16 días para permitir el crecimiento adecuado de las algas espirulina. Al finalizar este periodo, se realizaron nuevamente las mismas mediciones. A partir de los datos obtenidos se pueden observar resultados claramente positivos sobre el agua tratada, esto nos permite hacer inferencias acerca de un punto clave que fueron abordado en nuestro trabajo; la capacidad de provocar cambios significativos en el tratamiento de aguas residuales utilizadas en acuacultura. Por lo anterior podemos concluir que el alga espirulina es resistente a su introducción en un ambiente acuático que se desea remediar, causando un cambio positivo en dicho ambiente al favorecer niveles de nitrógeno estables, evitando la eutrofización.

INTRODUCCIÓN. Con el creciente aumento en la población mundial, sectores como la industria acuícola han ido cada vez más en aumento para satisfacer las necesidades existentes, como son la alimentación y la malnutrición que afecta a todo el mundo (Guerrero & Pelcastre, 2021). La acuacultura, que se dedica a la cría controlada de organismos acuáticos como peces, moluscos y crustáceos, ha tenido un gran auge en los últimos años desde 1961. Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) “En 2022 y por primera vez en la historia, la acuicultura superó a la pesca de captura como principal productora de animales acuáticos. La producción acuícola mundial alcanzó la cifra sin precedentes de 130,9 millones de toneladas, de las cuales 94,4 millones de toneladas corresponden a animales acuáticos, es decir, el 51 % de la producción total de animales acuáticos.”

Una parte fundamental en esta industria es la engorda de los peces, debido a este proceso, crece también el nivel de nutrientes en el agua, como son el fósforo, amonio y nitrógeno, además de la materia orgánica (Sánchez Pérez, 2011).Por lo que este sector se ha posicionado como una de las principales industrias responsables de la eutroficación, debido al mal manejo de los sedimentos y desechos metabólicos que se tienen (Rabassó Krohnert, M, 2011); Además de las actividades humanas cotidianas, que contaminan el agua en gran medida (García Miranda, F. G, 2013). Acuña & Salinas (2020) nos mencionan que este exceso de nutrientes crea múltiples problemas, entre los que se encuentran la generación de zonas de hipoxia, también conocidas como “zonas muertas”, que reducen la biodiversidad, y florecimientos algales que generan problemas de sabor y olor, amenazando la seguridad del agua potable y el abasto de alimentos acuáticos, estimulando la liberación de gases de efecto invernadero y que degradan los valores sociales y culturales de estos cuerpos de agua. Algunas de las causas de ello son el mal manejo de desechos, la utilización excesiva de los pesticidas, la inexperiencia, la ignorancia, etc. Una de las alternativas que se ha ido estudiando es la espirulina, una cianobacteria unicelular utilizada en la industria alimentaria, farmacéutica y biotecnológica, con la característica de eliminar el exceso de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales, evitando la eutrofización. Aunado a esto según Alegría et al. (2022) comenta que las principales ventajas que da el tratamiento para las aguas residuales utilizando el cultivo de microalgas, es que no contamina, ya que la biomasa es cosechada y reciclada de manera eficiente como nutrientes. Por lo cual una de las alternativas que se han estudiado son la adición de espirulina a aguas residuales con altas concentraciones de nutrientes como son el agua de los estanques de tilapia.

ANTECEDENTES. El uso de la espirulina como agente para la remediación de aguas residuales en la acuicultura ha tenido grandes avances, en varios estudios han demostrado su eficacia en la reducción de contaminantes químicos y mejora de la calidad del agua. La espirulina, ha sido utilizada por su capacidad para absorber nitratos, fosfatos, y metales pesados como el cadmio, gracias a su alta superficie de adsorción y su capacidad fotosintética, que libera oxígeno y disminuye la demanda química de oxígeno (COD) y la demanda biológica de oxígeno (BOD) en el agua (IIETA, 2023). Un estudio realizado por Zhang et al. (2019) indicó que la espirulina cultivada en aguas residuales de maricultura no solo mejoraba la calidad del agua al reducir la concentración de contaminantes, sino que también producía biomasa rica en compuestos de alto valor añadido, como ácidos grasos poliinsaturados y proteínas. Otros investigadores también han encontrado que, bajo condiciones adecuadas de luz, la espirulina puede remover hasta el 99% de nitratos y el 86% de COD, haciendo su uso altamente prometedor en sistemas acuícolas sostenibles (Andrade et al., 2019; Mata et al., 2020). Estos hallazgos respaldan la idea de que la espirulina no solo actúa como un remediante eficiente de las aguas residuales, sino que también contribuye a la autosuficiencia de los sistemas acuáticos, mejorando tanto la calidad del agua como los rendimientos en acuacultura sostenible (Zhang et al., 2019; Andrade et al., 2019).

OBJETIVO. Evaluar la eficacia de la espirulina en la reducción de los niveles de eutrofización en aguas residuales de la industria acuícola y su crecimiento en diferentes medios.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación se realizó en el Laboratorio de Ciencias Básicas del Instituto Superior del Instituto Felipe Carrillo Puerto. Se evaluaron cinco tratamientos (T): T0 (agua purificada con 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones controladas de laboratorio), T1 (agua de estanque de tilapia con 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones controladas de laboratorio), T2 (agua de tilapia tratada con lodos activados y 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones controladas de laboratorio), T3 (agua de estanque de tilapia con 500 ml de cultivo

de espirulina en condiciones in situ), y T4 (agua de tilapia tratada con lodos activados y 500 ml de cultivo de espirulina en condiciones in situ). Para todos los tratamientos, se evaluaron inicialmente las concentraciones de pH, amoniaco, nitrito y nitrato utilizando técnicas estándar de análisis de calidad del agua de pecera. Además, se extrajeron 150 ml de cada tratamiento para secarlos y evaluar la cantidad de materia seca. Adicionalmente los tratamientos se dejaron sin modificaciones durante 16 días para permitir el crecimiento adecuado de las algas espirulina. Al finalizar este periodo, se realizaron nuevamente las mediciones de pH, amoniaco, nitrito y nitrato en cada tratamiento. Y nuevamente, se extrajeron 150 ml de cada tratamiento para secarlos y evaluar la cantidad de materia seca, para finalizar se tomaron 1500 µl de cada tratamiento para observar la morfología de las algas bajo el microscopio. Para evaluar la cantidad de materia seca, los 150 ml extraídos se secaron completamente durante 24 horas a una temperatura de 60°C y se pesaron. La morfología de las algas se observó utilizando un microscopio para documentar cualquier diferencia en el crecimiento y desarrollo de las algas espirulina entre los diferentes tratamientos. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos en términos de los parámetros medidos (pH, amoniaco, nitrito, nitrato y materia seca). Las comparaciones de medias se realizaron con un nivel de significancia de α=0.05.

RESULTADOS. Se puede observar un claro descenso en las concentraciones de nitrito y nitrato (Figura 1.1 y 1.2) ya que gracias al propio metabolismo del alga espirulina estos se fueron consumiendo, también observamos un aumento en los niveles de pH (Fig 1.4) debida a la acción en el crecimiento de las algas donde se hace un gran consumo de CO_2 para realizar sus actividades metabólicas lo cual hace que se eleven los niveles de alcalinidad.

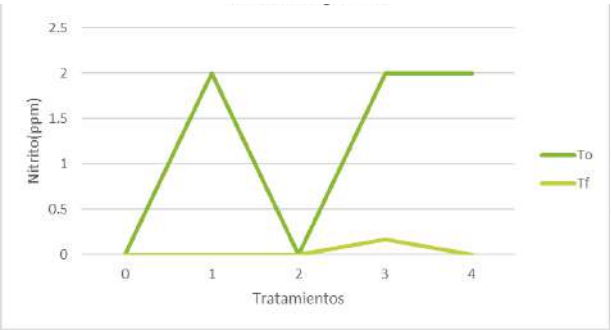


Figura 1.1. *Nitrito presente en el agua de cada tratamiento mostrando el estado inicial y el final*

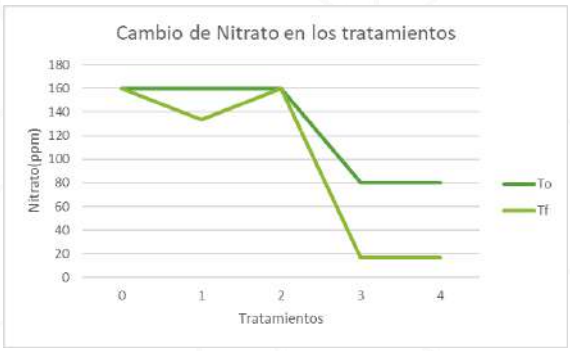


Figura 1.2. *Nitrato presente en el agua de cada tratamiento mostrando el estado inicial y el final*

Para los resultados de la concentración de los niveles del amoniaco se obtuvo un resultado inconcluso ya que no se puede aclarar aún por qué obtuvimos estos valores (Fig 1.3)
En cuanto a los valores obtenidos de materia seca del crecimiento de espirulina en cada tratamiento. (Fig 1.5) los análisis muestran que se tuvo un rendimiento en el crecimiento bastante considerable, ya que si bien en el tratamiento 0 se obtuvo una mayor cantidad de algas (60 µg /ml) estos se encontraban en un medio que le proveía todos los requerimientos necesarios para que creciera, desarrollará y reprodujera. Los datos obtenidos de los tratamientos restantes son favorecedores ya que uno de los objetivos era saber si la espirulina podría crecer en medios adversos donde no se contarán con los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo.



Figura 1.3. *Amonio presente en el agua de cada tratamiento mostrando el estado inicial y el final*

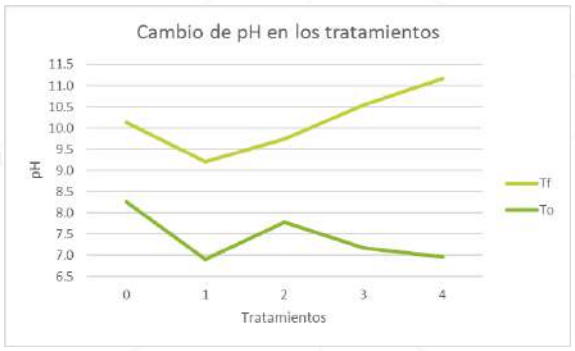


Figura 1.4. *pH presente en el agua de cada tratamiento mostrando el estado inicial y el final*

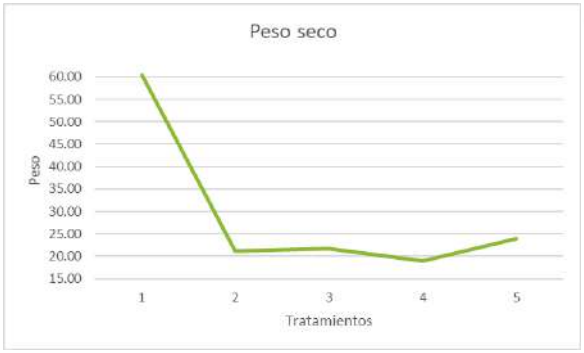


Fig 1.5. Peso seco final obtenido de alga espirulina en el agua de cada tratamiento.

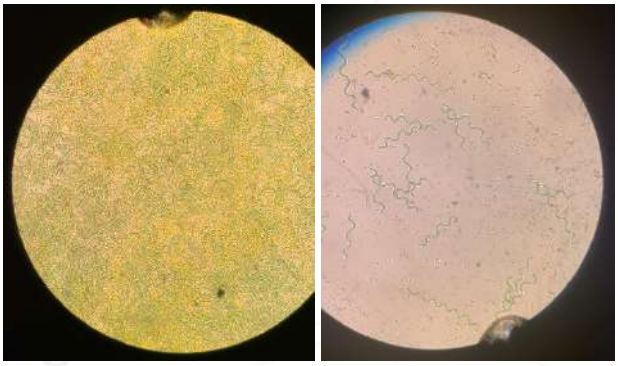


Fig 2. Comparación vista al microscopio de la espirulina. Lada derecho T0, lado izquierdo T4

CONCLUSIONES. A partir de los datos preliminares obtenidos se pueden observar resultados claramente positivos sobre el agua tratada, además de un color verde en cada uno de los contenedores donde se realizaron los experimentos. Esto nos infiere en dos puntos clave que buscábamos saber, si la espirulina podría crecer en un medio tan adverso sin ningún tipo de adaptación y si podría realizar algún cambio significativo en el tratamiento de dichas aguas.
Por lo anterior podemos inferir que el alga espirulina soporta una introducción simple de liberación al ambiente acuífero que se desea remediar y tendrá un impacto positivo en dicho ambiente, manteniendo los niveles de nitrógeno estables y beneficiando al entorno

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García Miranda, F. G., & Miranda Rosales, V. (2013). Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. En Vol. 2, Parte 1, Eje 3, Capítulo 5, Recursos hídricos y energéticos (pp. 177-191). Instituto de Ingeniería, UNAM. Recuperado de https://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-Garc%C3%ADa-Miranda.pdf
2. Alegria, L. A. R., Santillán, C. S. R., Hinojosa, J. S. S., Pilco, C. R. J., & Muñoz, I. M. G. (2022). Biorremediación de aguas residuales agroindustriales mediante el cultivo de Spirulina SP y biomasa utilizada como suplemento alimenticio para animales. STUDIES IN SOCIAL SCIENCES REVIEW, 3(3), 1424-1443. Recuperado de https://doi.org/10.54020/seasv3n3-009
3. Rabassó Krohnert, M. (2011). Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos. AccedaCRIS. Recuperado de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/6671/1/0231633_00028_0007.pdf

4. Acuña, A. P., & Salinas, N. R. (2020). La eutrofización de cuerpos de agua: un síntoma antropogénico que requiere atención. Perspectivas IMTA, 1(08). https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-08
5. *Informe de la FAO: La producción pesquera y acuícola mundial alcanza un nivel sin precedentes*. (2024, July 6). Newsroom. https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/es
6. Guerrero, J. M. C., & Pelcastre, A. J. (2021). Hacia el desarrollo sostenible de la pesca y la acuicultura en México: marcos normativos, organización socioeconómica y desafíos. Cuadernos Geográficos, 60(3), 6–28. https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i3.15953
7. Sánchez Pérez, K. Y. (2011). COMPRACIÓN QUÍMMICA y FUNCIONAL DE TRES DIETAS COMERCIALES y UNA EXPERIMENTAL, a TRAVÉS DE LA TASA DE CRECIMIENTO DE BAGRE DE CANAL (ictus punctatus) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DEL AGUA [Instituto Politécnico Nacional]. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12267/SANCHEZ%20PEREZ%20KARINA%20YURITTSY%20%20-%20B101513.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Zhang, L., Pei, H., Yang, Z., Wang, X., Chen, S., Li, Y., & Xie, Z. (2019). Microalgae nourished by mariculture wastewater aids aquaculture self-reliance with desirable biochemical composition. *Bioresource Technology*, 278, 205-213. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.066
9. Andrade, B. B., Cardoso, L. G., Assis, D. J., Costa, J. A. V., & Druzian, J. I. (2019). Production and characterization of *Spirulina* sp. LEB 18 cultured in reused Zarrouk's medium in a raceway-type bioreactor. *Bioresource Technology*, 284, 340-348. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.144
10. Mata, S. N., Cardoso, L. G., Andrade, B. B., Duarte, J. H., Costa, J. A. V., & Druzian, J. I. (2020). *Spirulina* sp. LEB 18 cultivation in a raceway-type bioreactor using wastewater from desalination process: production of carbohydrate-rich biomass. *Bioresource Technology*, 311, 123495. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123495
11. IIETA. (2023). Evaluating the Efficiency of Chlorella Vulgaris and Spirulina Microalgae in Wastewater Remediation Under Different Light Conditions. *International Information and Engineering Technology Association*. https://doi.org/10.18280/ijht.290206

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824132

ANÁLISIS TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE LOS REYES, MICHOACÁN; PARA SU PLANIFICACIÓN ECOLÓGICA Y ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO

Rodrigo Rafael Alonso Ramírez[1], Erna Martha López Granados[2], Rafael Trueba Regalado[3]
[1] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1342383k@umich.mx
[2] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; erna.lopez@umich.mx
[3] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.trueba@umich.mx

Palabras Clave: Cambio de cobertura y uso del suelo, agricultura, deforestación

RESUMEN. Las actividades humanas son el factor más influyente en el deterioro ambiental a través del cambio de cobertura y uso del suelo, repercutiendo en el entorno natural en el que se desarrolla la sociedad. En Los Reyes, Michoacán, el sector que genera un impacto negativo en los ecosistemas, es el agrícola, debido al dinamismo de los cultivos de la zarzamora y el aguacate, provocado por factores como, la rentabilidad del cultivo, el rápido retorno de inversión, la versatilidad de los frutos para su consumo y las posibilidades de exportación del producto, incrementando el ingreso económico del agricultor, que esto a su vez, genera una expansión agrícola desmedida y con ello problemas de deforestación, degradación del suelo, erosión, pérdida de biodiversidad, conflictos por el uso de tierras e impactos en la salud pública. Existe una herramienta de política ambiental, el cual es el Ordenamiento Ecológico Territorial, que podría identificar los problemas socioambientales y diseñar estrategias para mitigarlos. La metodología empleada consta de una caracterización biofísica y socioeconómica, para evaluar el estado de los recursos naturales y cómo los sectores productivos y la población hacen uso de ellos, además de la generación de un diagnóstico preciso para que en un futuro se implementen políticas ambientales enfocadas en el desarrollo sustentable.

INTRODUCCIÓN. Durante los últimos siglos, las actividades humanas han transformado significativamente la cobertura vegetal natural, convirtiendo estas áreas en terrenos con usos diversos como agricultura, urbanización e industria (Cruz-Huerta et al., 2015). Este proceso de cambio de cobertura y uso del suelo (CCUS) ha dominado la superficie terrestre y ha influido en la gestión del territorio, alterando el equilibrio natural de muchos ecosistemas. Las actividades humanas, impulsadas en gran medida por factores económicos, han acelerado este proceso de transformación a un ritmo sin precedentes. Los cambios en el uso del suelo han comprometido la capacidad de los ecosistemas para proporcionar bienes y servicios ambientales, afectando su sostenibilidad y resiliencia frente a las necesidades humanas. En Los Reyes de Salgado, Michoacán, la conversión de áreas naturales en cultivos agrícolas, como zarzamora y aguacate, ha causado una notable alteración en el capital natural de la región. La alta rentabilidad y demanda de estos cultivos han impulsado su expansión, intensificando los problemas ambientales asociados. En respuesta, el Ordenamiento Ecológico Territorial (OET) en México busca regular el uso del suelo y las actividades productivas para proteger el medio ambiente y promover el uso sustentable de los recursos naturales.

ANTECEDENTES. En México, hay pocos estudios a nivel nacional para conocer los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo (Ramos, 2018). Sin embargo, los estudios que existen sobre CCUS, comenzaron a partir de los estudios sobre uso del suelo y vegetación a nivel nacional, contando con cuatro principales fuentes de cartografía de uso de suelo y vegetación en México, provenientes del INEGI y del Instituto de Geografía de la UNAM. La primera fuente, Series I del INEGI (1968-1986), se basa en la interpretación de fotografías aéreas y un extenso trabajo de campo que verificó más de 10,000 sitios, con un sistema clasificatorio de más de 300 clases de vegetación. La segunda fase, Serie II del INEGI (1993-1996), actualizó la Serie I utilizando espaciomapas derivados de imágenes Landsat TM. Esta serie ofrece una clasificación más detallada con más de 600 categorías. Los Inventarios Forestales Nacionales también contribuyen a la cartografía. El Inventario Forestal Nacional Periódico (1994) actualizó la Serie I usando 74 imágenes Landsat TM y presenta una clasificación de 29 tipos de vegetación. En el año 2000, el Instituto de Geografía-UNAM llevó a cabo la fase I del Inventario Forestal Nacional (IFN 2000-2001), actualizando la Serie II con imágenes Landsat ETM+ y un sistema clasificatorio más simple de 75 categorías en cuatro niveles jerárquicos (Velázquez, 2002).

OBJETIVOS. Caracterizar los factores biofísicos que han influido en el cambio de uso del suelo y la transformación del territorio en Los Reyes durante el periodo 1995-2023

MATERIALES Y MÉTODOS. Se llevó a cabo una descripción visual de la cobertura vegetal y uso del terreno del municipio mediante el análisis de imágenes aéreas digitales y satelitales. Para ello, se utilizaron fotografías aéreas digitales a escala 1:50,000 proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que ofrecen una visión detallada y precisa del área en cuestión. Además, se incorporaron imágenes satelitales del satélite Landsat 8-9 OLI/TIRS, obtenidas en el año 2023. Estas imágenes satelitales tienen una resolución espacial de 30 metros, permitiendo observar y distinguir características de la cobertura vegetal y del uso del suelo con un alto nivel de detalle. El análisis de estas imágenes se realizó utilizando el sistema de información geográfica ArcGIS, que facilitó la manipulación y el análisis espacial de los datos. La combinación de fotografías aéreas digitales con imágenes satelitales permitió generar una visión integral del estado actual y en el que se encontraba la cobertura vegetal del municipio, proporcionando información clave para la planificación y gestión territorial, para la toma de decisiones relacionadas con el uso y conservación del suelo.

RESULTADOS. El municipio de Los Reyes de Salgado se encuentra en el estado de Michoacán de Ocampo; entre los paralelos 19°30’ y 19°49’ de latitud norte, los meridianos 102°15’ y 102°36’ de longitud oeste; con una altitud entre 900 y 3400 m (ver Fig. 1). Ocupa el 0.82% de la superficie del estado y cuenta con 63 localidades y una población total de 78,935 habitantes (INEGI, 2010).

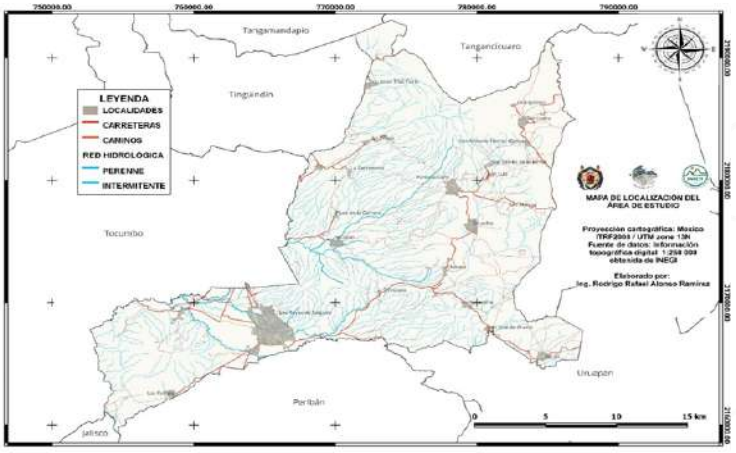


Figura 1. *Área de estudio*
Fuente*: Elaboración propia con base en INEGI, 2010.*

La Fig. 2 muestra el clima del municipio. Es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (50.21%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (33.12%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (9.53%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (5.10%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (1.99%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.05%); con un rango de precipitaciones entre 1,100 – 1,300 mm y un rango de temperatura de 10-24°C (INEGI, 2010).

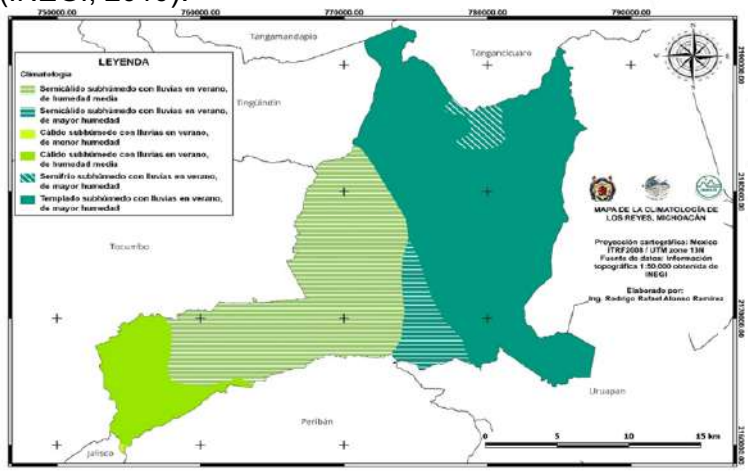


Figura 2. *Clima de Los Reyes, Michoacán*
Fuente: *Elaboración propia con base en INEGI, 2010.*

El territorio total de Los Reyes Michoacán es 490.60 km^2, del cual, a partir del levantamiento de uso del suelo del municipio los principales usos del terreno son cinco; agrícola, bosque, matorral, pastizal, plantaciones y el uso de la población, que en términos porcentuales serían los siguientes datos. Para el año de 1995, el uso dominante de la región eran los bosques, obteniendo un 53.14 % de usos del suelo en todo el municipio, seguido del uso agrícola con un 29.42%. Para este año, se comenzaron a observar plantaciones de aguacate teniendo un 6.60% de la cobertura total

del municipio. La mancha urbana cuenta con 2.24% de la superficie (11.01 km^2), mientras que el matorral y los pastizales tienen un 5.11% y 3.48%, respectivamente (ver Fig. 3).

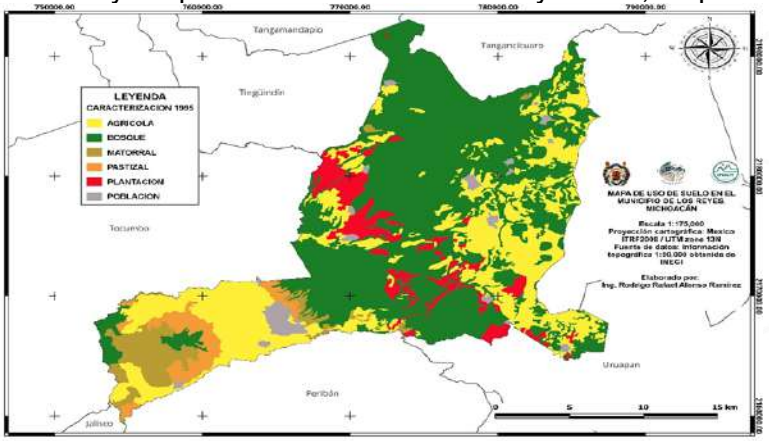


Figura 3. *Cambio de uso del suelo en Los Reyes, Michoacán (1995)*
Fuente: *Elaboración propia.*

Los principales usos del suelo en el municipio para el año 2023 son los mismos, sin embargo, visualmente se pueden observar cambios muy drásticos en 28 años de análisis.
El aumento de las plantaciones de aguacate y la reducción de zonas forestales en el municipio son apreciables. Finalmente, en la parte norte del municipio es donde se concentra la mayor parte de las zonas forestales y donde el cultivo del aguacate ha tenido gran impacto en el ambiente (ver Fig. 4).

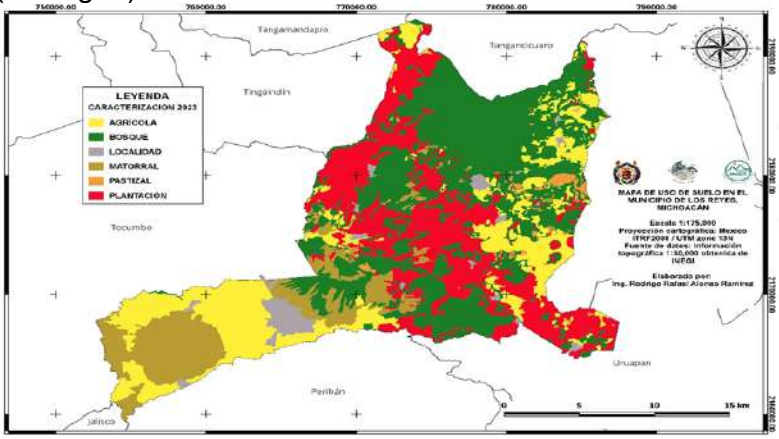


Figura 4. *Cambio de uso del suelo en Los Reyes, Michoacán (2023)*
Fuente*: Elaboración propia.*

Las areas forestales se redujeron un 10.33% en el año 2023, donde su porcentaje actual es de 42.81%, aumentaron las areas de plantación con un porcentaje de 26.39% de las cuales con los datos analizados se puede entender que la población del municipio uso las areas de agricultura para cultivar las plantaciones de aguacate, ya que, las areas agrícolas se redujeron a un 18.07%. La mancha urbana aumento a un 2.80%, y las zonas de matorral y pastizales aumentaron y disminuyeron respectivamente (8.87% y 1.06%).

CONCLUSIONES. El presente estudio, permitió reconocer cuáles son los usos actuales del terreno y cómo en 28 años han cambiado, esto nos permite entender cuales son las tendencias a las que la población apunta en un futuro y cuales serían las zonas a las cuales se podrían organizar y generar formas sustentables de utilización del territorio y sus recursos naturales de acuerdo a la vocación natural del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cruz-Huerta, C., González-Guillén, M. J., Martínez-Trinidad, T., & Escalona- Maurice, M. J. (2015). Modeling land-use change and future deforestation in two spatial scales. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 21(2), 137-156.
2. Ramos Medina, Javier (2018) Procesos del cambio de cobertura y uso del suelo como indicadores del crecimiento urbano en ciudades medias del estado de Michoacán (1996-2015) Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
3. Velázquez, A., Mas, J. F., Gallegos, J. R. D., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., ... & Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta ecológica, (62), 21-37.
4. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010) Compendio de información geográfica municipal 2010. Los Reyes, Michoacán de Ocampo. 2010.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8: Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CC0824133

CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO TACAMBARO – TURICATO

Carlos Daniel Tovar Guzmán[1], Giovanni Carlo Flores Fernández[2], José Jaime Madrigal Barrera[3], Sonia Tatiana Sánchez Quispe[4]

[1] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Correo: 1803877g@umich.mx
[2] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Correo: giovanni.flores@umich.mx
[3] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Correo: jose.madrigal@umich.mx
[4] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Correo: quispe@umich.mx

Palabras Clave: Caracterización Hidrogeológica, Precipitaciones, Hidrométrica, Geología, Gestión Hídrica

RESUMEN. El estudio busca caracterizar el acuífero semiconfinado Tacámbaro-Turicato en Michoacán debido a la falta de información hidrogeológica. Esta ausencia de datos impide comprender cómo y dónde se almacena y se mueve el agua subterránea, lo cual es esencial para su gestión y evitar la sobreexplotación. La caracterización incluye la identificación de parámetros clave como el coeficiente de escurrimiento, la conductividad hidráulica y transmisividad. Se recopilaron datos de estaciones climáticas cercanas para analizar la precipitación y temperatura, y se utilizó el método de coeficiente de escurrimiento de Henry Thornthwaite para estimar la infiltración del agua. Se localizaron estaciones hidrométricas para obtener información sobre la precipitación en períodos específicos y se crearon isoyetas para mapear la distribución de la precipitación y las áreas de recarga. Además, se emplearon cartas geológicas y SIG ArcMap para definir la configuración geológica y los parámetros hidrogeológicos del acuífero.

INTRODUCCIÓN. El acuífero Tacámbaro-Turicato, ubicado en el estado de Michoacán cuenta con una superficie de 5463.03 km2, es un sistema semiconfinado de gran importancia para el suministro de agua en la región. Sin embargo, enfrenta desafíos debido a la falta de información detallada sobre su comportamiento hidrogeológico. La caracterización de este acuífero es esencial para una gestión eficaz del recurso hídrico, ya que proporciona datos clave sobre cómo se almacena y se mueve el agua subterránea. Los estudios recientes han abordado la identificación de parámetros cruciales, como el coeficiente de escurrimiento, la conductividad hidráulica y la transmisividad, mediante el análisis de datos de estaciones climatológicas y la aplicación de modelos hidrogeológicos. Además, se han realizado trabajos para conocer la distribución de la precipitación y las áreas de recarga utilizando isoyetas y SIG ArcMap. Estos esfuerzos son fundamentales para comprender mejor la dinámica del acuífero, prevenir la sobreexplotación y poder seguir teniendo la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

ANTECEDENTES. El acuífero Tacámbaro-Turicato ha sido objeto de estudio por varios investigadores en años recientes. En 2018, el estudio de Hernández-Guzmán se centró en la hidrogeología del acuífero, proporcionando un análisis detallado de la recarga y el balance hídrico utilizando datos de estaciones climatológicas y modelos hidrogeológicos. Otro trabajo relevante es el de González-Mendoza (2021), que exploró la calidad del agua subterránea y los impactos

de la sobreexplotación en el acuífero. Además, el informe de CONAGUA (2022) sobre el estado y manejo de acuíferos en Michoacán incluyó una evaluación de las condiciones del Tacámbaro-Turicato, destacando la necesidad de estrategias de gestión más efectivas. Estos estudios subrayan la importancia de continuar investigando y monitoreando el acuífero para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

OBJETIVO. El objetivo de la caracterización hidrogeológica del acuífero Tacámbaro-Turicato es conocer más a detalle sus propiedades físicas, dinámicas y geológicas para mejorar la gestión del recurso hídrico en la región. Este estudio busca determinar la capacidad de almacenamiento y el flujo subterráneo mediante la evaluación de parámetros como la transmisividad, la conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento. Al entender estos aspectos, se pretende optimizar el uso del acuífero, prevenir problemas relacionados con la sobreexplotación y la degradación del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS. Con información obtenida a través de CONAGUA, se identificaron tanto las estaciones climatológicas operando la mayoría desde 1922 (Fig. 1) como la estación hidrométrica (Figura 2) con clave 18486, que proporciona la mayor cantidad de información para trabajar en la zona de estudio. Esto facilitó el acceso a datos cruciales sobre las condiciones meteorológicas y los patrones de precipitación y temperaturas esenciales para una evaluación del recurso hídrico.

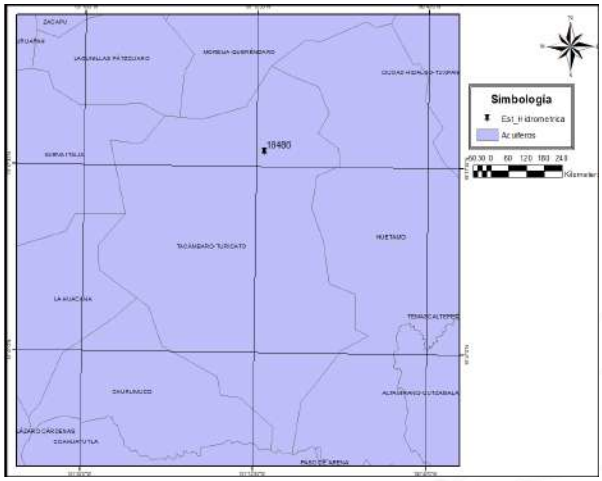


Figura 12. *Estaciones Climatológicas.*

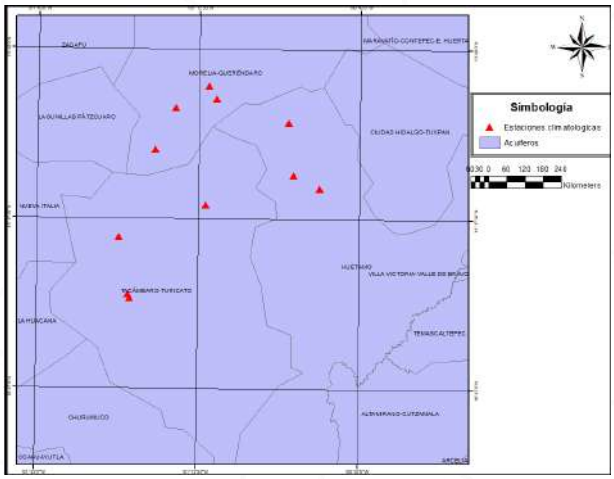


Figura 2. *Estación Hidrométrica*

Para el análisis de la extracción de agua del acuífero Tacámbaro-Turicato, se consideraron los registros más recientes de la Red Piezométrica, actualizados hasta 2023 ante CONAGUA. Esta información permitió identificar con precisión los puntos de extracción de agua subterránea en distintas ubicaciones del acuífero. se encontraron 50 puntos de extracción, lo que facilitó conocer su distribución y el impacto en los niveles piezométricos.

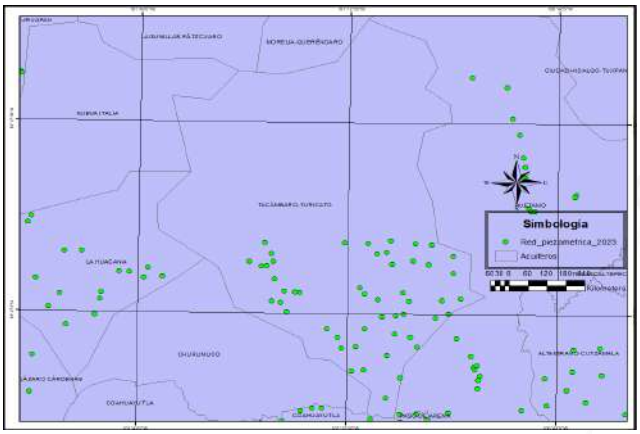


Figura 3. *Red Piezométrica (CONAGUA, 2023)*

Para entender la distribución espacial de la precipitación en el acuífero Tacámbaro-Turicato, se elaboró un mapa de isoyetas utilizando el software SIG ArcMap. Este mapa proporciona una representación de la variabilidad en la precipitación a lo largo del acuífero. La información obtenida es esencial para estimar la recarga del acuífero, ya que la infiltración de agua, que contribuye directamente a la recarga, depende de la cantidad de precipitación en cada área. Con estos datos, se pudo conocer un balance hídrico, considerando la precipitación que se traduce en agua infiltrada y disponible para el acuífero.

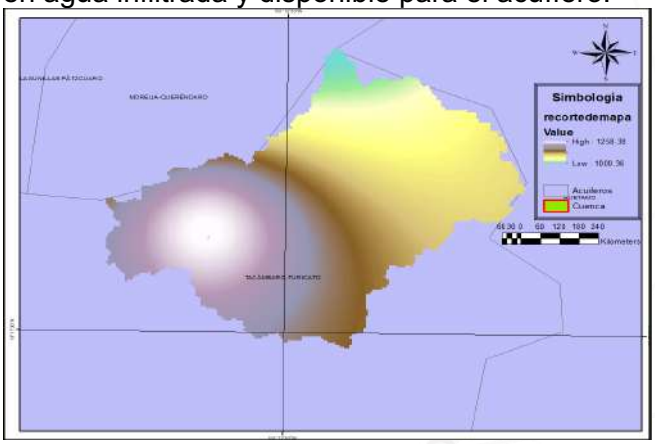


Figura 4*. Isoyetas*

Después de generar el mapa de isoyetas del acuífero Tacámbaro-Turicato y realizar la ponderación con el mapa K de CONAGUA, se determinó un valor de 25.02 mm para la precipitación promedio en función de los usos del suelo. Posteriormente, se calcularon las evapotranspiraciones para estimar la cantidad de agua perdida por este proceso. Al restar estas pérdidas de la precipitación total, se obtuvo una estimación precisa de la infiltración efectiva que contribuye a la recarga del acuífero.

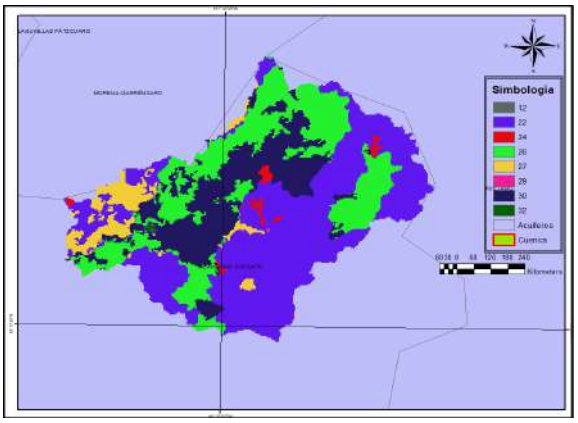


***Figura 5**. Mapa K*

Rowid	VALUE	COUNT	NXC
0	12	4	48
1	22	17529	385638
2	24	436	10464
3	26	10046	261196
4	27	2161	58347
5	29	8	232
6	30	7838	235140
7	32	73	2336
	Suma total de pixeles	38095	
		Sumatoria	953401
	División de NXC/STDP		
	Valor ponderado		25.0269327

***Figura 6.** Ponderación Mapa K*

RESULTADOS. Con las cartas geológicas de Acuyo y Carácuaro se obtuvo una comprensión detallada de la geología del subsuelo del acuífero Tacámbaro-Turicato. Utilizando estas cartas, junto con tablas de parámetros geológicos, se lograron estimar y agregar valores precisos a puntos generados en SIG ArcMap para dar un valor específico. Este análisis permitió evaluar cómo el tipo de subsuelo influye en el comportamiento del recurso hídrico.

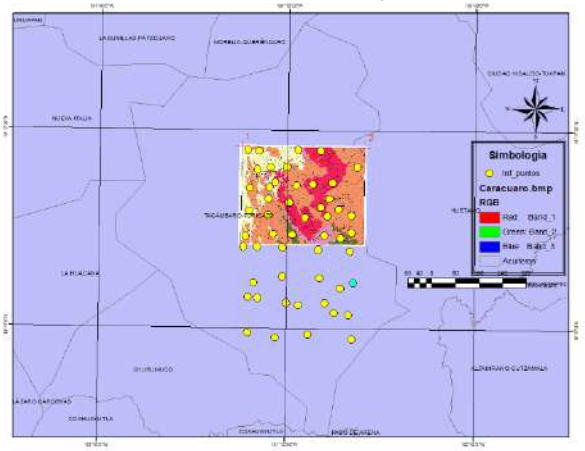


***Figura 7.** Carta Geológica Carácuaro*

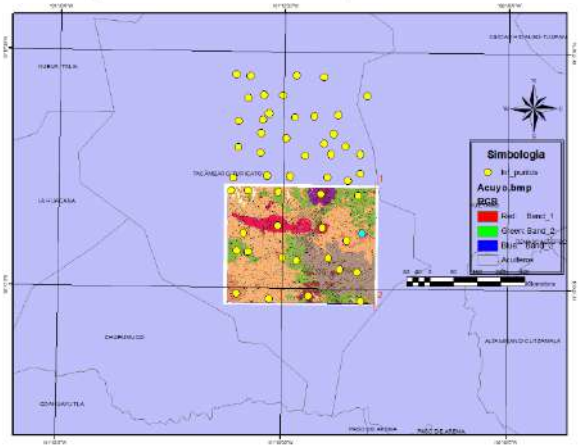


***Figura 8.** Carta Geológica Acuyo*

Una vez finalizados los mapas y procesados los datos, se determinaron los siguientes parámetros clave para el acuífero Tacámbaro-Turicato. El Coeficiente de Almacenamiento se estableció en 0.002, reflejando la naturaleza semiconfinada del acuífero. La Conductividad Hidráulica se midió en 2.541 m/día, mientras que la Transmisividad se calculó en 5.43×10^{-3} m²/día. Estos valores proporcionan una visión integral del comportamiento del acuífero.

CONCLUSIÓN. Durante la investigación, se logró caracterizar el acuífero Tacámbaro-Turicato, alcanzando todos los objetivos establecidos. La actualización de la caracterización hidrogeológica proporciona una visión detallada del comportamiento del acuífero, fundamental para una gestión eficaz del recurso hídrico. La integración de datos actuales y el análisis permiten identificar áreas críticas y prever cambios en la dinámica del acuífero. La información obtenida es esencial para tomar decisiones sobre la explotación y conservación del agua subterránea.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2023). Actualización hidrogeológica del acuífero: Tacámbaro-Turicato
2. Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas. (2024). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Tacámbaro-Turicato del estado de Michoacán.
3. Servicio Geológico Mexicano (SGM) (2024). Carta Geológica Carácuaro (E14-A43) y Acuyo (E14-A53) (1999).
4. Servicio Meteorológico Nacional. Estaciones Climatológicas (2023)

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia; Prosperidad Urbana; Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CC0924101

VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA FALLA GEOLÓGICA TARÍMBARO-ÁLVARO OBREGÓN (TAO)

Indelisa Berenice Contreras Ávila[1], Erna Martha López Granados[2], Martha Gabriela Gómez Vasconcelos[3], Rafael Trueba Regalado[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; berenice.conteras@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; erna.lopez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gabriela.gomez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.trueba@umich.mx

Palabras Clave: Vulnerabilidad, peligro, riesgo, falla geológica, Tarímbaro

RESUMEN. En el periodo del año 2000 al 2020, se establecieron 15 nuevas localidades en la zona de afectación de la Falla Tarímbaro-Álvaro Obregón (TAO), aumentando con ello en un 219% la población expuesta al peligro. Dicha zona está siendo afectada por el hundimiento diferencial, calculando una tasa de deslizamiento de 0.04 mm/año. Determinar la vulnerabilidad de las 25 localidades en la zona, resulta trascendental para mitigar y prevenir el riesgo, y con ello contribuir en la adecuada planificación del territorio.

INTRODUCCIÓN. En la agenda nacional de protección civil, la prevención de desastres ha tomado relevancia por la diversidad de fenómenos que pueden causar desastres en nuestro territorio. Se reconoce la importancia de establecer estrategias y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir sus efectos, y no sólo focalizar recursos para la atención de las emergencias y la reconstrucción. Es fundamental pasar de un esquema reactivo a uno preventivo que nos permita avanzar hacia una sociedad más preparada, segura y encaminar los esfuerzos para construir un país menos vulnerable frente a los fenómenos potencialmente destructivos (CENAPRED, 2024). De acuerdo al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la estrategia de prevención establece tres pasos fundamentales. Primero conocer los peligros y amenazas para saber dónde, cuándo y cómo nos afectan. Segundo, identificar y establecer las características y los niveles actuales de riesgo ante esos fenómenos. Tercero, diseñar acciones y programas para mitigar y reducir oportunamente estos riesgos a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura y finalmente preparando e informando a la población (CENAPRED, 2024). Como ejemplo claro de peligro tenemos la actividad sísmica y volcánica que caracteriza a nuestro país. En el contexto de la tectónica de placas, en México existen cinco placas tectónicas que interactúan entre sí, causando sismos en gran parte del territorio nacional (Protección Civil CDMX, 2024). Reconociendo la importancia de identificar y analizar las fuentes de peligro sísmico en nuestro país, que en algunos casos son causados por la presencia de fallas geológicas, en el presente trabajo nos enfocamos en estudiar Vulnerabilidad Socioeconómica en la zona de influencia de una de las fallas más importantes dentro del Sistema de Fallas Morelia-Acambay, la Falla Tarímbaro-Álvaro Obregón, la cual nos referiremos en lo sucesivo como “Falla TAO” (Fig. 1).

ANTECEDENTES. La evaluación de la amenaza sísmica en el centro de México es esencial considerando las numerosas fallas activas de la corteza terrestre que atraviesan ciudades densamente pobladas. El sistema de fallas Morelia-Acambay (SFMA) se encuentra ubicado dentro del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) y consiste en una serie de fallas normales de dirección E-W y NE-SW que cortan su parte central (Garduño-Monroy et al., 2009).
El SFMA comprende al menos treinta fallas normales activas que afectan unidades del Mioceno al Holoceno y son responsables de varios terremotos devastadores (Garduño-Monroy et al., 2009; Gómez-Vasconcelos et al., 2024). En la ciudad de Morelia, Michoacán, existen condiciones de riesgo ante la presencia de fallas geológicas desde el año de 1983, cuando se empezaron a manifestar problemas de hundimientos diferenciales a lo largo de trazas lineales. Para el año 1984 un grupo de investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y del Instituto Politécnico Nacional, iniciaron el estudio de una serie de fracturas que se manifestaron en obras civiles de las poblaciones de Santa Ana Maya, Tarímbaro y de la ciudad de Morelia. Las direcciones de estas estructuras geológicas son en dirección NE-SW, las cuales se alinean y son similares a las fallas de la región, formando parte del SFMA (Garduño-Monroy et al., 2001).
Los efectos de las fallas son visibles en la deformación de calles y avenidas, afectando casas y obras civiles, en el deslizamiento de lomas y hasta en la demolición de edificios y conjuntos habitacionales, como fue el caso del hospital del IMSS ubicado en la Av. Nocupétaro, lugar por donde atraviesa una de las fallas más importantes de Morelia (Falla Central Camionera o Nocupétaro), de igual forma, la demolición parcial de un conjunto habitacional en la Colonia Manantiales debido a la falla La Colina (MoreliaActiva.com, 2024). Estas fallas, al igual que la Falla TAO, pertenecen al Sistema de Fallas Morelia-Acambay.

OBJETIVOS
Determinar la vulnerabilidad socio económica de la población que habita en la zona de influencia de la Falla Tarímbaro-Álvaro Obregón (TAO) al norte de Morelia.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizarán dos fases fundamentales en la investigación: primera, representación e identificación del peligro sísmico asociado a la Falla TAO evaluado por Gómez-Vasconcelos et al. (2024) mediante métodos geomórfológicos, geología estructural, paleosísmicos y geofísicos. Segunda, establecimiento de los diferentes niveles o grados de vulnerabilidad socioeconómica que presenta la zona de influencia, así como los niveles de exposición de la población. Para la identificación y caracterización del peligro, se realizaron visitas de campo con especialistas en Geología, además nos remitimos a los estudios geológicos recientes (Gómez-Vasconcelos et al., 2024), los cuales aportaron el insumo científico principal para la determinación del peligro derivado de la falla, así como la identificación de la zona de influencia, la cual se consideró de 50 m hacia cada uno de los lados de las trazas.
Aunado a ello, se identifican y georreferencían las afectaciones que a simple vista se pueden observar en las fachadas de las viviendas y las vías de transporte en la zona de influencia de la falla. Con el propósito de fortalecer la investigación, se recopiló información relevante por medio de una encuesta a una muestra representativa de la población que habita en la zona de influencia, utilizando el método aleatorio simple. La encuesta pretende conocer las principales afectaciones socio económicas que les ha causado el hecho de vivir sobre una zona de afectación de la falla; y con ello cuantificar y caracterizar los efectos en el ámbito socioeconómico.
Con el procesamiento de los datos geológicos, los recopilados a través de las encuestas, el Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Tarímbaro, las imágenes satelitales de uso libre, así como los datos estadísticos y geográficos generados por INEGI, entre otros, se pretende realizar un análisis para determinar el grado de exposición y vulnerabilidad socioeconómica que corren los

habitantes de la zona. El análisis espacial pertinente se está realizando con el programa de uso libre QGIS, el cual nos brinda la posibilidad de georreferenciar la información obtenida en campo, así como los datos estadísticos de las instancias oficiales y las encuestas levantadas en la zona de afectación.

RESULTADOS PRELIMINARES. Para el presente estudio, se identifica y analiza la vulnerabilidad socioeconómica que causan las seis principales trazas de falla ubicadas en la parte central de la Falla TAO, la cual está afectando a un total de 25 asentamientos humanos entre rurales (Tabla 1) y urbanos (Tabla 2) con una población total de 28,862 habitantes, de los cuales el 20.8% no están afiliados a servicios médicos en ninguna institución pública o privada; se registra también un total de 12,373 viviendas particulares habitadas, deshabitadas, de uso temporal y colectivas; de las cuales el 22.85% se encuentran deshabitadas, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

CVEGEO	NOMBRE GEOGRÁFICO	POBLACIÓN
160880009	El Colegio	1,234
160880013	El Cuitzillo Chico	378
160880014	El Cuitzillo Grande	1,172
160880019	Colonia Miguel Hidalgo	1,410
160880026	La Palma (Las Palmas)	1,336
160880027	Peña del Panal	1,244
160880032	San José de la Trinidad	554
160880063	Campestre Erandeni [Club]	795
160880082	Fraccionamiento Bugambilias	10
160880125	Fraccionamiento Jardín Morelia	187
160880127	Fraccionamiento Laureles Eréndira	1,379
160880128	Fraccionamiento Mirador de las Monarcas	493
160880129	Fraccionamiento Mirador de las Palmas	484
160880135	Fraccionamiento Valle Real	1,749
160880143	Fraccionamiento Paseos del Valle	1,126
160880146	Rinconada de los Sauces	2,216
160880148	Terranova	899
160880155	Terranova II	326
160880157	Colonia Verónica López	721
160880158	Fraccionamiento Ex-Hacienda San José	160
160880165	Ejido Jesús del Monte	26
160880171	Colinas de la Palma	1,385
	Total población rural	**19,284**

Tabla 1. *Localidades rurales en zona de afectación de la Falla TAO. Fuente: CPV 2020 INEGI.*

CVEGEO	NOMBRE GEOGRÁFICO	POBLACIÓN
160880065	Conjunto Habitacional el Trébol	3,185
160880039	Uruétaro	2,857
160880140	Campestre Tarímbaro	3,536
	Total población urbana	**9,578**

Tabla 2. *Localidades urbanas en zona de afectación de la Falla TAO. Fuente CPV 2020 INEGI.*

Por otro lado, se tiene registro de 14 fraccionamientos de interés social que fueron construidos en los últimos 20 años sobre la falla, registrando una población total de 14,671 habitantes, según

el CPV 2020 de INEGI; aumentando con ello el grado de exposición al peligro ante la Falla TAO (Fig. 1).



Figura 1. *Falla TAO y localidades en la zona de afectación*

Con la imagen satelital obtenida de Sentinel en noviembre de 2023, se generó la imagen en falso color con las bandas 8-4-3 para representar las dos principales zonificaciones, la cual divide el territorio en áreas urbanizadas y no urbanizadas (Fig. 2).



Figura 2*. Imagen en falso color de la zona de estudio*

Dentro de las edificaciones que generalmente resultan afectadas a consecuencia de una falla geológica, están las viviendas de baja calidad en su construcción, ya que una parte importante son consideradas como construcción informal, las cuales se caracterizan por emplear materiales de baja calidad y no tener un diseño estructural formal (CENAPRED, 2024). Tal es el caso de un importante número de viviendas dentro de las 22 localidades rurales ubicadas dentro de la zona de estudio, las cuales suman un total de 19,284 habitantes (Censo 2020).

CONCLUSIONES

Puesto que la investigación continúa en curso, aún no se tienen conclusiones definitivas.

BIBLIOGRAFÍA

1. CENAPRED. (19 de Junio de 2024). Coordinación Estatal Protección Civil Michoacán. Obtenido de https://pcivil.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2018/02/Guia_Basica_Atlas_Evaluacion_de_la_Vulnerabilidad_Fisica_y_Social.pdf
2. CENAPRED. (23 de Junio de 2024). Gobierno de México. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html#doc
3. Garduño-Monroy, V., Arreygue-Rocha, E., Israde-Alcántara, I., & Rodríguez-Torres, G. (2001). Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 37-54.
4. Garduño-Monroy, V., Pérez-López, R., Israde-Alcántara, I., Rodríguez-Pascua, M., Szynka-ruk, E., Hernández-Madrigal, V., . . . López-, E. (2009). Paleoseismology of the southwestern Morelia-Acambay fault system, central México. Geofísica Internacional, 17.
5. Gómez-Vasconcelos, M., Ramón-Avellán, D., Lacan, P., Israde, I., García, Ó., & Aray, J. A. (17 de Enero de 2024). The Tarímbaro-Álvaro Obregón Fault, a major structure of the Morelia-Acambay Fault System in Central México. 2. Obtenido de https://www.researchsquare.com/article/rs-3290766/v1
6. MoreliaActiva.com. (12 de Abril de 2024). MoreliaActiva.com. Obtenido de https://moreliactiva.com/morelia-ciudad-sentenciada-16-fallas-sismicas-y-geologicas-la-atraviesan-y-se-siguen-construyendo-edificios/
7. Protección Civil CDMX. (11 de Julio de 2024). CDMX Ciudad de México. Obtenido de http://data.proteccioncivil.cdmx.gob.mx/simulacros/CDMX/Situacion-sismica.html

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia; Prosperidad Urbana; Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CC0924102

CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE RIESGO DE DESERCIÓN UNIVERSITARIA

Michelle Gutiérrez-Rivera[1], Paola Johanna Martínez Chávez[2], Renata Marie Gutiérrez Bautista[3], Dulce Abril López Pedraza[4], Diana Karen Chávez Martínez[5], Karen Gisel Chávez Alvarado[6], Diana Garcidueñas Gallegos Rafael Trueba Regalado[7]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1911515a@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209707h@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1914764d@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209553a@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209555f@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1904479j@umich.mx

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; diana.garciduenas@umich.mx

Palabras Clave: Deserción universitaria, factores de riesgo, propiedades psicométricas

RESUMEN. La deserción escolar de estudiantes universitarios es un problema complejo con repercusiones personales, sociales y económicas tanto para los estudiantes como para el sistema educativo. La identificación temprana de los factores de riesgo de deserción es esencial para prevenir el abandono escolar y apoyar a los estudiantes vulnerables. Este estudio tiene como objetivo desarrollar y validar la Escala de Riesgo de Deserción Universitaria. A partir de la revisión de la literatura se diseñaron 101 reactivos, los cuales fueron evaluados por expertos y no expertos para obtener la validez de contenido y validez de facie. Se conservaron 45 reactivos con 6 opciones de respuesta, los cuales fueron piloteados para así obtener la versión final del instrumento. En la aplicación participaron 293 universitarios de la Facultad de Psicología de la UMSNH, 71.3% mujeres, de 2°, 4°, 6° y 8° semestre, 40.3% foráneos y la mayoría reportó dedicarse exclusivamente a los estudios (61.1%). Se realizó la discriminación de reactivos analizando su distribución de frecuencias, sesgo y la correlación puntaje-total. En el AFE se encontraron tres factores que explican el 44.86% de la varianza: Económico y de apoyo social (8 reactivos; α= .845), Institucional (4 reactivos; α= .754) y Académico (3 reactivos; α= .722). La escala final se compone de 15 reactivos con un alfa de Cronbach de .841, lo que indica una buena consistencia interna. Los resultados sugieren que la escala cuenta con propiedades psicométricas adecuadas, lo que la convierte en una herramienta útil, confiable y válida, para evaluar de manera breve el riesgo de deserción universitaria y así identificar casos en riesgo, implementar estrategias preventivas y realizar estudios sobre la deserción universitaria.

INTRODUCCIÓN. La deserción escolar es un fenómeno complejo que afecta a millones de estudiantes en todo el mundo, con repercusiones significativas en su desarrollo personal, social y económico, así como en el sistema educativo en conjunto. Ante esta problemática, la identificación temprana de los factores de riesgo asociados se convierte en una prioridad para intervenir de manera efectiva y prevenir el abandono de los estudios.

De acuerdo con Schmitt et al. (2021), la deserción escolar se define como “la decisión del alumno de abandonar el curso por cualquier motivo”. En otras palabras, constituye el abandono escolar por parte del estudiante, decisión que puede ser influenciada por una serie de factores (Quispe et al., 2023). La persistencia de altas tasas de deserción representa no solo una pérdida de recursos y oportunidades educativas, sino también un obstáculo para el desarrollo personal y profesional de los individuos, así como para la consecución de objetivos educativos y sociales más amplios (Moreno, 2013). A nivel institucional, la deserción puede afectar la reputación y la efectividad de la institución educativa, así como la retención de fondos y recursos (Pardo & García, 2018; Moreno, 2013). Socialmente, la deserción estudiantil puede contribuir a la desigualdad educativa y económica (Ruiz-Ramírez et al., 2014). Valencia (2021) realizó una revisión literaria de estudios que exploran la relación entre variables psicológicas y la deserción universitaria. Entre estas variables, la motivación destacó como la más mencionada y relevante, dado su papel fundamental en la decisión de abandonar los estudios o en la permanencia escolar. Es así como la relación entre la motivación del estudiante y su propensión a desertar es negativa. En la investigación de Álvarez-Pérez y López-Aguilar (2021), se encontró una correlación positiva entre el burnout y la intención de abandono académico. En cuanto a la reprobación, Torres-Zapata et al. (2020) vincula este problema con la deserción escolar, ya que observaron que, a mayor número de cursos reprobados, mayor es la probabilidad de que el estudiante abandone sus estudios, lo que demuestra una relación positiva entre ambos constructos. En relación con el desempeño docente y la deserción estudiantil, Effio (2023) destaca que el desempeño docente es un factor crucial para la calidad de la educación superior y la adquisición de conocimientos por parte de los alumnos, influyendo directamente en su decisión de abandonar los estudios. Los resultados revelaron una relación negativa y moderada entre ambos constructos, indicando que un mejor desempeño docente puede reducir la tasa de deserción estudiantil. Existe la creencia de que el fracaso o abandono escolar se debe a la falta de intelecto, pero esta idea fue refutada por Magaña (2002), quien afirmó que el fracaso escolar no tiene relación con la inteligencia. Según Magaña, las verdaderas causas del fracaso escolar son la falta de una definición científica clara del problema, junto con las deficiencias en su detección y atención dentro del sistema educativo. El presente trabajo se centra en la construcción y validación de la Escala de Riesgo de Deserción Universitaria, con el objetivo de proporcionar una herramienta fiable y válida para identificar a los estudiantes en situación de mayor vulnerabilidad de deserción universitaria.

MÉTODO

Participantes. La muestra estuvo integrada por 293 universitarios de la Facultad de Psicología de la UMSNH, con una media de edad de 20 años (DE= 2.933); 28.7% hombres y 71.3% mujeres. Un total de 39.2% pertenecen al segundo semestre, 29.7% a cuarto semestre; 22.9% a sexto semestre y 8.2% a octavo semestre. El promedio de bachillerato general fue de 8.5, mientras que el actual de 8.3. De los participantes, la mayoría (61.1%) indicó no trabajar.

Instrumentos. Se diseñaron 101 reactivos, los cuales fueron revisados por expertos, quienes evaluaron inicialmente el cumplimiento de los criterios psicométricos de elaboración de reactivos (construcción gramatical y lenguaje sencillos, frases cortas y relativas a creencias u opiniones, inclusión de una sola idea, términos precisos y comunes, ausencia de adverbios o adjetivos absolutos, ausencia de la palabra “no” y de dobles negativos, fácil de responder, no amenazante ni vergonzante). Posteriormente, se evaluó la validez de contenido, en una escala de 1 a 4, respecto a la coherencia y claridad de los reactivos. Se retuvieron 45 reactivos con índices mayores. Las opciones para responder la escala fueron: Totalmente en desacuerdo (1), Muy en

desacuerdo (2), En desacuerdo (3), De acuerdo (4), Muy de acuerdo (5), Totalmente de acuerdo (6).

Procedimiento. Se efectuó una aplicación piloto de la batería a 10 participantes con características similares a los de la muestra final, con el propósito de evaluar la claridad y comprensión de los reactivos, de las instrucciones y de las opciones de respuesta. Los reactivos se mantuvieron sin cambios y el instrumento se ajustó para su aplicación final, en formato de papel y lápiz. Las investigadoras se dirigieron a los salones de la Facultad de Psicología, colaborando estrechamente con los profesores a cargo. Tras la distribución de las escalas, se concedió un periodo de 15 minutos para que los estudiantes las completaran.

Análisis de datos. Se empleó el programa SPSS, versión 20, para el análisis de los datos. En esta investigación no hubo datos perdidos, ya que las escalas que presentaron esta irregularidad fueron sustituidas por nuevas aplicaciones. Se realizó la discriminación de reactivos para determinar cuáles de ellos cumplían los criterios psicométricos para proceder con el análisis de validez y confiabilidad de la escala (distribución de frecuencias, puntajes de sesgo, índices de correlación de cada uno de los reactivos con el puntaje total de la escala). A fin de probar la estructura teórica de la escala, se efectuó un Análisis Factorial Exploratorio, con el método de factorización de ejes principales y rotación Oblimin. Con el propósito de obtener la confiabilidad de consistencia interna de la escala y las subescalas se calcularon coeficientes alfa de Cronbach. Se consideró el cálculo del “alfa si se elimina el elemento” para cada reactivo. Las puntuaciones de las subescalas y de la escala total se obtuvieron con las medias de los reactivos que las componen. Se efectuaron análisis de correlación de Pearson entre las subescalas del instrumento.

RESULTADOS. Un total de 8 reactivos tuvieron que ser eliminados al efectuar los procedimientos de discriminación de reactivos por distribución de frecuencias, por sesgo y por correlación reactivo–puntaje total. El porcentaje más alto en una de las opciones (48.1%) correspondió al reactivo 27. Los valores de sesgo oscilaron entre -.278 y 1.424. Las correlaciones reactivo-puntaje total resultaron >.35 (los índices fueron de .367 a .685). El Análisis Factorial Exploratorio (AFE) efectuado con el método de extracción factorización de ejes principales, rotación normalización Oblimin, mostró un valor de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de 0.859; la significancia de la prueba de esfericidad de Bartlett fue $p < 0.001$, ambos satisfactorios. El AFE arrojó tres factores. El porcentaje de varianza explicada por cada uno de los factores fue de 28.682, 9.114 y 7.067, en conjunto explicaron el 44.863% de la varianza total. En la Tabla 1 se muestra la solución y las cargas factoriales para cada uno de los 15 reactivos de la escala, así como la media y la desviación estándar de los puntajes promedio para las subescalas y para la escala total, los cuales se ubicaron por arriba de la media teórica. El índice de consistencia interna obtenido para la escala total fue a = .841; para la subescala económica y apoyo social, a = .845, para la subescala institucional, a = .745 y para la subescala académica, a = .722. Para ninguno de los reactivos el “alfa si se elimina el elemento” resultó mayor que el obtenido para la escala total. La correlación entre el factor económico y de apoyo social con el académico fue de r= .351; p<.001, el factor académico y el factor institucional r= .250; p<.001, y el factor económico y de apoyo social con el institucional fue de r= .328; p<.001.

Reactivos	Factores		
	Económico y de Apoyo Social	Institucional	Académico
1. Considero que los costos relacionados con la universidad son demasiado altos para mí.	.513		
19. La falta de recursos me hace dudar si seguir en la universidad es lo mejor.	.810		
25. La falta de oportunidades económicas después de la graduación hace que considere abandonar la universidad.	.657		
26. Siento que tengo que sacrificar mi educación por las necesidades de mi familia.	.665		
31. Los gastos adicionales, como el transporte y la vivienda, representan una carga financiera significativa para mí.	.658		
32. Mi familia no comprende las exigencias y presiones académicas que enfrento.	.473		
37. Mi familia no tiene las herramientas necesarias para ayudarme a sobrellevar los desafíos universitarios.	.756		
44. No cuento con redes de apoyo dentro de mi universidad.	.493		
28. La calidad de la educación que recibo en la universidad es deficiente.		.555	
39. Se ignoran las políticas para un entorno educativo seguro y positivo.		.703	
40. No me agrada el ambiente social en mi universidad.		.663	
43. Siento que la universidad no está comprometida con el éxito académico y personal de sus estudiantes.		.705	
9. Carezco de hábitos de estudio para enfrentar mis cursos.			.745
15. Suelo administrar mal mi tiempo entre clases, estudios y otras actividades.			.794
33. Me cuesta estudiar para los exámenes.			.480
	Total		
Número de reactivos	15	8	4	3
Varianza explicada	44.863	28.682	9.114	7.067
Alfa de Cronbach	.841	.845	.754	.722

Tabla 1. *Resultados del análisis factorial exploratorio de la Escala de riesgo de deserción universitaria.*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES. Finalizado el análisis psicométrico el instrumento se conforma de tres factores. Estos factores están relacionados con el análisis teórico sobre la deserción universitaria. Los factores económicos, familiar y de integración social a menudo están interrelacionados. Agruparlos permite entender cómo el entorno económico y de apoyo social afecta la experiencia y decisión de un estudiante de permanecer o abandonar la universidad. Los factores institucional y académico suelen estar claramente diferenciados de los demás factores. Separarlos permite una evaluación más precisa de las áreas que se pueden trabajar para reducir la deserción. Resultados similares fueron encontrados por Ventura-Romero et al. (2019) en la construcción y validación de una escala de deserción estudiantil universitaria, donde los 31 reactivos se organizaron en 4 dimensiones: factores socioeconómicos, factores de personalidad, factores socioculturales y factores académicos. Es crucial tener en cuenta que este estudio brinda una herramienta valiosa para profundizar en la comprensión de la problemática de la deserción universitaria. No obstante, se deben considerar las limitaciones durante la investigación, ya que, aunque la población fue apropiada, se enfoca en una sola institución. Por ello, se recomienda que

en el futuro esta escala sea adaptada y aplicada en diferentes campos educativos, examinando sus propiedades psicométricas, para lograr una visión más completa de la deserción universitaria.

REFERENCIAS

1. Álvarez-Pérez, P. R. & López-Aguilar, D. (2021). El burnout académico y la intención de abandono de los estudios universitarios en tiempos de COVID-19. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 26(90), 663-689. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14068995002
2. Amador Anguiano, J. D.; González González, C. A.; Arias Soto, M. P. & Carbajal Santillán, M. G. (2021). El entorno familiar y la deserción escolar: el caso de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad de Colima, México. Cuadernos de Trabajo Social, 34(1), 139-154. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7743625
3. Bernardo, A. B.; Esteban, M.; Cervero, A.; Tuero, E. & Herrero, F. J. (2022). Validation of the Early University Dropout Intentions Questionnaire (EUDIQ-R). Journal of Higher Education Theory and Practice, 22(10), 17-29. https://doi.org/10.33423/jhetp.v22i10.5384
4. Cetina León, A. R.; Góngora Carlo, L. F. & Domínguez Pantoja, Y. M. (2021). Situación de la Deserción escolar en el Sistema Educativo Mexicano. Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID), (20), 128-152. https://revistaic.instcamp.edu.mx/volumenes/volumen20?doc=2448-5500-icinvest-10-20-128
5. Díaz, P. & Tejedor de Leó, A. (2017). EL CADESUN. Un nuevo instrumento para analizar la deserción estudiantil universitaria. Reencuentro. Análisis de Problemas Universitarios, 28(73), 199-216. https://www.redalyc.org/journal/340/34056722012/html/
6. Effio Aguilar, M. d. R. (2023). Desempeño docente y deserción estudiantil en estudiantes de un instituto superior privado, Lima, 2023 [Tesis para obtener el grado de Maestra en Docencia Universitaria, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. https://hdl.handle.net/20.500.12692/123642
7. González-Rodríguez, D.; Vidal, J. & Vieira, M. J. (2016). Los factores sociales que influyen en el abandono escolar temprano. Psicología y Educación: Presente y Futuro. Alicante: ACIPE, 2163-2171. https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/64219
8. Magaña, M. (2002). Causas del fracaso escolar. Congreso de la Sociedad Española de Medicina del Adolescente. Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia. https://www.adolescenciasema.org/nuestros-congresos/xiii-congreso-de-la-sociedad-espanola-de-medicina-del-adolescente-de-la-a-e-p-caceres-2002/
9. Moreno, D. (2013). La Deserción Escolar: Un problema de Carácter Social. Revista In Vestigium Ire, 6, 115-124. http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/795
10. Navarro Roldan, C. P. & Zamudio Sisa, L. E. (2021). Cuestionario de Riesgo de Deserción Universitaria (CDUe) basado en el modelo ecológico. Revista Tesis Psicológica, 16(1), 244-263. https://doi.org/10.37511/tesis.v16n1a12
11. Pardo Jaime, L. (2016). Instrumento de Evaluación de Crisis de Carrera (CRICA). Revista de Psicología GEPU, 7(1), 134-145. https://hdl.handle.net/10893/19853
12. Pardo Jaime, E. L. & García Guerrero, J. K. (2018). Instrumento de evaluación de crisis en la carrera – Crica: Análisis psicométrico. Horizontes pedagógicos, 19(2), 85-90. https://doi.org/10.33881/0123-8264.hop.19204
13. Quintero Velasco, I. (2016). Análisis de las causas de deserción universitaria [Tesis de especialidad, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/6253
14. Quispe Mamani, Y.; Chura Añari, M. d. C.; Condori Callo, M. & Quispe Mamani, A. (2023). Construcción y propiedades psicométricas de la escala “School Dropout” para medir riesgos de deserción escolar en alumnos del nivel secundario de la ciudad de Juliaca. Revista Científica De Ciencias De La Salud, 16(1), 57-68. https://doi.org/10.17162/rccs.v16i1.1988
15. Rochin Berumen, F. L. (2021). Deserción escolar en la educación superior en México: revisión de literatura. RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo, 11(22). https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.821
16. Ruiz-Ramírez, R.; García-Cué, J. L. & Pérez-Olvera, M. A. (2014). Causas y consecuencias de la deserción escolar en el bachillerato: caso Universidad Autónoma de Sinaloa. Ra Ximhai, 10(5), 51-74. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46132134004

17. Ruvalcaba Gaona, I.; Barragán García, J. L. & Pesci Gaitán, A. M. (2024). Elaboración de un instrumento para conocer el nivel de riesgo de deserción en estudiantes de licenciatura. Revista digital FILHA, (30). http://www.filha.com.mx/publicaciones/edicion/2024-01/elaboracion-de-un-instrumento-para-conocer-el-nivel-de-riesgo-de-desercion-en-estudiantes-de-licenciatura-por-iliana-ruvalcaba-jaira-barragan-y-ana-pesci
18. Schmitt, J.; Fini, M. I.; Bailer, C.; Fritsch, R. & Andrade, D. F. d. (2021). WWH-dropout scale: when, why and how to measure propensity to drop out of undergraduate courses. Journal of Applied Research in Higher Education, 13(2), 540-560. https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2020-0019
19. Tinto, V. (1989). Misconceptions Mar Campus Discussions of Student Retention. The Chronicle of Higher Education, 36(1). https://www.chronicle.com/article/misconceptions-mar-campus-discussions-of-student-retention/
20. Torres-Zapata, A. E.; Rivera Domínguez, J.; Flores López, P.; García Reyes, M. d. P. & Castillo Trejo, D. A. (2020). Reprobación, síntoma de deserción escolar en licenciatura en Nutrición de la Universidad Autónoma del Carmen. RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo, 10(20). https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.602
21. Tsolou, O. & Babalis, T. (2020) The Contribution of Family Factors to Dropping Out of School in Greece. Creative Education, 11, 1375-1401. https://doi.org/10.4236/ce.2020.118101
22. Valencia Gargurevich, V. A. (2021). Variables psicológicas relacionadas con la deserción universitaria [Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Psicología, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. https://hdl.handle.net/20.500.12724/14026
23. Ventura-Romero, J. M.; Lobos-Rivera, M. E. & Gutiérrez-Quintanilla, J. R. (2019). Construcción, validación y confiabilidad de escala de medición de deserción estudiantil universitaria. Entorno, (67), 9-21. https://doi.org/10.5377/entorno.v0i67.7497
24. Viale Tudela, H. E. (2014). Una aproximación teórica a la deserción estudiantil universitaria. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 8(1), 59-75. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498573047004
25. Vries, W. d.; León Arenas, P.; Romero Muñoz, J. F. & Hernández Saldaña, I. (2011). ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. Revista de la Educación Superior, 4(160), 29-49. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60422569002

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital.

Octubre, 2024

ID: CC1024103

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTICULAS DE PEROVSKITA PARA APLICACIONES EN BIOMEDICINA

Judith Andrea García Martínez[1], María del Socorro Aguilar Hernández[1], Ricardo Morales Estrella[1], Tzarara López Luke[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1237622a@umich.mx

Palabras Clave: Nanomateriales, perovskitas, puntos cuánticos

RESUMEN. Los nanomateriales de perovskita inorgánica se emplean en el campo de la biomedicina por sus propiedades ópticas en el marcaje fluorescente de células. Este hecho depende de los distintos haluros en su composición [1]. Los haluros de plomo y cesio han demostrado mejoras en la estabilidad y movilidad [2]. La bio-conjugación de las nanopartículas de perovskitas es una alternativa para mantener al material encapsulado de factores externos y proteger las células, en el caso del bio-marcaje celular. Por ejemplo, el uso de corazas para su aplicación en pruebas de detección de cáncer mediante su internalización celular. Este procedimiento no presenta riesgos hacia los pacientes ya que no es invasivo y es de fácil extracción [3]. Las nanopartículas de perovskita de CsPbBr3 fueron sintetizadas empleando el método de inyección caliente a una temperatura de reacción de 120 °C. Dicho método consiste en la inyección rápida del precursor de oleato de cesio sobre el precursor de plomo, y la adición de agentes surfactantes a temperaturas entre 120-200°C, para posteriormente realizar un baño de hielo sobre la solución. Las nanopartículas obtenidas de CsPbBr3 fueron sometidas a un proceso de lavado por centrifugación para separar el sobrenadante del precipitado y dispersadas en hexano. Los resultados de microscopía electrónica de barrido (MEB) muestra la morfología cubica característica de las nanopartículas de perovskita CsPbBr3 bien definida con un tamaño promedio de 12 nm. El patrón de DRX indexa los planos correspondientes a la fase perovskita cubica de CsPbBr3. Así mismo la medición de espectroscopía UV-vis mostro un espectro con banda de absorción de 460 a 490 nm. En conclusión, el método de inyección en caliente sin atmósfera controlada permite la obtención de nanopartículas de perovskita de CsPbBr3, que posteriormente pueden ser bio-conjugadas para sus aplicaciones en la biomedicina. Agradecimientos [4]

INTRODUCCIÓN. Los avances tecnológicos más recientes en el área de la nanotecnología en materiales para aplicaciones biomédicas son los puntos cuánticos, caracterizados por presentar un comportamiento diferente en sus propiedades al reducir su tamaño. La luminiscencia es una propiedad de particular interés para aplicaciones en la biomedicina, por ejemplo, para el marcaje celular. Un material que puede aplicarse en este campo son los puntos cuánticos, clasificados como nanomateriales de dimensión 0 [1]. Los perovskitas inorgánicos son caracterizados por sus excelentes propiedades ópticas y por ello pueden aplicarse en el campo de la biomedicina en marcaje fluorescente de células, dependiendo de los distintos haluros en su composición [2]. Los haluros de plomo y cesio han demostrado mejoras en la estabilidad y movilidad [3]. Existe una gran variedad de métodos de obtención de los perovskitas inorgánicos, sin embargo, el método que resulta más atractivo es el método de inyección en caliente, que consiste en la inyección

rápida del precursor de cesio sobre el precursor de plomo, utilizando agentes surfactantes a temperaturas entre 130-180°C, finalizando el proceso con un baño de hielo sobre la solución [5]. Es importante señalar que la bioconjugación de los puntos cuánticos de perovskitas es necesaria para mantener al material encapsulado de factores externos y proteger las células, para posibles aplicaciones en el caso del biomarcaje celular. Una alternativa es el uso de corazas de SiO2 empleando el método de Stober [6].

ANTECEDENTES. Xu y col. emplea el método de inyección en caliente para la obtención de puntos cuánticos de CsPbBr3, utilizando oleato de cesio, octadeceno (ODE) y ácido oleico (OA), con temperatura de reacción de 120°C bajo atmósfera de N2. Posteriormente se realizó la solución de PbBr2, ODE, OA y oleilamina (OLA) a la misma temperatura en la misma atmosfera anterior hasta que el polvo de PbBr2 se disolvió por completo. La temperatura se elevó para inyectar la solución de oleato Cs(0,6 ml) rápidamente en el matraz. La mezcla se enfrió inmediatamente en un baño de agua helada. Las temperaturas se fijaron en 130, 150, 170 y 190°C. Después de la centrifugación a 10.000 rpm durante 10 min, los QD se separaron de la solución cruda. Se descartó el sobrenadante y luego el precipitado se dispersó en ciclohexano. Finalmente, la mezcla se centrifugó a 10.000 rpm durante 10 min [7].

OBJETIVO. Síntesis y caracterización de nanomateriales con estructura de perovskita.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

Reactivos: Carbonato de Cesio (Cs2CO3, 99% Aldrich), Bromuro de Plomo (PbBr2, 99% Sigma Aldrich), octadeceno (C18H36, 90% Aldrich), ácido oleico (C18H34O2, 98%), oleilamina (C18H37N, 89%), hexano (C6H14, 95%), tolueno (C6H5CH3, 99.8%), metanol (CH3OH, 99.8%), acetona (C3H6O, 95%), acetato de metilo (C4H8O, 99.8%), tert-butanol (C4H10O, 99.5%) e isopropanol (C3H8O, 70%) de Sigma-Aldrich.

Síntesis de nanopartículas: Las nanopartículas se sintetizaron por el método de inyección caliente. El método se realiza en un sistema cerrado empleando 2 matraces de 3 bocas de 50 ml. Se preparan dos soluciones por separado. Solución A: oleato de cesio compuesta de carbonato de cesio, octadeceno y ácido oleico y una Solución B: Oleato de bromo consiste de una mezcla de bromuro de plomo, octadeceno, oleilamina y ácido oleico a temperaturas de reacción en un rango de 120-200ºC (Fig. 1a). Una vez alcanzado el rango de temperaturas, se realiza la inyección de la solución A en B, seguida de un baño de hielo (Fig. 1b). Los lavados se realizaron por centrifugación empleando acetato de etilo-hexano en una relación 2:1 para remover el material orgánico remanente y posteriormente se dispersa en hexano (Fig. 1c). Las nanopartículas obtenidas se dispersan en diferentes solventes para evaluar la estabilidad y fluorescencia a temperatura ambiente.

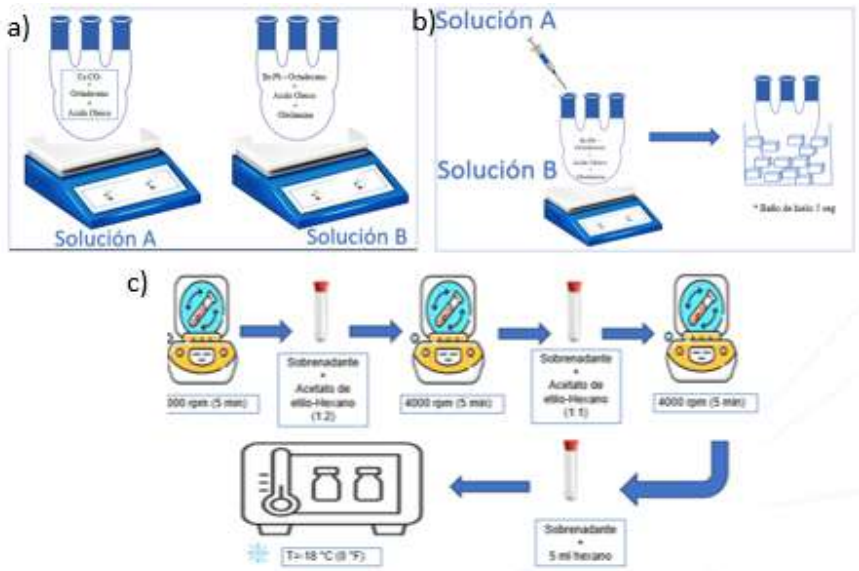


Figura 1. *Metodología de las síntesis de nanopartículas de perovskita*
a) preparación de solución A y B, b) Inyección de A en B y c) Lavados de nanopartículas.

RESULTADOS OBTENIDOS. Los experimentos realizados en las nanopartículas de perovskitas con los diferentes solventes se realizaron en el siguiente orden: tolueno, metanol, acetona, acetato de metilo, tert-butanol, etil acetato e isopropanol (Fig. 2). El inciso a) muestra las imágenes sin luz al momento en que se agregaron los solventes y en el inciso b se irradiaron las muestras con luz UV. En el inciso c se aprecian las muestras 30 días después de agregar cada uno de los solventes sin luz y con luz UV (inciso d). A simple vista se puede apreciar que el mejor resultado es con el uso del tolueno.

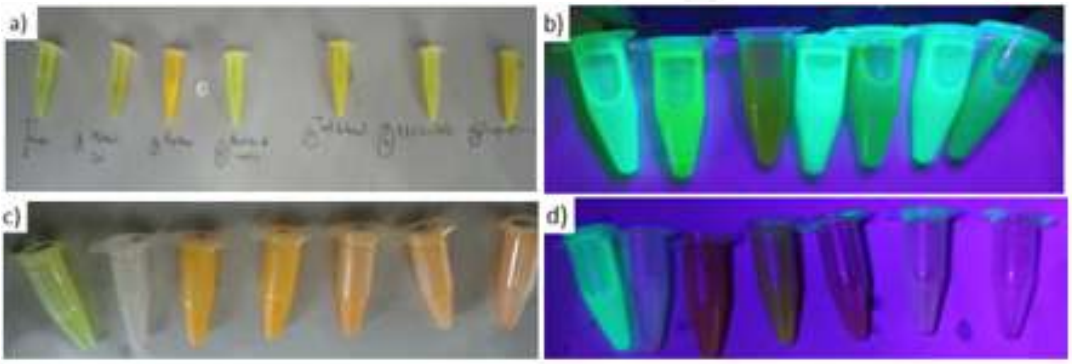


Figura 2. *Imágenes que muestran las nanopartículas de perovslkitadispersas en solventes al agregarlos a) con luz y b) con luz UV, y después de 30 días c)sin luz y d) con luz UV.*

Mediante la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido, se obtuvo el análisis del efecto del solvente sobre la morfología de las nanopartículas de perovskita (Fig. 3). Se muestran diferentes morfologías de la que ha sido reportada por otros autores que es un empaquetamiento en forma de cubos con distribución uniforme. La perdida de luminiscencia se puede atribuir al cambio de estructura por adición de solvente.

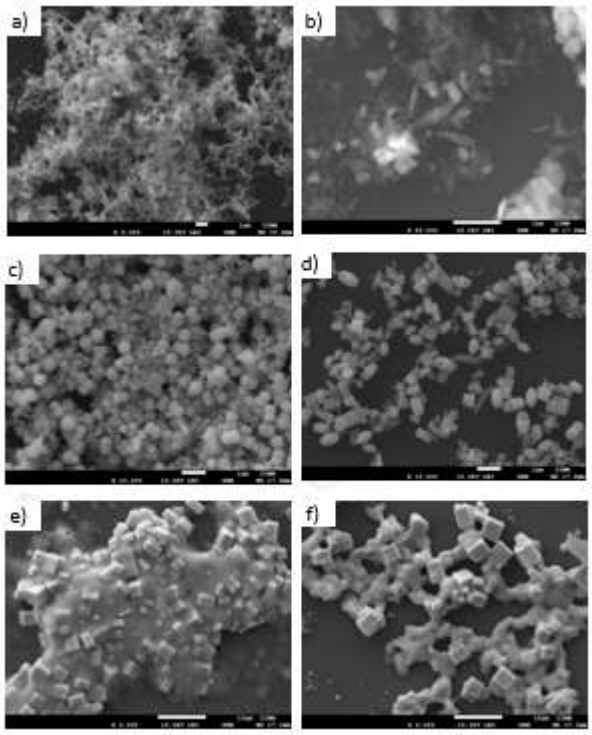


Figura 3. *Micrografías del efecto de los diferentes solventes sobre la morfología de las nanopartículas de perovskitas: a) tolueno, b) metanol, c) acetona, d) acetato de metilo, e) tert butanol y f) isopropanol.*

CONCLUSIONES. Las nanopartículas dispersas en tolueno mostraron fluorescencia bajo iluminación con luz Ultravioleta después de 30 días y por microscopia electrónica de barrido se corroboro su estabilidad en tamaño, por lo tanto, es un solvente candidato a emplearse en futuros trabajos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lopez-Luke, T., et.al. Enhanced photovoltaic performance of mesoscopic perovskite solar cells by controlling the interaction between CH3NH3PbI3 films and CsPbX3 perovskite nanoparticles. The Journal of Physical Chemistry C, (2017) 121(8), 4239-4245.
2. López-Luke, T., et al. Light-induced effects on crystal size and photo-stability of colloidal $CsPbBr_3$ perovskite nanocrystals. Materials Research Express, (2019) 6(4), 045041.
3. López-Luke, T., et al. Experimental parameters effect on the ITO/PEDOT: PSS/MAPbI3/PCBM/Ag inverted organic perovskite photovoltaic solar cell efficiency. Journal of Electronic Materials, (2023) 52(9), 5834-5842.
4. Chávez Serrano, I.J., Síntesis y caracterización de puntos cuánticos de perovskita $CsPbBr_3$ puro y dopado con EuCl3. 2022.
5. Xue, J., et al., Fabrication, photoluminescence and applications of quantum dots embedded glass ceramics. Chemical Engineering Journal, 2020. 383: p. 123082
6. Xu, F., et al., Quantum size effect and surface defect passivation in size-controlled $CsPbBr_3$ quantum dots. Journal of Alloys and Compounds, 2020. 831: p. 154834.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), a través de la beca de doctorado y al "Programa Estancias Postdoctorales por México, 2024". Al Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales de la UMSNH.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital.

Octubre, 2024

ID: CC1024105

DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE PLACAS DE VEHÍCULOS MEDIANTE VISIÓN POR COMPUTADORA

Emmanuel Ovalle Magallanes[1] , Leonardo Daniel García Hernández[2]
1 Universidad de La Salle Bajío; eovalle@lasallebajio.edu.mx
2 Instituto Tecnologico de Morelia, Campus 2; leonardogh75@gmail.com

Palabras Clave: Urbanismo, Detección Automatica, Placas Vehiculares

RESUMEN. Dentro de la ciudad moderna y urbanizada el uso de vehículos se ha vuelto una parte fundamental de la vida cotidiana, cada vez las ciudades se expanden más y más, y con el mismo crecimiento de la población hemos necesitado más y mejores caminos que nos lleven de una forma eficaz a nuestro destino, y no solo eso, la necesidad de la población para adquirir un vehículo particular a aumentado. En el año 2022 según el INEGI se registraron más 55 millones de vehículos en circulación, de acuerdo con la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), en el año 2023 fueron robados más de 61 mil vehículos asegurados, De acuerdo a los datos publicados por la Fiscalía General del Estado (FGE), de los 3 mil 802 vehículos robados en Michoacán, 979 de ellos fueron sustraídos en la capital michoacana, lo que posiciona a Morelia, como el municipio en el que más autos robados hubo durante el año pasado es por esto que, han sido necesarias más medidas de seguridad para reducir los delitos en el robo de vehículos, así como en el seguimiento de células delictivas y otros delitos llevados a cabo gracias al registro de las placas de sus vehículos. Además, en la actualidad siempre se busca de forma constante poder automatizar todo lo que nos rodea, es por eso que, otro fin para esta investigación es otorgarle a los dueños de vehículos privados un acceso más sencillo a los aparcamientos de sus trabajos, escuelas y zonas residenciales privadas.

METODOLOGÍA. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó el lenguaje de programación Python, en conjunto con la herramienta Anaconda Navigator para acceder tanto al IDE como a la línea de comandos para instalar los paquetes necesarios para la visión por computadora, se utilizó como IDE principal a Spyder, el cuál es un IDE utilizado para el análisis de datos, se utilizaron las librerías de Numpy para el manejo de arreglos de una forma dinámica y eficiente, Opencv la cuál es una librería para el procesamiento de imágenes y Sckit-image la cuál es una librería que también procesa imágenes y que nos ayudó para esta investigación para hacer las primeras pruebas, para la tarea principal del reconocimiento y lectura de caracteres se usó Pytesseract y por último la librería de Mathplotlib la cual nos a servido para graficar.

Para llevar a cabo la tarea se requiere seguir los siguientes pasos
1. Adquisición de la imagen.
2. Transformar a escala de grises la imagen.
3. Binarizar la imagen.
4. Detección de los componentes de la imagen.
5. Detección del texto de las placas.

Para comenzar con el primer paso, necesitamos una imagen de muestra de la parte trasera de un carro, a aproximadamente 90cm a la altura del abdomen, con una cámara de 64 megapixeles, para llevar a cabo la tarea tomamos la imagen y la procesamos con Opencv utilizando la función *cv2.imread*. Para llevar un estándar para el tamaño del procesamiento de las imágenes cambiamos el tamaño de la imagen a uno de 300x150 de la siguiente manera:
cv2.resize(imagen_procesada, (300,150))
La lectura de las imágenes al final va a ser de matrices de (150, 300), para este propósito nos conviene que no sea tan grande para una mejor visualización de los resultados.(Fig.1) Para el siguiente paso a continuación vamos a transformar nuestra imagen para que se convierta en una imagen en a escala de grises, esto lo hacemos para poder trabajar dentro de un solo canal dentro de una imagen, de lo contrario tendríamos que trabajar con 3 canales, algo que no nos ayudaría mucho para el filtrado de la imagen de la siguiente manera: *cv2.cvtColor(imagen,cv2.COLOR_BGR2GRAY)*.(Fig.2). Ahora lo que queremos lograr dentro de este paso es binarizar la imagen, para lograr esto se va a aplicar una convolución a la imagen con un kernel de 7x7 agregando un parámetro 0 a la función de manera que podamos encontrar una desviación estándar en función del tamaño del kernel para aplicar un suavizado Gaussiano y así podamos perder pequeños detalles de la imagen y brillos, esto nos ayudará a filtrar la imagen de la siguiente manera: *cv2.GaussianBlur(imagen_gris,(7,7),0)*.(Fig3)
A continuación aplicamos una umbralización dentro de la imagen, para esto vamos a indicarle a la función a la que llamamos que es lo que queremos que haga con la imagen, es por eso que le indicamos una umbralización con el método Otsu y otra con el método binario, de esta forma se va a escoger un método o el otro dependiendo de cual le quede mejor a la imagen de forma automática, además, le indicaremos a la función que cuando realice la umbralización va a cambiar el valor de los tonos en blanco y negro a manera de que los cambie ya sea a un blanco absoluto (255) o un negro absoluto (0); el método Otsu en realidad hace este cambio de forma automática, sin embargo, colocamos estos valores en los casos en los que no se quiera aplicar el método, además el método Otsu encuentra un rango en especifico para realizar los cambios en automático pero nosotros podemos encontrarlo usando la herramienta Mathplotlib aplanando la imagen con la función de *.ravel()* y pasando a una lista todos los valores de la imagen para que de esta forma podamos graficar un histograma y de esta forma podamos conocer en que rango los valores se repiten más, de esta forma podemos colocar un valor predeterminado dentro de la función, sin embargo, ya que tenemos la función con los parámetros incluso de seguridad ya colocados, nada de esto va a ser necesario. El resultado de lo que queremos lograr va a estar definido de la siguiente manera:
cv2.threshold(imagen_suavizada,0,255,cv2.THRESH_BINARY_INV|cv2.THRESH_OTSU)[1], la función en cuestión devuelve una tupla de dos elementos, el primero es el valor del umbral que calcula Otsu, y el segundo es la imagen ya transformada, dado que le estamos indicando el indice de una lista (el cuál es el valor de [1] después de la función), en este caso estamos tomando el segundo elemento que nos retorna.(Fig.4)
Ahora ya estamos en el paso para la detección de componentes dentro de la imagen, para este paso vamos a necesitar una función que nos ayude a detectar los componentes, por separado, la cual es: *cv2.connectedComponentsWithStats* colocamos la imagen y después la función necesita un parámetro de conectividad, en este caso definimos 4 vecinos, que toma de parámetros los objetos que se encuentren arriba, abajo, a la izquierda y a la derecha, si quisiéramos que tomara en cuenta las diagonales usaríamos un 8, pero para el experimento el número 4 está bien, después colocamos una función dentro la cuál es *cv2.CV_32S*, esta función nos ayuda para especificar las etiquetas de salida, y además que son una matriz de 32bits, la función queda así: *cv2.connectedComponentsWithStats(threshold, 4, cv2.CV_32S)*, todo

guardado en una variable, esta función nos va a dar 4 parámetros como salida, los cuales van a ser: las etiquetas totales, id´s, valores y el centroide. Todo esto lo vamos a guardar en la misma variable a la cual le asignamos la función en primer lugar.

Para el último paso de la detección del texto vamos a necesitar un lugar en donde vamos a guardar el resultado, hacemos uso de la librería de Numpy para crear un array lleno de 0´s con el tamaño de la imagen que estamos tomando de muestra, de esta forma llenaremos los valores de resultado en la imagen. Para este último paso hacemos uso de un for para cada uno de los objetos resultantes, comenzando desde 1 y terminando en el total de etiquetas que se habían encontrado, comenzamos en 1 ya que el 0 es siempre el fondo, lo que tal vez se pueda traducir a que pueda tomar toda la imagen como un solo objeto, para una mejor selección del área trabajada damos uso de lo siguiente: *values[i, cv2.CC_STAT_AREA]*, de esta forma tendremos una mejor idea de cuantos pixeles abarca cada objeto, teniendo esto como dato podemos filtrar el área para que podamos abarcar objetos ni tan grandes ni tan pequeños.(Fig.5)

A partir de este punto podemos comenzar a usar Pytesseract, colocamos una configuración para un mejor resultado el 3 en oem utiliza un modelo antiguo y nuevo combinados para el reconocimiento de caracteres, el 10 en psm se usa para cuando se esperan caracteres individuales útil para nuestra tarea, quedaría de esta manera:

custom_config = r'--oem 3 --psm 10'

Antes de la configuración, colocamos una región de interés o ROI, la cuál nos va a entregar un cuadrado de el área, el código queda como el siguiente:

roi = threshold[y1:y1+h, x1:x1+w]

después mandamos a llamar a Pytesseract para convertir una imagen a una cadena y le damos tanto el punto de interés como la configuración:

char = pytesseract.image_to_string(roi, config=custom_config)

Después lo uniremos con una lista de caracteres gracias a un *append()*, al final nos debería de dar un string que terminará impreso en pantalla.

Para una mejor comprensión visual extraemos todas las coordenadas de cada objeto, el resultado de lo esperado va a ser este:

x1 = values[i, cv2.CC_STAT_LEFT]
y1 = values[i, cv2.CC_STAT_TOP]
w = values[i, cv2.CC_STAT_WIDTH]
h = values[i, cv2.CC_STAT_HEIGHT]

Después colocaremos un punto rojo en el centroide de cada objeto:

pt1 = (x1, y1)
pt2 = (x1+ w, y1+ h)
(X, Y) = centroid[i]

Y luego colocamos un array para cada componente de forma individual:

component = np.zeros(gray_img.shape, dtype="uint8")
*componentMask = (label_ids == i).astype("uint8") * 255*

Luego nos aseguramos de que cada componente quede aislado y al final podamos tener una salida con los componentes combinados:

component = cv2.bitwise_or(component,componentMask)
output = cv2.bitwise_or(output, componentMask)(Fig6)

RESULTADOS



Figura 1 Imagen de muestra



Figura 2 Imagen en escala de grises



Figura 3 Imagen en reducción de partículas



Figura 4 Imagen umbralizada



Figura 5 componentes separados

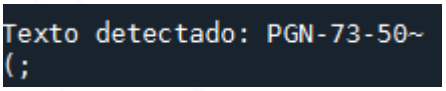


Figura 6 Resultados en Consola

CONCLUSIÓN. Esta investigación fue un muy buen acercamiento a la visión por computadora y a la detección de elementos dentro de una imagen, al experimento le faltan un par de cosas para que pueda funcionar por completo, el experimento solo se pudo concretar si todos los caracteres se identificaban como un solo objeto en una imagen que no podía ser usada como un ejemplo real, se espera que más tarde se pueda pasar este experimento a videos para finalmente poder usarlo en cámaras de video.

REFERENCIAS

1. Kipuna. (2024, April 13). Umbralización o thresholding con Python y openCV - Kipuna Ec. *Kipuna Ec*. https://kipunaec.com/umbralizacion-o-thresholding-con-python-y-opencv/
2. GeeksforGeeks. (2023, January 3). *Python OpenCV connected component labeling and analysis*. GeeksforGeeks. https://www.geeksforgeeks.org/python-opencv-connected-component-labeling-and-analysis/
3. Wikipedia contributors. (2024, April 17). *Otsu's method*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Otsu%27s_method
4. *Digital filters*. (n.d.). https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/filtops.htm#:~:text=In%20image%20processing%20filters%20are,or%20in%20the%20spatial%20domain
5. *pytesseract*. (2022, August 16). PyPI. https://pypi.org/project/pytesseract/
6. *OpenCV: Structural Analysis and shape Descriptors*. (n.d.). https://docs.opencv.org/4.10.0/d3/dc0/group__imgproc__shape.html#ga107a78bf7cd25dec05fb4dfc5c9e765f
7. 3Blue1Brown. (2022, November 18). *But what is a convolution?* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=KuXjwB4LzSA
8. *numpy.convolve — NumPy v2.0 Manual*. (n.d.). https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.convolve.html
9. De Estadística Y, I. N. (n.d.). *Parque vehicular*. https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/
10. Del Arco, L. H. (2024, March 7). Los autos más robados en México y los estados con más incidencia. *Diario AS*. https://mexico.as.com/motor/los-autos-mas-robados-en-mexico-y-los-estados-con-mas-incidencia-n/#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Asociaci%C3%B3n,2.3%25%20en%20comparaci%C3%B3n%20con%202022.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital.

Octubre, 2024

ID: CC1024106

SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE AU-GSH

Esmeralda Saaravia Guerrero[1] , Enrique Sánchez Mora[2]
1 Instituto Tecnológico Superior De Ciudad Hidalgo; n22030394@itsch.edu.mx
2. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla, Campus Valsequillo; enrique.sanchezmora@viep.com.mx

Palabras Clave: Au-NP's, Degradación, Detección, Contaminantes

RESUMEN. El consumo de recursos naturales y su procesamiento, ha llevado en gran medida al descontrol de residuos contaminantes sobre todo a nivel industrial y con ello, el deterioro de ecosistemas. Dado estas circunstancias, no hemos vuelto expuestos a daños colaterales en nuestra propia salud, y al del ambiente mismo, es por eso que por un lado, se implementan las nanopartículas de oro (Au-NP's) las cuales son muy funcionales, debido a sus enormes aplicaciones y variedad de propiedades, dependiendo en forma y tamaño. Por lo que se han visto involucradas en muchas investigaciones para su uso biomédico, eléctrico, óptico, industrial alimenticio, entre otras. Y por otro lado, el glutatión (GSH) es una pequeña molécula tripeptídica (con solo tres residuos aminoacídicos), y participa en muchos fenómenos biológicos, como la mecánica enzimática, la biosíntesis de macromoléculas, entre otros. En conjunto, obtienen propiedades únicas como la fluorescencia y alta capacidad de detección de contaminantes como el Fe3+ y Cu2+.
En este trabajo se reporta el efecto del volumen de glutatión (GSH) empleado en la síntesis de Au-NP's funcionalizadas con GSH. Se prepararon tres muestras de Au NP's mediante la reacción de HAuCl4 (0.5 ml, 0.02 M) y GSH (0.1 M, con 3 diferentes volúmenes; 0.075 (Au-GHS-1), 0.150 (Au-GHS-2) y 0.300 (Au-GHS-3) ml) e irradiándolas con luz UV. Los resultados mostraron que todas las muestras presentan una carga superficial positiva (de +2 a +8 mV), el tamaño (determinado por DLS) está entre 2 y 6 nm. La muestra de Au-GHS-2 presentó una banda plasmónica (ubicada en 360 nm) más intensa que las muestras Au-GHS-1 y Au-GHS-3. También la muestra Au-GHS-2 presentó las bandas características de emisión (430 nm) y de excitación (620 nm), mientras que las nanopartículas Au-GHS-1 y Au-GHS-3 no presentaron fluorescencia. Estos resultados muestran que es importante las condiciones de síntesis de las Au-NP's.

INTRODUCCIÓN. La Nanotecnología es un término que engloba el conjunto de ciencias y técnicas que se aplican a escala atómica, molecular y macromolecular. Particularmente encargada de sintetizar, manipular y caracterizar materiales a nano escala. Por una parte, las nanopartículas de metales nobles y, más específicamente, las nanopartículas de oro (AuNP's), exhiben excelentes propiedades físicas, químicas y biológicas, intrínsecas a su tamaño nanométrico (Auffan y col. 2009). Las nanopartículas de oro son muy funcionales, debido a sus enormes aplicaciones y variedad de propiedades, dependiendo en forma y tamaño, pero también de su síntesis. Por otra parte, el glutatión (GSH) que es una pequeña molécula tripeptídica, con grupos tiol y que participa en muchos fenómenos biológicos, como la mecánica enzimática, la biosíntesis de macromoléculas, el metabolismo intermediario y su propiedad antioxidante. Es por eso mismo que esta última propiedad se ha analizado en diferentes proyectos de investigación,

como para la visualización y detección de alta sensibilidad de Fe3+ y Cu2+ basada en NC de oro funcionalizados con glutatión (Tielong Wang, et. al).

ANTECEDENTES. Basado en artículos de interés se ha demostrado que las nanopartículas de oro como catalizadores heterogéneos están superando varios inconvenientes que enfrentan los catalizadores de oro homogéneos, especialmente, no son sensibles al aire ni a la humedad, las reacciones se pueden realizar en condiciones suaves y se puede lograr una alta selectividad incluso en reacciones complejas (Balaram S. Takale et. al). Además, en otros estudios se ha probado que estas ventajas, combinadas con su maravillosa biocompatibilidad, permiten que los GSH-AuNC se utilicen como sondas duales para Cu2+ y temperatura en células y bacterias. Todos los resultados atestiguan el alto valor de los AuNC en diversas aplicaciones biotecnológicas y biomédicas. (Lingcan Kong, et. al). Por otra parte, los NC de GSH-Au preparados mostraron una alta intensidad de fluorescencia y una alta selectividad al cobre. Donde se estudia el posible mecanismo y el proceso dinámico de extinción de la fluorescencia por ion cobre y se aplica la estrategia para la detección y comercialización de iones de cobre. Los resultados han indicado que el método propuesto es selectivo, confiable y rápido para la detección de cobre, y además, el método también podría usarse para advertir la contaminación por cobre a simple vista utilizando una prueba visual de fluorescencia (Xing-Juan Li, et. al). Conjuntamente, en estudios realizados, los GSH-AuNC se prepararon como sonda fluorescente para detectar Hg2+ y Pb2+ en función de las propiedades AIFQ y AIFE. Y los resultados se ampliaron aún más a un papel de prueba portátil, de bajo costo y reciclable basado en AuNC's, que se investigó como un sensor fluorescente para la detección selectiva de Hg2+ y Pb2+ a simple vista basado en las propiedades AIFQ y AIFE de AuNC's (Rui-Xin Bian, et. al)

OBJETIVO. Sintetizar y caracterizar las AuNP's funcionalizadas con GSH para una futura aplicación ambiental.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Analizar las propiedades físicas-químicas de las AuNP's-GSH. Analizar el impacto ambiental de las AuNP's-GSH para la detección/reducción de contaminantes del medio. Obtener Nanopartículas menores o iguales a 5nm.

MATERIALES USADOS

Tabla I. Reactivos

Reactivo	Pureza	Marca/Proveedor	Densidad	Peso molecular
$L-gutatión\ reducido$	$\geq 98\%$	$SIGMA-ALDRICH$	$160\ kg/m^3$	$307.33\ g/mol$
$HAuCl_4$	99.9%	$SIGMA-ALDRICH$	$3.9\ kg/m^3$	$339.785\ g/mol$

Tabla II. Materiales

Material	Volumen / Tamaño	Marca
Matraz Erlenmeyer	$50ml$	$Desconocida$
Vaso de precipitados	$50ml$	$Desconocida$
Agitador magnético	$Pequeño$	$Desconocida$
Parrilla de calentamiento	$Estándar$	$Corning\ PC-420D$
Micropipeta	$1ml$	$Desconocida$

Tabla III. Equipo

Instrumento / Equipo	Marca
Espectrómetro de Fluorescencia	Cary eclipse FL0G04M013
UV-VIS	Cary 100 Scan
DLS/Potencial Z	ZETASIZER Nano-ZS90

METODOLOGÍA.

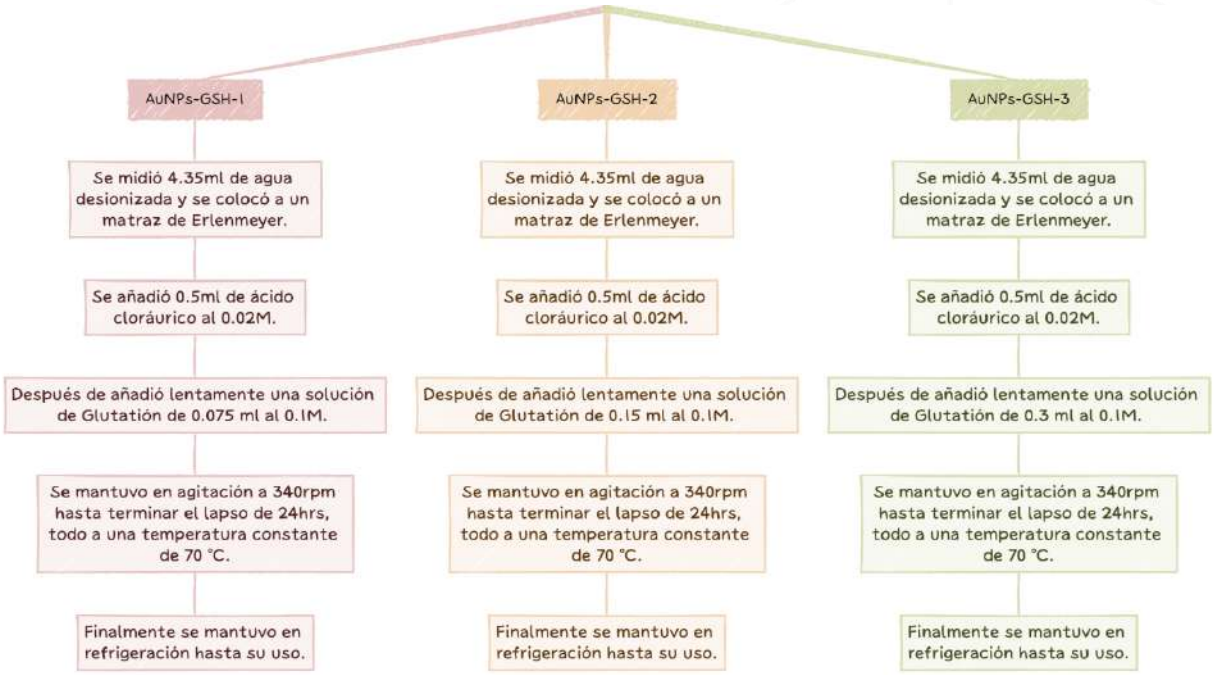
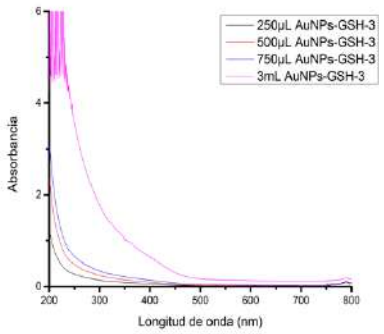


Figura 1. *Síntesis de AuNP's.*

RESULTADOS.

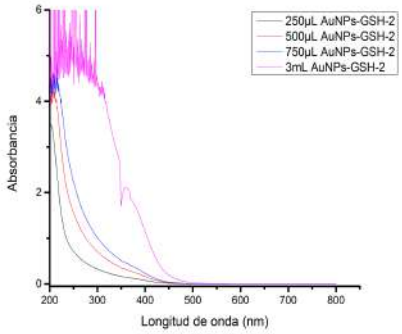
Espectros de absorción en UV-VIS de las AuNPs-GSH-1, AuNPs-GSH-2, AuNPs-GSH-3, con diferentes volúmenes de AuNPs-GSH:

c) AuNPs-GSH-3



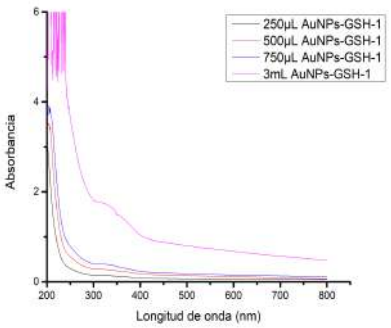
FigI. donde; Abs1: 3ml H_2O + 250µl AuNPs-GSH-1, Abs2: 3ml H_2O + 500µl AuNPs-GSH-1, Abs3: 3ml H_2O + 750µl AuNPs-GSH-1, Abs4: 3ml AuNPs-GSH-1

b) AuNPs-GSH-2



FigII.AuNPs-GSH-2. donde; Abs1: 3ml H_2O + 250µl AuNPs-GSH-2, Abs2: 3ml H_2O + 500µl AuNPs-GSH-2, Abs3: 3ml H_2O + 750µl AuNPs-GSH-2, Abs4: 3ml AuNPs-GSH-2.

a) AuNPs-GSH-1



FigIII. donde; Abs1: 3ml H_2O + 250µl AuNPs-GSH-3, Abs2: 3ml H_2O + 500µl AuNPs-GSH-3, Abs3: 3ml H_2O + 750µl AuNPs-GSH-3, Abs4: 3ml AuNPs-GSH-3.

Fluorescencia

a) Emisión

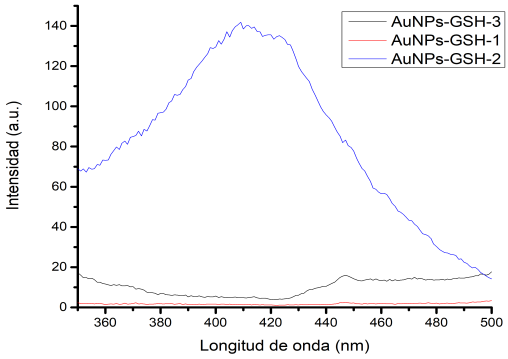


Fig.IV Espectro de emisión a 610 nm de excitación, en donde; AuNPs-GSH-1, AuNPs-GSH-2, AuNPs-GSH-3, fueron tomadas con 3.5ml de muestra.

b) Excitación

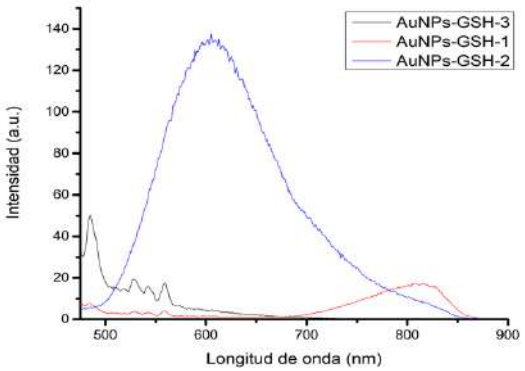


Fig.V Espectro de excitación a 410 nm, en donde; AuNPs-GSH-1, AuNPs-GSH-2, AuNPs-GSH-3, son a 3.5ml de muestra.

DLS:

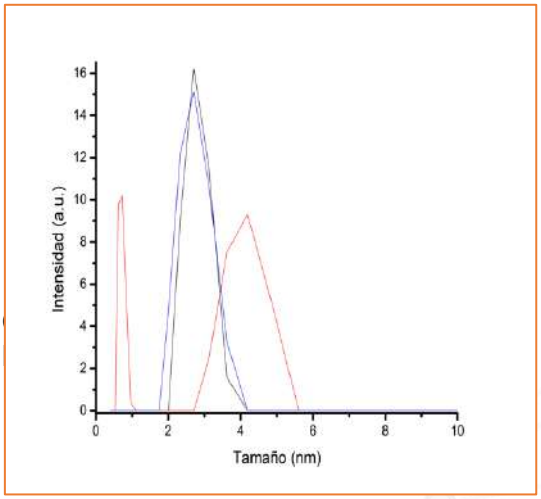


Fig.VI Tamaño de las NP's obtenidas en un rango de 1-5nm aprox.

Potencial Z:

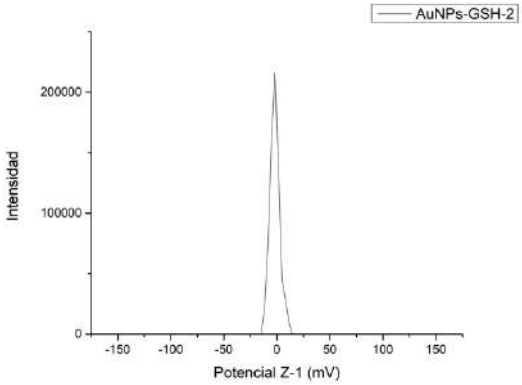


Fig.VII Carga superficial neutra en muestra estándar.

\CONCLUSIÓN. Dado los resultados anteriores, se obtuvieron AuNPs funcionalizadas con Glutatión de tamaños menores 5nm, con una carga superficial positiva y neutra. La AuNPs-GSH-2 preparadas con 0.15ml de GSH, presentó fluorescencia, mientras que las otras muestras no. Por tanto, es importante el volumen y la concentración de GSH empleado para la síntesis. Sin embargo, es importante mejorar el método de síntesis utilizado en este proyecto, y considerar variables como la temperatura y la velocidad de agitación, para obtener mejores muestras y aumentar la intensidad de fluorescencia.

REFERENCIAS

1. Bian, R.-X., Wu, X.-T., Chai, F., Li, L., Zhang, L.-Y., Wang, T.-T., Wang, C.-G., & Su, Z.-M. (2017). Facile preparation of fluorescent Au nanoclusters-based test papers for recyclable detection of Hg2+ and Pb2+. Sensors and Actuators. B, Chemical, 241, 592–600. https://doi.org/10.1016/j.snb.2016.10.120
2. (S/f). Researchgate.net. Recuperado el 20 de junio de 2024, de https://www.researchgate.net/publication/337850438_Visualization_and_high_sensitivity_detection_of_FE3_and_CU2_based_on_glutathione_functionalized_gold_nanoclusters
3. Chen, Y.-S., & Kamat, P. V. (2014). Glutathione-capped gold nanoclusters as photosensitizers. Visible light-induced hydrogen generation in neutral water. Journal of the American Chemical Society, 136(16), 6075–6082. https://doi.org/10.1021/ja5017365
4. From Aggregation-Induced Emission of Au(I)−Thiolate Complexes to Ultrabright Au(0)@Au(I)−Thiolate Core−Shell Nanoclusters. (s/f).
5. Highlyselective visual sensingofcopperbasedonfluorescenceenhanced glutathione-Au nanoclusters. (s/f).
6. Kong, L., Chu, X., Ling, X., Ma, G., Yao, Y., Meng, Y., & Liu, W. (2016). Biocompatible glutathione-capped gold nanoclusters for dual fluorescent sensing and imaging of copper(II) and temperature in human cells and bacterial cells. Mikrochimica Acta, 183(7), 2185–2195. https://doi.org/10.1007/s00604-016-1854-z
7. glutathione-capped gold clusters and their light-harvesting capacity. Journal of the American Chemical Society, 136(31), 11093–11099. https://doi.org/10.1021/ja505361n
8. Tian, D., Qian, Z., Xia, Y., & Zhu, C. (2012). Gold nanocluster-based fluorescent probes for near-infrared and turn-on sensing of glutathione in living cells. Langmuir: The ACS Journal of Surfaces and Colloids, 28(8), 3945–3951. https://doi.org/10.1021/la204380a

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124103

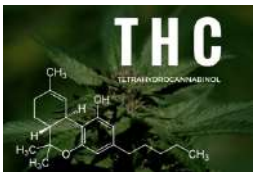
RIESGO DE SALUD PUBLICA EN EL AUMENTO EN EL CONSUMO DE NARCOTICOS EN EL PERIODO POSTPANDEMIA EN MICHOACAN

Gutiérrez Fernández Mario-Javier [1,2], Leyva Martínez Daniela Del Rosario[2], Carro Pinzón Manuel Alejandro[2], Arguello Correa Leticia[2].

Palabras Clave: Toxicomanía, Pandemia, drogas de abuso, Riesgo.

RESUMEN. Los hábitos de uso narcóticos en México mantiene una tendencia que sigue incrementándose, la etapa de post-pandemia de Covid-19 en la información que reportamos el consumo y lo que es más preocupante, el uso combinado de dos de los más accesibles narcóticos que se tienen disponibles por la población Michoacana, el uso y consumo de marihuana en E.U, actualmente 20 de los 50 estados, su posesión y uso es legal con fines lúdico, la metanfetamina por otro lado continua su popularidad gracias a se sintetiza de manera artesanal, con bajos costos y con producción de mediana a gran escala en laboratorios clandestinos, para los consumidores que buscan estimular su SNC, al utilizar ambos de manera asincrónica es de pronóstico reservado y genera una condición de riesgo a la salud pública de Michoacán. El uso de dos antagonistas de SNC predispone una sobre vida del consumidor de alto riesgo vascular cerebral. El monitoreo de drogas de abuso se realizó en una población aleatoria mediante consentimiento por escrito de personas de ambos sexos que fueron sujetos a petición de la autoridad civil y se reserva la discrecionalidad. El estudio estadístico prospectivo resultante se generó de los registros de la Unidad de Química y Genética Forense de la FGE Michoacán. La tendencia de uso de THC/ANF en este año presenta la resultante de 14%, sin embargo, el uso de anfetamina se mantuvo en un 32% y solo 7% para marihuana, un cambio significativo del uso combinado ya que el 2023, se reportó 44%, 2022: 30%, 2021: 26% y 2020: 40%, y con estos datos nos permiten aportar de nueva cuenta el riesgo de consumo de ambos narcóticos y su consecuencia en la sobrevida de los consumidores y su derecho a ser informados como problema de salud pública.

INTRODUCCIÓN. Según la encuesta nacional de adicciones realizada en la década pasada en un estudio aleatorio probabilístico y polimetálico en el país la mayor droga de abuso que se consume es la marihuana.[1] La marihuana o Cannabis sativa es una planta con propiedades psicoactivas. El sistema del hedonismo media la sensación de placer. Como la mayoría de las drogas, la marihuana incrementa la función de este sistema. Esta activación aumenta la liberación de un neurotransmisor. Afecta directamente los receptores (moléculas de la superficie de las neuronas a las que se unen los neurotransmisores). Los receptores que median los efectos de la marihuana se llaman cb1. Las neuronas los fabrican no para que la marihuana los active, sino para que los activen sustancias que el cerebro fabrica internamente, y que llamamos “marihuanas endógenas”, o más técnicamente, endocannabinoides. La marihuana causa percepciones alteradas (por



ejemplo, ver colores más brillantes), cambios en el sentido de ánimo, falta de coordinación motriz. [2]

igura 1. *Molécula y plantas de Cannabis sativa. Fuente: http://derechocannabico.com/el-thc-surge-como-posible-paladin-contra-el-covid-19.*

El uso de la Metanfetamina se encuentra entre las sustancias de abuso más más utilizadas en el mundo, solo superadas por *Cannabis sativa*.[9] Las anfetaminas son aminas simpatomiméticas de fórmula química estructural semejante a la adrenalina, las anfetaminas y sus similares constituyen un gran número de drogas estimulantes centrales. Actúan como estimulantes al liberar epinefrina y norepinefrina de las glándulas adrenales y el sistema nervioso central. Los incrementos resultantes son el aumento en el ritmo cardiaco, presión arterial, niveles de glucosa y ácidos grasos, acompañados por aumento de la tensión muscular y de los impulsos nerviosos, todos bombardean al tronco encefálico. El efecto de las anfetaminas sobre el sistema límbico y el hipotálamo parece ser el responsable de muchos de los síntomas de aceleración, incluida la pérdida de apetito, el insomnio, la sed y la hipersexualidad. [3] Las anfetaminas tienen un mecanismo de acción que involucra a varios neurotransmisores como son la dopamina, la serotonina, la adrenalina y la noradrenalina. El aumento de la concentración del neurotransmisor en el espacio sináptico se produce tanto por bloqueo de la receptación, en un mecanismo similar al de la cocaína, pero con un punto de fijación diferente, como por aumento de la liberación. Aumenta las concentraciones extracelulares de serotonina por desplazamiento del neurotransmisor de su transportador pre sináptico específico. Cuando la anfetamina se une a los transportadores de serotonina, por una parte, evita que esta pueda entrar en el terminal y por otra invierte el mecanismo de recaptura de modo tal que la serotonina sale al espacio sináptico. Las anfetaminas también facilitan la liberación de noradrenalina al ser transportadas hasta las terminaciones nerviosas por el mecanismo de receptación Una vez en las terminaciones nerviosas son captadas por el transportador vesicular a cambio de noradrenalina, que se escapa al citosol. A nivel del sistema nervioso central, las anfetaminas producen sensación de alerta, estimulación, mejoría del rendimiento intelectual y de la ejecución de tareas manuales, sensación de energía, disminución del cansancio, del sueño y del hambre. [4]



Figura 2. *Cristales de metanfetamina. Fuente: The National Institute on Drug Abuse's (NIDA's)*

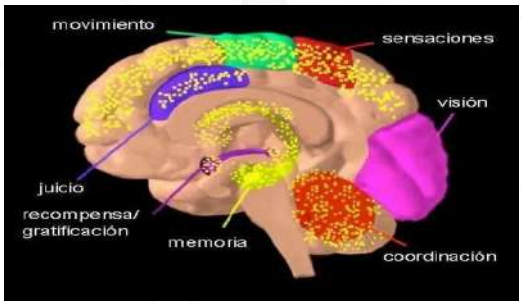


Figura 3. *Areas funcionales del cerebro Fuente: The National Institute on Drug Abuse's (NIDA's)*

ANTECEDENTES. Según la National Institute Of Drogues Abuse (NIH) la marihuana esta reportada como una droga de inicio que promueve la utilización de otras drogas de mayor intensidad, los efectos que produce son directamente afectando el sistema nervioso central con los siguientes efectos: controla el apetito a nivel del hipotálamo, disminuye el estado de ansiedad, la capacidad cognitiva, la integración de memoria y capacidades motoras, en

esencia se comporta como un depresor de sistema nervioso central.6 Por otro lado la metanfetamina en general se comporta como una estimulante aumentando la presión arterial, frecuencia cardiaca, el consumidor experimenta euforia y una liberación de energía temporal.[6] La evidencia anecdótica sugiere que la marihuana puede compensar algunos efectos subjetivos desagradables de la metanfetamina como la ansiedad y la paranoia. Lo que plantea la posibilidad de que su ingesta simultánea pueda tener efectos sinérgicos con respecto al desarrollo de manifestaciones psicóticas.[9]

METANFETAMINA	MARIHUANA
Estimulante del SNC	Depresor del SNC
Euforia prolongada	Problemas de aprendizaje
Aumenta la liberación de dopamina y bloquea su absorción	Alteración de los sentidos (por ejemplo, los colores se ven más brillantes)
Disminución de apetito	Problemas de coordinación y equilibrio
Aumento de presión arterial	Debilitamiento de la memoria
Aumento de la vigilia y la actividad física	Lentitud en respuestas motoras
Disminución del apetito	Alteración de la percepción del tiempo
Ritmo cardíaco rápido o irregular	Cambios en el estado de ánimo
Presión arterial y temperatura corporal elevadas	Limitación de la movilidad corporal

Tabla 1. *Efectos de la metanfetamina y marihuana*

MATERIALES Y MÉTODOS. Las determinaciones de identificación de drogas de abuso se realizaron en una población aleatoria mediante consentimiento por escrito que fueron sujetos a petición de la autoridad judicial competente y que para fines de confidencialidad se resguarda su identidad y su estatus jurídico, realizado en las instalaciones de la unidad de química y genética forense de la fiscalía general del estado de Michoacán.

Etapa preanalítica. El protocolo de muestreo se realiza según las medidas señaladas por el procedimiento para la identificación de metabolitos de drogas de abuso, posterior al consentimiento de la persona sujeta al análisis, debidamente identificada y etiquetada mediante la asignación de: Clave interna de la Muestra (CIM) la cual es única e irrepetible con la finalidad de realizar el análisis solicitado y garantizar el cumplimiento del procedimiento (trazabilidad e imparcialidad, entre otros) y de la norma a la cual se apega la unidad de química y genética forense. Se recolectan en un volumen de muestra de orina aproximadamente de 50 a 55 mililitros en un recipiente estéril de plástico como única muestra. Etiquetando éste con el nombre de la persona, fecha, hora y Numero Único de Caso. Posterior a la recolección de la muestra biológica se le identifica con Clave interna de la Muestra (CIM) y se procede al registro en la bitácora de turno del laboratorio de química forense, donde se integran datos sobre la identidad y el solicitante del análisis y posteriormente el resultado.

Etapa analítica. Con la finalidad de determinar la identificación de metabolitos de drogas de abuso se utilizan como elementos analíticos las siguientes técnicas:

a) El Panel de Drogas en Orina Instant-View es un inmunoensayo cualitativo.
b) Técnica de inmunoensayo enzimático homogéneo para el análisis de la identificación de metabolitos de drogas de abuso. (EMIT)
c) Cromatografía en capa fina (CCF).
d) Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS)

RESULTADOS. El año 2024, en el periodo enero–julio del 2024 se realizaron 1145 determinaciones de identificación de metabolitos de drogas de abuso en fluidos biologicos provenientes de una poblacion heterogenica con los siguientes datos: 80 positivos a marihuana, 366 a anfetaminicos, y 161 a ambos narcoticos, representando 7%, 32% y 14% repectivamente.

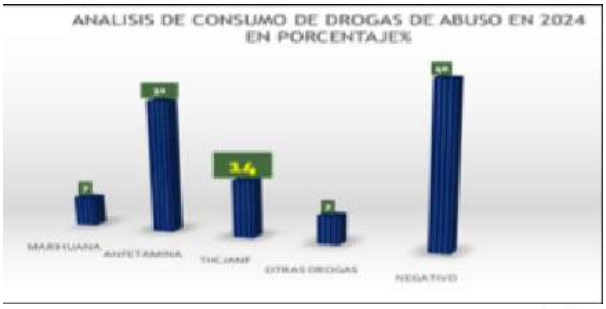


Gráfico 1. *Distribución de consumo de Drogas de abuso del total en porcentaje de casos positivos de drogas del año 2024. total de 1145 ensayos*



Gráfico 2. *Tendencia de consumo de marihuana y anfetamina en los años durante la pandemia de COVID-19 mostrado desde el año 2020 hasta el 2024.*

CONCLUSIONES. La tendencia de uso de THC/ANF en este año presenta la resultante de 14%, sin embargo, el uso de anfetamina se mantuvo en un 32% y solo 7% para marihuana, un cambio significativo del uso combinado. Vinculante al monitoreo de caso positivos de uso combinado de THC/ANF los datos estadisticos encontrados arrojan un valor de 23% para el presente año, en años previos se reportó para el 2023: 44%, 2022: 30%, 2021: 40%, y 2020: 26% con estos datos nos permiten aportar de nueva cuenta el riesgo de consumo de ambos narcóticos y su consecuencia en la sobrevida de los consumidores y su derecho a ser informados como problema de salud pública. La marihuana es la droga de mayor consumo en México, produce efectos depresores en el sistema nervioso central causando falta de coordinación motriz alteraciones en el estado de ánimo, etc.; a su vez promueve la utilización de otras drogas como las anfetaminas que son estimulantes del sistema nerviosos central teniendo como efectos la disminución de cansancio, sueño, aumento en la energía, etc. Ya que la marihuana puede compensar algunos efectos de las anfetaminas como la ansiedad y la paranoia, se plantea que el consumo simultáneo pueda tener efectos sinérgicos a mediano y largo plazo con respecto al desarrollo de manifestaciones psicóticas y pronostico muy critico a nivel del sistema cardiovascular por ser blanco de actividades de regulan la presion arterial, frecuencia cardiaca entre otros, cuyos organos blanco son el encefalo y el corazón.

REFERENCIAS.

1. Villatoro, jorge et al; el consumo de drogas en méxico: resultados de la encuesta nacional de adicciones, 2011. Salud ment [online]. 2012, vol.35, n.6, pp.447-457. Issn 0185-3325. Https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/65_1/pdf/marihuana.pdf
2. P. Robledo. Las anfetaminas. 2008. Trastornos adictivos. Universidad pompeu fabra e imim. Barcelona. España;10(3):166-74. Https://www.dw.com/es/avanza-iniciativa-para-regular-consumo-de-marihuana-en-méxico/a-5559861
3. P. Robledo. Las anfetaminas. 2008. Trastornos adictivos. Universidad pompeu fabra e imim. Barcelona. España;10(3):166-74.
4. Nida. 2020, junio 3. ¿cuáles son los efectos inmediatos (a corto plazo) del consumo indebido de metanfetamina?. Retrieved from https://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/serie-de-reportes/abuso-y-adiccion-la-metanfetamina/cuales-son-los-efectos-inmediatos-corto-plazo-del-abuso-de- en 2021, may 17.

5. G. Torres. Efectos de la marihuana en la cognición: una revisión desde la perspectiva neurobiológica. Revista perú med exp salud pública. 2012; 29(1):127-34.
6. Mario antonio vargas aguilar. (2015). Estudio de marcadores biológicos de drogas de abuso : utilidad médico-laboral. Tesis doctoral universidad complutense de madrid facultad de medicina tesis doctoral memoria para optar al grado de doctor presentada por mario antonio vargas aguilar director: fernando bandrés moya madrid, 2015 © mario antonio vargas aguilar, 1996 estudio de marcadores biológicos de drogas de abuso : utilidad médico-laboral departamento de toxicología y legislación sanitaria, unico, 219. 2015, de https://eprints.ucm.es/id/eprint/53848/1/5321353117.pdf base de datos.
7. Joel eduardo león hernández. (2020). Validación del método de inmunoensayo enzimático emit para la identificación de drogas de abuso (tetrahidrocannabinol, cocaína benzodiacepinas y anfetaminas) en sangre.. Tesis universidad autónoma del estado de méxico facultad de química, unico, 109.2020,defile:///c:/users/hp/downloads/tesis%20joel%20eduardo%20le%c3%b3n%20hern%c3%a1ndez .pdf base de datos.
8. Interactions of cannabis and amphetamine-type stimulants springer link https://link.springer.com

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124104

EFECTO DE LA CARGA DE NANOPARTÍCULAS DE HfO2 DOPADAS CON Mn DEPOSITADAS SOBRE EL MCM-41 SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA ADSORCIÓN DE AZUL DE METILENO EN SOLUCIÓN ACUOSA

Saúl Gálvez Barbosa
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

Palabras Clave: HfO2 dopado con Mn, MCM-41, Nanopartículas, Adsorción.

RESUMEN. En este trabajo se presenta el efecto de la carga de las nanopartículas (NPs) de HfO2 dopadas con Mn (HfO2:Mn) depositadas sobre el material mesoporoso MCM-41 (HfO2:Mn/MCM-41) sobre sus características estructurales, morfológicas y su evaluación de la adsorción del azul de metileno (AM) en solución acuosa. Las NPs de HfO2 y HfO2:Mn con un 0, 2.5 y 10 % en peso de Mn se prepararon mediante el método Pechini, mientras que los materiales MCM-41 y HfO2:Mn/MCM-41 con una carga de NPs del 2.5 % en peso se prepararon por la ruta sol-gel. El análisis estructural por difracción de rayos X y espectroscopía FT-IR reveló que las NPs de HfO2:Mn presentaron una transformación de fase desde monoclínica a tetragonal. En cambio, el MCM-41 presentó una fase amorfa y las muestras de HfO2:Mn/MCM-41 mostraron la combinación de las fases presentes en las NPs y el MCM-41. El análisis morfológico por microscopía electrónica de barrido mostró que los materiales del MCM-41 y HfO2:Mn/MCM-41 estaban compuestos por partículas esféricas con tamaños mayores a los 100 nm. Por otra parte, por microscopía electrónica de transmisión se reveló que el MCM-41 y HfO2:Mn/MCM-41 estaban conformado por partículas esféricas porosas, y adicionalmente, en el material compuesto se logró apreciar partículas aglomeradas de forma esférica con tamaños inferiores a 5 nm, correspondientes a las NPs de HfO2:Mn. La evaluación de la adsorción se llevó acabo para distintas concentraciones de AM en solución de 30, 20, 10, 5 y 3 mg/L. Las isotermas de adsorción se ajustaron al modelo de Langmuir. En cambio, la velocidad de adsorción del AM sobre los materiales se evaluó mediante el modelo de segundo orden. Finalmente, las mejores características de adsorción fueron para la muestra HfO2:12.5 % en peso de Mn/MCM-41, siendo un buen candidato para la remoción de contaminantes en agua.

INTRODUCCIÓN. El tratamiento de las aguas residuales formadas por diferentes industrias, especialmente los procesos de teñido, representa un proceso obligatorio para salvar de la contaminación los recursos de agua dulce críticamente limitados. Los tintes residuales infligen un grave peligro para el medio ambiente, especialmente si se descargan en los recursos hídricos sin tratamiento. Esto se debe a que los tintes son lentamente biodegradables debido a sus complejas estructuras moleculares, lo que los hace más estables y resistentes a la biodegradación y también a la fotodegradación. El agua contaminada con colorantes puede provocar efectos nocivos para la salud, como vómitos, cianosis o hemólisis (Pauly et al., 2002). Por lo tanto, se realizan muchos esfuerzos para eliminar de manera efectiva los colorantes catiónicos de las aguas residuales. En general,

se han utilizado una variedad de técnicas que incluyen coagulación, floculación, separación por membrana y adsorción para eliminar colorantes orgánicos. Entre estas variadas técnicas, la ruta de adsorción combina las ventajas del diseño práctico, la regeneración y la aplicación rentable. Una eliminación de adsorción exitosa abarca algunos aspectos importantes que el adsorbente debe cumplir, tales como: alta capacidad de adsorción, reactividad, cinética rápida y alta selectividad por los adsorbatos. Se han aplicado numerosos materiales sólidos que incluyen arcillas, polímeros funcionales, carbón activado y subproductos para adsorber tintes de aguas residuales. Sin embargo, la baja capacidad de adsorción y la falta de recuperación de la mayoría de los adsorbentes limitan sus aplicaciones en la eliminación de colorantes, especialmente a altas concentraciones. El alto costo de algunos adsorbentes como el carbón activado también dificulta sus amplias aplicaciones prácticas. La sílice mesoporosa (MCM-41) y la zeolita se aplican de forma muy eficaz para eliminar los riesgos catiónicos. El uso de estos materiales principalmente se utiliza por su buena homogeneidad de los poros, alta área superficial y buena estabilidad térmica. Además, de acuerdo a lo reportado en la literatura, la capacidad de adsorción suele mejorarse incorporando grupos funcionales en las paredes de estos materiales o por depósito de especies activas en la superficie interna del material. Basado en esto, este trabajo se llevó a cabo la síntesis y caracterización de NPs de HfO2 y HfO2:Mn, el MCM-41 y los materiales compuestos HfO2/MCM-41 y HfO2:Mn/MCM-41, con la finalidad de poder observar la capacidad de adsorción sobre el azul de metileno (AM).

ANTECEDENTES. Algunos trabajos relacionados con la formación de materiales compuestos a base de NPs/MCM-41 para la adsorción de contaminantes en agua han sido reportados en la literatura. Por ejemplo, (Salviano et al., 2018), reportaron la obtención de NPs de óxidos de hierro soportadas sobre el MCM-41 empleando la ruta denominada surfactantes catiónicos. Dichos materiales fueron aplicados para la adsorción de amoxicilina en soluciones acuosas. En otro trabajo, (Samadi-Maybodi et al., 2011a), reportaron la incorporación de NPs de níquel (Ni) dentro de los canales del MCM-41 mediante un método in situ. Dichos materiales fueron aplicados para la adsorción de sulfuro en solución acuosa. En otro estudio, (Samadi-Maybodi et al., 2011b), reportaron la incorporación de NPs de óxido de níquel (NiO) en el MCM-41 empleando la ruta de coprecipitación. Dichos materiales fueron aplicados para la adsorción de colorantes en solución acuosa. Finalmente, (Ibrahim et al., 2021), reportaron la síntesis de óxido de zirconio (ZrO2) soportado en el MCM-41 empleando la técnica de impregnación. Dichos materiales fueron aplicados para la adsorción del AM.

OBJETIVO. Sintetizar y caracterizar NPs de HfO2 y HfO2:Mn, MCM-41, y materiales compuestos HfO2/MCM-41 y HfO2:Mn/MCM-41 para su evaluación de la capacidad de adsorción del AM.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Síntesis de las NPs de HfO2 y HfO2:Mn, material MCM-41 e inserción de las NPs de HfO2 y HfO2:Mn sobre el MCM41. La síntesis de las NPs de HfO2 y HfO2:Mn se llevó a cabo empleando el método Pechini, de acuerdo a lo reportado por (González et al., 2020). Por otra parte, la síntesis del MCM-41 se llevó a cabo empleando el método de sol-gel de acuerdo con lo reportado por (Zhang et al., 2005). Para la inserción de las NPs de HfO2 y HfO2:Mn se utilizó una carga de NPs del 2.5 %, empleando una concentración % en peso

de metales Hf + Mn mencionado en la sección de la síntesis de las NPs de HfO2 y HfO2:Mn y las relaciones molares de reactivos para la obtención del MCM-41 mencionado en la sección de la síntesis del MCM-41. Para generar la inserción de las NPs del HfO2:Mn en el MCM-41 (HfO2:Mn /MCM-41) se llevó a cabo de la siguiente manera: primero, las NPs de HfO2:Mn (2.5 % de carga) se les agregó 5 ml de agua desionizada y se sometieron a un baño ultrasónico por un tiempo aproximado de 10 minutos para generar la dispersión de las NPs. Al mismo tiempo, se preparó el soporte MCM-41, donde cierta cantidad de CTAB se disolvió en 10 ml de agua desionizada. Consecuentemente, a la solución anterior se le agregó la cantidad necesaria de una solución al 30 % de NH4OH y se mantuvo en agitación por 8 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se adicionó gota a gota la cantidad adecuada de TEOS y se mantuvo en agitación por 5 minutos, y consecuentemente, se le agregó las NPs preparadas anteriormente y se dejó agitando durante 24 horas. Una vez terminado el tiempo de agitación, la solución se lavó con agua desionizada y se filtró empleando papel filtro y una bomba de vacío, realizando un total de 5 ciclos de lavado. Finalmente, los polvos fueron tratados térmicamente a 550 °C por 7 horas.

RESULTADOS. En la **Fig. 1** se muestran (a) los espectros FT-IR y (b) patrones de DRX del MCM-41 y los materiales HfO_2/MCM-41 y HfO_2:Mn/MCM-41. En el espectro de la muestra MCM-41 presenta un modo vibracional a 448 cm^{-1}, el cual es atribuido a la flexión tetraédrica del Si-O, también se puede observar modos a 804, 1072 y 1227 cm^{-1} los cuales, son asignados a modos de estiramiento asimétricos internos y externos del Si-O. Además, de modos vibracionales a 962 y 1633 cm^{-1} corresponde a vibraciones deformadas del Si-OH de las moléculas adsorbidas. De igual manera, en los espectros de las demás muestras se logran apreciar lo mismo modos vibracionales mencionados anteriormente para la muestra MCM-41, sin embargo, se encuentran desplazados debido al anclaje de las NPs. En el patrón de DRX de la muestra del MCM-41 se observa un pico intenso a 3° 2θ, lo que podría indicar que el material es amorfo. Por otra parte, en el patrón de DRX de la muestra MCM-41/Hf100 se observa la fase amorfa del MCM-41 y reflexiones correspondientes de la fase *m*-HfO_2. En los patrones de DRX de las demás muestras se observa la disminución de intensidad de las señales de la fase *m*-HfO_2 conforme incrementa la concentración de Mn, lo que podría indicar la transformación a la fase *t*-HfO_2.

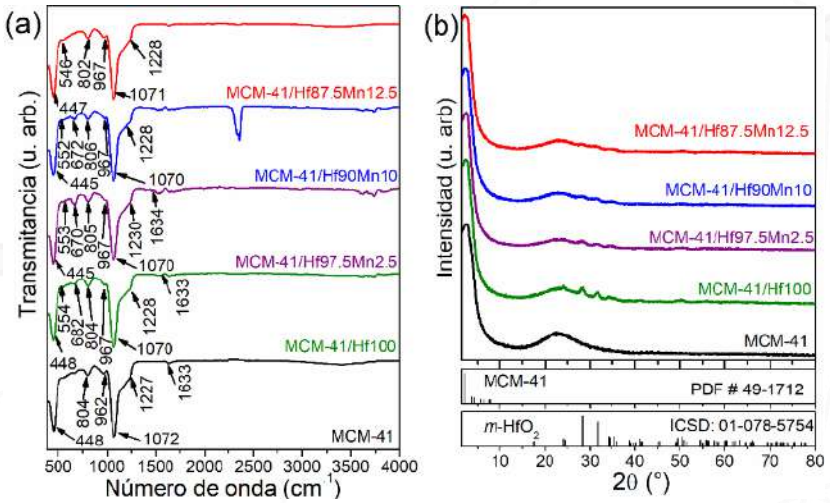


Figura 1. *(a) Espectros FT-IR y (b) patrones de DRX del MCM-41 y los materiales HfO_2/MCM-41 y HfO_2:Mn/MCM-41.*

En la **Fig. 2** se muestran las imágenes de MEB-EC y mapeo químico elemental de las muestras (a) MCM-41 y (b) material Hf87.5Mn12.5/MCM-41. En la **Fig. 2** (a) de la muestra del MCM-41 se observan partículas de tamaños menores a los 100 nm con morfología esférica. En el análisis del mapeo químico elemental de esta muestra, se puede observar la buena distribución del Si y O en toda la muestra. Por otra parte, en la **Fig. 2** (b) de la muestra Hf87.5Mn12.5/MCM-41 se observan partículas memores a lo 80 nm con morfología esférica. En el análisis del mapeo químico elemental de esta muestra se observa la buena distribución del Si y O correspondientes al MCM-41 y además, la identificación de los elementos de Hf y Mn, lo que indica la incorporación de las NPs en el MCM-41.

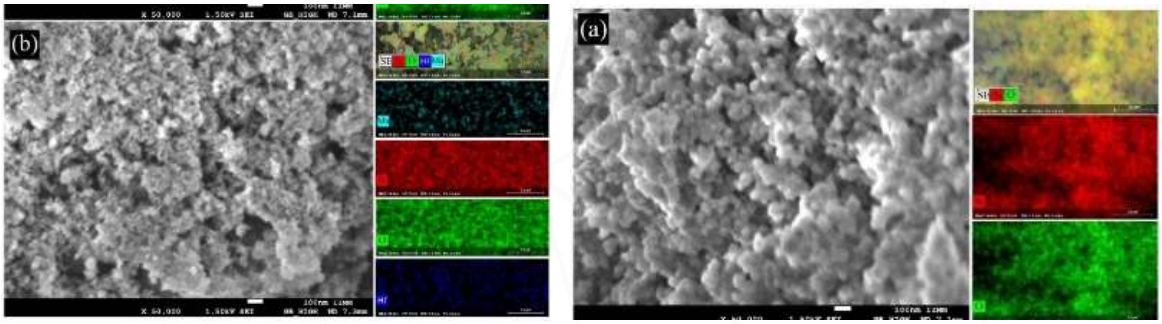


Figura 2. *Imágenes de MEB-EC y mapeo químico elemental de las muestras (a) MCM-41 y (b) NPs Hf87.5Mn12.5/MCM-41.*

En la **Fig. 3** (a) se observan las isotermas de adsorción, y (b) las isotermas de adsorción de Langmuir para el MCM-41 y los materiales HfO_2/MCM-41 y HfO_2:Mn/MCM-41. De las isotermas de adsorción se pudo determinar que la capacidad de adsorción (q_e) de las muestras MCM-41, Hf100/MCM-41, Hf97.5Mn2.5/MCM-41 y Hf87.5Mn12.5/MCM-41 fueron de 65.2, 68.1, 70.5 y 74.1 mg/g.

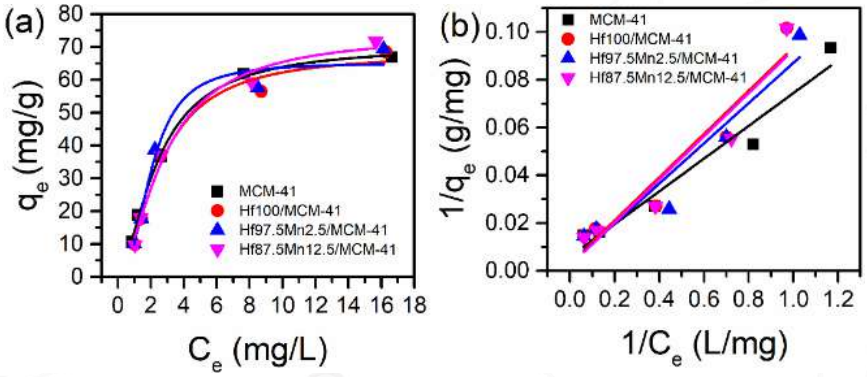


Figura 3. *Isotermas de adsorción y (b) isotermas de adsorción de Langmuir para el MCM-41 y los materiales HfO_2/MCM-41 y HfO_2:Mn/MCM-41.*

A partir de las gráficas de Langmuir se pudo obtener la máxima capacidad de adsorción (q_m) para las muestras de MCM-41, Hf100/MCM-41, Hf97.5Mn2.5/MCM-41 y Hf87.5Mn12.5/MCM-41 fueron de 169.8, 330.2, 349.7 y 472.5 mg/g.

CONCLUSIONES. La inserción de las NPs del HfO2 y HfO2:Mn en el MCM-41 fue logrado con éxito empleado la ruta sol-gel. Dichos materiales de MCM-41 y los materiales

HfO2/MCM-41 y HfO2:Mn/MCM-41 presentaron una alta capacidad de adsorción del AM, por lo cual podrían ser materiales prometedores para la adsorción de contaminantes en agua.

REFERENCIAS.

1. González, L. A., Gálvez-Barboza, S., Vento-Lujano, E., Rodríguez-Galicia, J. L., & García-Cerda, L. A. (2020). Mn-modified HfO2 nanoparticles with enhanced photocatalytic activity. May 2019. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.02.130
2. Ibrahim, A. A., Salama, R. S., El-Hakam, S. A., Khder, A. S., & Ahmed, A. I. (2021). Synthesis of sulfated zirconium supported MCM-41 composite with high-rate adsorption of methylene blue and excellent heterogeneous catalyst. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 616, 126361. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126361
3. Pauly, T. R., Petkov, V., Liu, Y., Billinge, S. J. L., & Pinnavaia, T. J. (2002). Role of framework sodium versus local framework structure in determining the hydrothermal stability of MCM-41 mesostructures. Journal of the American Chemical Society, 124(1), 97–103. https://doi.org/10.1021/ja0118183
4. Salviano, A. B., Santos, M. R. D., de Araújo, L. M., Ardisson, J. D., Lago, R. M., & Araujo, M. H. (2018). Iron Oxide Nanoparticles Supported on Mesoporous MCM-41 for Efficient Adsorption of Hazardous β-Lactamic Antibiotics. Water, Air, & Soil Pollution, 229(3), 59. https://doi.org/10.1007/s11270-017-3652-6
5. Samadi-Maybodi, A., Teymouri, M., Vahid, A., & Miranbeigi, A. (2011a). In situ incorporation of nickel nanoparticles into the mesopores of MCM-41 by manipulation of solvent–solute interaction and its activity toward adsorptive desulfurization of gas oil. Journal of Hazardous Materials, 192(3), 1667–1674. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.089
6. Samadi-Maybodi, A., Teymouri, M., Vahid, A., & Miranbeigi, A. (2011b). In situ incorporation of nickel nanoparticles into the mesopores of MCM-41 by manipulation of solvent–solute interaction and its activity toward adsorptive desulfurization of gas oil. Journal of Hazardous Materials, 192(3), 1667–1674. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.06.089
7. Zhang, C., Zhou, W., & Liu, S. (2005). Synthesis and Characterization of Organofunctionalized MCM-41 by the Original Stepped Templated Sol−Gel Technology. The Journal of Physical Chemistry B, 109(51), 24319–24325. https://doi.org/10.1021/jp0515885

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124107

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE TRES FAMILIAS (APOCYNACEAE, ANACARDIACEAE Y BORAGINACEAE) DEL BOSQUE SECO DEL ESTADO DE VERACRUZ BAJO PROYECCIONES FUTURAS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Emiliano Vargas-Rumbo[1], Roger Guevara[2], Avril Manrique-Ascencio[23], Roger Guevara[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 2110560g@umich.mx

2 Instituto de ecología; avrima23@gmail.com roger.guevara@inecol.mx

3 instituto de ecología; roger.guevara@inecol.mx avrima23@gmail.com

Palabras Clave: Selva baja caducifolia, Cambio ambiental global, Diversidad biológica, Conservación, Planeación para la conservación.

RESUMEN. El bosque tropical estacionalmente seco (BTES) es uno de los ecosistemas más amenazados debido a la alta tasa de conversión del suelo para actividades agrícolas y ganaderas. En México, el 30% de los BTES aún están en buen estado de conservación, pero en Veracruz, esta cifra se reduce a apenas el 15%. Además, se proyecta que el cambio climático impactará fuertemente al BTES. Las especies de amplia distribución en estos bosques podrían incrementar sus áreas de distribución, mientras que las especies endémicas enfrentarán reducciones en sus rangos e incluso extinciones locales, provocando la homogenización biótica de los BTES. Se modeló la distribución potencial de 11 especies de las familias Apocynaceae, Boraginaceae y Anacardiaceae con distribución del BTES. Se proyectó la distribución de estas especies hacia el futuro (2040) siguiendo un escenario climático intermedio (SSP 245). Los modelos predijeron desplazamientos en la distribución de las especies de estas tres familias para el año 2040 y pérdida de diversidad en los BTES de Veracruz. La baja protección de los BTES en Veracruz, combinada con el cambio climático, es amenaza para la conservación de la diversidad del bioma en el estado.

INTRODUCCIÓN. Los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) son un bioma con alta riqueza de especies, diversidad beta y numerosos endemismos a distintas escalas geográficas. Actualmente se han identificado 12 núcleos florísticos dentro de los BTES, cada uno albergando entre un 23% y un 73% de especies exclusivas (Banda et al., 2016). A pesar de su diversidad, estos bosques se encuentran entre los biomas más amenazados por presiones antropogénicas (Flores-Tolentino et al., 2019). Estas presiones han reducido significativamente el área de distribución de los BTES, afectando principalmente a las especies endémicas. Estudios recientes también demuestran que el cambio climático global (CCG), combinado con cambios inducidos por el hombre, afectará aún más las especies de los BTES (Prieto-Torres et al., 2018, 2020; Manrique-Ascencio et al., 2024). El CCG ha causado cambios en la duración e intensidad de los eventos climáticos, lo que ha llevado a los organismos a desarrollar estrategias adaptativas tales como persistir en su rango de distribución original mediante adaptaciones fisiológicas, migrar a nuevas áreas o sufrir extinciones locales. Una de las estrategias más estudiadas es el desplazamiento de rangos

de distribución hacia hábitats con las condiciones climáticas adecuadas, modificando sus distribuciones históricas (Silva et al., 2019).

ANTECEDENTES. Varios estudios han evaluado los efectos del cambio climático en la distribución de especies en bosques secos y presentan conclusiones tanto convergentes como divergentes.

Efectos de reducción de áreas de distribución y Extinciones Locales. En consenso, el CCG conducirá a la reducción de las áreas de distribución adecuados para numerosas especies especializadas en bosques secos. Prieto-Torres et al. (2016) sugiere que en México enfrentan una potencial desaparición en áreas como las cuencas de los ríos Cabo y Balsas para 30 especies de plantas y 30 especies de aves del BTES esto debido al aumento de las temperaturas y la reducción de precipitaciones. Los mismos autores destacaron que estas especies podrían desplazarse hacia elevaciones mayores, lo que resultará en extinciones locales y disminución en la distribución. Similarmente, Garza-López et al. (2016) y Manzanilla-Quijada et al. (2020) encontraron que las especies de plantas, Swietenia macrophylla y Cedrela odorata respectivamente, experimentarán reducciones significativas en su hábitat hacia 2030. Se espera que Swietenia macrophylla disminuya hasta un 60% en la Península de Yucatán, mientras que en Quintana Roo tenga una extinción loca en. Silva et al. (2019) aportó que, en la región de Caatinga, las plantas endémicas reducirán su distribución, sugiriendo que el cambio de temperatura y precipitación modificaran aquellas con rasgos reproductivos especializados, por lo que son vulnerables al cambio climático.

Potencial de Reubicación y Expansión de Rango. Contrastando estos hallazgos, algunos estudios indicaron un potencial desplazamiento o expansión de ciertas especies. Rodrigues et al. (2015) demostró que tres especies de árboles del bosque seco de Brasil podrían expandir sus áreas de distribución hacia regiones actualmente ocupadas por bosques húmedos. También, Manrique-Ascencio et al. (2023) destacó que, aunque muchas especies enfrentarán condiciones adversas, aquellas de amplia distribución podrían beneficiarse del cambio climático mediante expansiones de rango. Este estudio enfatiza que, mientras la sequía representa una amenaza crítica para especies con distribuciones restringidas en los BTES, puede favorecer a las especies con distribuciones amplias facilitándoles nuevas oportunidades de dispersión.

Síntesis. En suma, mientras que hay un acuerdo sobre la disminución de las áreas de distribución y el riesgo de extinciones locales en las especies especializadas y endémicas de los bosques secos, otros hallazgos sugieren posibles expansiones de hábitat para ciertas especies y desplazamientos hacia áreas con las condiciones favorables o nuevas rutas de migración. Estos procesos dependerán en gran medida de la capacidad de las especies para adaptarse al cambio climático y su habilidad para colonizar nuevos territorios como selvas medianas y altas, que futuras condiciones climáticas volverán menos húmedas.

OBJETIVO. Establecer la distribución potencial de tres familias de plantas representativas (Apocynaceae, Anacardiaceae y Boraginaceae) en los bosques tropicales estacionalmente secos del estado de Veracruz bajo proyecciones de cambio climático global para el año 2040.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de Estudio. Los bosques tropicales estacionalmente secos (BTES) se caracterizan por tener una precipitación anual inferior a 1600 mm y un período de sequía definido de al menos 5-6 meses al año, con precipitaciones inferiores a 100 mm (Pennington et al., 2000). La vegetación en estos bosques es mayoritariamente caducifolia, dominada por árboles con un dosel relativamente continuo y flores conspicuas (Pennington et al., 2009). Este estudio se centra en los BTES del estado de Veracruz y los estados colindantes.

Selección de Especies Representativas. Se eligieron especies representativas de tres familias de plantas del bosque seco de Veracruz, consultando la flora local (Castillo-Campos et al., 2007). Se obtuvieron datos de presencia de la base de datos pública GBIF (https://www.gbif.org/es/). Los datos fueron limpiados y procesados para eliminar registros con faltantes de latitud y longitud y datos duplicados dentro de un radio de 1 km^2 para evitar autocorrelación espacial.

Selección de Variables Climáticas para el Presente y Futuro. Para describir el espacio ambiental de las especies, se utilizaron variables climáticas de WorldClim 4.0 con una resolución de 30 segundos. Se seleccionaron cuatro variables para cada especie, priorizando aquellas con el menor Factor de Inflación de Varianza (VIF), usando un umbral de 10. Las proyecciones futuras se basaron en el escenario climático SSP 245, que asume continuidades en tendencias sociales, económicas y tecnológicas, previendo un aumento de hasta 4.5°C en la temperatura. Para las proyecciones, se utilizó el modelo del laboratorio MIROC6, considerando la influencia del fenómeno de El Niño, con proyecciones hacia 2040 y 2060.

Área de Accesibilidad. Se definió un área de accesibilidad, conocida como "M", que representa la región accesible históricamente para cada especie. Esto se determinó mediante la intersección de los puntos de presencia con las Bioprovincias (Morrone et al., 2022).

Realización y Evaluación de Modelos de Nicho para el Presente y Futuro. Se utilizaron el paquete Ntbox para elaborar modelos de nicho basados en elipsoides(elipsoides (Osorio-Olvera et al., 2020). Se incluyó el 95% de los datos dentro del elipsoide, utilizando un 70% de los datos para entrenar el modelo y un 30% para su evaluación. Los modelos fueron binarizados mediante un percentil del 10, evaluándose mediante la tasa de omisión y prevalencia.

Análisis Espaciales. Se generó una cuadrícula de 1 km x 1 km para Veracruz incluyendo los estados colindantes (PONER LOS ESTADOS QUE INCLUÍSTE). Se realizaron análisis estadísticos y espaciales para determinar cambios en la distribución de las especies, incluyendo un análisis de riqueza tanto para el presente como para el futuro, además de proyectar cambios en la distribución de las especies.

RESULTADOS. La riqueza de especies mostró un claro patrón latitudinal con mayor riqueza en la parte sur del estado de Veracruz. La mayor pérdida de especies se observó en la parte central (norte/sur) del área de estudio, mientras que la mayor riqueza se proyecta para la porción sur fuera de los polígonos actuales que delimitan al bosque seco, pero de forma adyacente a estos. Particularmente, en las zonas que ahora ocupan los límites de bosques húmedos.

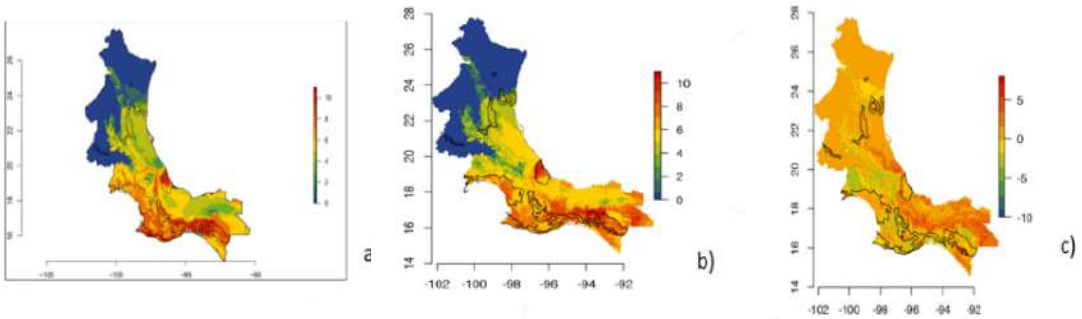


Figura 1. *Proyección con base en la distribución potencial de 11 especies de tres familias del bosque seco veracruzano. a) Riqueza de especies en el presente. b) Riqueza de especies en el año 2040 bajo proyecciones de cambio climático. c) Pérdidas y ganancias en la riqueza de especies entre el presenta y el año 2040*

Los resultados de este estudio indican un claro patrón latitudinal en la riqueza de especies consistente con las observaciones previas de que las condiciones climáticas más favorables en el sur son más propicias para albergar mayor diversidad. La pérdida notable de especies en la zona central sugiere que esta área es particularmente vulnerable a los cambios climáticos proyectados, lo que coincide con estudios anteriores como el de Prieto-Torres et al. (2016), que indican desplazamientos de especies hacia elevaciones más altas y el riesgo de extinciones locales en ciertas regiones debido al cambio climático. El desplazamiento de la mayor riqueza de especies hacia el sur, a zonas adyacente a los BTES, que actualmente ocupan los límites de bosques húmedos sugiere posibles refugios climáticos a futuro. Esto es congruente con los hallazgos de Garza-López et al. (2016) y Manzanilla-Quijada et al. (2020), quienes identificaron nuevas zonas potenciales de distribución para ciertas especies, enfatizando la necesidad de considerar estos lugares en estrategias de conservación.

CONCLUSIONES. El cambio climático provocará una disminución de riqueza hacia el norte y un incremento hacia el sur del área estudiada. El bosque seco se desplazará a zonas que actualmente ocupan bosques húmedos. Es esencial priorizar la conservación de las áreas emergentes de bosque seco.

REFERENCIAS.

1. Castillo-Campos, G., Dávila-Aranda, P., & Zavala-Hurtado, J. A. (2007). La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: lista florística de la flor vascular. Botanical Sciences, (80), 77-104.
2. Dryflor, Banda-R, K., Delgado-Salinas, A., Dexter, K. G., Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A., ... & Pennington, R. T. (2016). Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. Science, 353(6306), 1383-1387.
3. Manrique-Ascencio, A., Prieto-Torres, D. A., Villalobos, F., & Guevara, R. (2024). Climate-driven shifts in the diversity of plants in the Neotropical seasonally dry forest: Evaluating the effectiveness of protected areas. Global Change Biology, 30(4), e17282.
4. Manrique-Ascencio, A., Prieto-Torres, D. A., Villalobos, F., Gómez, J. M., & Guevara, R. Limited drought tolerance in the neotropical seasonally dry forest plants impairs future species richness. Plant biology (Stuttgart, Germany).
5. Morrone, J. J., Escalante, T., Rodríguez-Tapia, G., Carmona, A., Arana, M., & Mercado-Gómez, J. D. (2022). Biogeographic regionalization of the Neotropical region: New map and shapefile. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 94, e20211167.

6. Osorio-Olvera, L., Lira-Noriega, A., Soberón, J., Peterson, A. T., Falconi, M., Contreras-Díaz, R. G., ... & Barve, N. (2020). ntbox: An r package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. Methods in Ecology and Evolution, 11(10), 1199-1206.
7. Pennington, R. T., Prado, D. E., & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. Journal of Biogeography, 27(2), 261-273.
8. Pennington, R. T., Lavin, M., & Oliveira-Filho, A. (2009). Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40(1), 437-457.
9. Pennington, R. T., Lavin, M., Prado, D. E., Pendry, C. A., Pell, S. K., & Butterworth, C. A. (2004). Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 359(1443), 515-538.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124108

EVALUACIÓN CONDUCTUAL DE LA DISCRIMINACIÓN DEL CANTO ENTRE DOS ESPECIES DEL GÉNERO PIPILO Y SU COMPLEJO DE HIBRIDACIÓN

Irving Fernando Arciga Delgado, Luis Felipe Mendoza Cuenca, Javier Salgado Ortiz y Alejandro Salinas Melgoza

1 Facultad de biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1436697J@umich.mx

2 Facultad de biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; lfmendoza@umich.mx

3 Facultad de biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; javier.salgado@umich.mx

4 Facultad de biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandro.salinas@umich.mx

Palabras Clave: Coloración de plumaje, Hibrido, Pipilo.

RESUMEN. Cuando dos especies forman híbridos se pueden formar variantes fenotípicas a lo largo de todo el rango de distribución de las especies y las zonas de contacto. Estas variantes fenotípicas pueden llegar a formar patrones de variación geográfica del fenotipo que pueden influir en los patrones de hibridación dependiendo del grado de similitud entre ellas. En las aves, estos cambios en el fenotipo pueden ser en las vocalizaciones, las cuales pueden resultar en variantes en la forma de comunicación que puede llegar a estar involucrado en la reproducción y fomentar la presencia de híbridos dependiendo del grado de similitud entre ellos. Pipilo ocai y P. maculatus pueden llegar a hibridarse a lo largo de su rango de distribución en el Eje Neovolcánico Transversal, en donde su grado de hibridación genética coincide con un el grado diferenciación fenotípica. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la presencia de patrones de variación geográfica en el canto de estas dos especies, y su complejo de hibridación a través del Eje Neovolcánico Transversal. Para evaluar el tipo de variación geográfica del canto, se hicieron grabaciones de 15 individuos de ocho sitios a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal. Se obtuvieron 24 variables que caracterizan el canto de cuatro partes del canto y el canto completo, con estas se hicieron Análisis de Componentes Principales, GLMM, y pruebas de Mantel. Los resultados mostraron que en las partes del canto y todo el canto del complejo existen los dos tipos de variación geográfica: gradual y regional. Sin embargo, existen ciertas características en las que no existen diferencias. Concluimos que estos dos tipos de variación y la presencia de diferencias más evidentes en algunos sitios y reducidas en otros hacen que los organismos puedan mantener el patrón clinal fenotípico del plumaje y genético que se ha observado para este complejo de hibridación.

INTRODUCCIÓN. La comunicación en los animales se da principalmente para poder discriminar a aquellos que no son competencia o parejas al utilizar componentes fenotípicos. Entonces, los organismos conespecíficos deberían, hipotéticamente, compartir señales de comunicación con patrones estereotipados que permita discriminar entre organismos a diferentes de organización como lo es entre conespecíficos y heteroespecíficos (Isler, et al. 1998; Benjamin y Graham, 2002; Kleindorfer, et al. 2013; Konishi, 1985). Al compartir estas señales, se pueden generar ciertas preferencias por un

tipo fenotipo similar al suyo, llevando a los organismos a discriminar a otros que no pertenezcan a la misma especie (Allen, 1877; Konishi, 1985; Isler, et al. 1998; Benjamin y Graham, 2002; Kleindorfer, et al. 2013; Romano, et al. 2020). Al generar preferencias en una característica fenotípica dentro de una población, en ocasiones los grupos aislados de una misma población, llegan a formar variantes fenotípicas lo cual puede generar diferencias en la forma de comunicación separando una población en varios grupos (Cruz-Yepez, et al. 2020; Greig y Webster 2013; Dingle, et al. 2010).

El fenotipo de los organismos conespecíficos puede variar geográficamente, separándolos. Estos patrones de variación son conocidas como patrones de variación geográfica (DaCosta, et al. 2009; Cody y Brown, 1970). Alternativamente, los organismos de una especie pueden no presentar una diferenciación fenotípica de otras especies ya sea por evolución convergente o por el resultado de una cercanía filogenética. Este alto grado de similitud puede influir en una disminución en la capacidad de la discriminación de heteroespecíficos (Greig y Webster, 2013; Martínez, et al. 2013; Dingle, et al. 2010; Haavie et al. 2004). Este grado de diferenciación puede ser paulatino por difusión

Un alto grado de convergencia del fenotipo entre heteroespecíficos, así como un alto grado de similitud entre poblaciones de conespecíficos puede resultar en la disminución en la capacidad de discriminación de poblaciones (Cruz-Yepez, et al. 2020; Dingle, et al. 2010; Hastad, et al. 2005). Esto puede ocurrir si las poblaciones aún no se separan por completo o llegan a presentar un segundo contacto. En estos dos posibles escenarios, en el que se presenta similitud en su fenotipo, es posible que puedan generar una respuesta positiva en los conespecíficos de otras regiones o en organismos heteroespecíficos cercanos, aunque disminuida (Greig y Webster, 2013; Wright y Dorin 2001; Kroodsma, 1975). Particularmente, si aún hay reconocimiento entre heteroespecíficos podría existir flujo genético entre las distintas variantes geográficas de los fenotipos, de diferentes especies, y crear descendencia hibrida (Greig y Webster, 2013; Wright y Wilkinson 2001; Grant y Grant, 1997). Existen dos tipos de patrones de variación geográfica. El primer patrón de variación geográfica es el gradual, en el cual la similitud en el fenotipo de los organismos va disminuyendo con la distancia de las poblaciones comparadas; esto también es conocido como un efecto de distancia en la diferenciación del fenotipo. El segundo patrón es el regional, en el cual la similitud del fenotipo de individuos de la misma región geográfica es mayor que al comparar individuos entre regiones distintas (Podos, 2007). Nuestro entendimiento de la ocurrencia de estos patrones de variación geográfica en el fenotipo es aún limitado; sin embargo, la presencia de estos patrones geográficos y cómo estos pueden variar de acuerdo a un gradiente de hibridación es poco conocido.

ANTECEDENTES. En las aves, la comunicación sonora es una de las más importantes que tienen para su reconocimiento. Gracias a este tipo de comunicación, en este grupo se han encontrado no solo el patrón de variación geográfica regional pero también el gradual (Cruz-Yepez, et al. 2020; Dingle, et al. 2010; Podos, 2007; Hastad, et al. 2005). En el grupo de las aves, la presencia de patrones de variación geográfica en el canto puede ser evidente en diferentes especies, principalmente en grupos que presentan aprendizaje vocal (Cruz-Yepez, et al. 2020; Dingle, et al. 2010).

Los patrones de variación fenotípica en aves se observan principalmente en las subespecies, lo cual a veces es utilizado como un criterio para determinar este nivel taxonómico. Se ha encontrado que existe evidencia que indica la diferenciación en las características del canto entre subespecies y así evita la hibridación. Por un lado, las subespecies regularmente suceden cuando estas se encuentran a lo largo de un gradiente

de variabilidad ambiental. También se ha encontrado que las dos subespecies de Malurus cyaneus (M. c. Ashby y M. c. leggei) son diferentes en las propiedades acústicas de su canto (Kleindorfer, et al. 2013). Esto permite a las subespecies discriminarse acústicamente entre ellas, y por lo tanto no hibridarse. Esto demuestra que el canto puede ser potencialmente un mecanismo exitoso para discriminar entre subespecies y así evitar hibridación. La diferencia en el patrón espectral del canto fue evaluada en el rascador de collar (P. ocai) y el rascador moteado (Pipilo maculatus), y el complejo de hibridación que forman. El rascador de collar se le puede encontrar en Colima, mientras que el rascador moteado en la zona de Puebla (DaCosta, et al. 2009). Estas especies son oscinas y forman un complejo de hibridación a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal, cuyo patrón de diferenciación genética varia concomitantemente con el patrón general del plumaje a lo largo de la zona que incluye Colima a Puebla (Kingston, et al. 2012; Kingston, et al. 2017; DeRaad, et al. 2023). Se ha destacado que los híbridos en plumaje de P. ocai y P. maculatus se han mantenido a lo largo del tiempo en las mismas proporciones a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal (Sibley y West, 1958; DeRaad, et al. 2023), lo cual también sugiere que el grado de similitud en el canto entre individuos podría ser clave para propiciar el emparejamiento entre fenotipos similares y por lo tanto ejercer cierta presión para mantener esta continuidad de la proporción, potencialmente seleccionando en contra de aquellos con las características de los cantos diferentes.

En este complejo se ha dado mayor énfasis al estudio del patrón de coloración del plumaje, de tal forma que la información que existe sobre el canto de la especie es prácticamente nula. Aunque ambas especies pueden presentar varias vocalizaciones, el canto más comúnmente representado por ellas está compuesto por dos partes. La primera parte, la parte introductoria está compuesta por hasta tres silabas diferentes, comúnmente dos de ellas distintas, y una segunda parte está compuesta por un trino. P. ocai, en Colima, se caracteriza por presentar comúnmente una sílaba con una nota inicial y un trino, mientras que el canto de P. maculatus típicamente presenta una silaba inicial con dos notas y el trino. El canto a lo largo de este gradiente de hibridación no se ha evaluado, y no se ha determinado si este rasgo fenotípico también coincide con el patrón de diferenciación genética de los híbridos identificado por DeRaad, et al. (2023). Debido a que la especie presenta aprendizaje vocal, el canto también podría presentar un patrón de diferenciación clinal, como un resultado de un proceso de difusión cultural del canto, similar a la difusión que se sugiere dio origen al patrón clinal genético, y que pudiera por lo tanto influir en fomentar la hibridación. El presente estudio pretende hacer una evaluación del patrón de variación geográfica del canto en el complejo de hibridación Pipilo maculatus x P. ocai a través del Eje Neovolcánico Transversal. Con base en el patrón que se ha encontrado una variación del plumaje y genético de la especie. La presencia de un patrón de variación clinal en el canto coincidiría con el patrón que ya ha sido reportado de variación del plumaje y genético de los híbridos.

OBJETIVO. Evaluar la presencia de patrones de variación geográfica en el canto de P. ocai y P. maculatus en el complejo de hibridación a través del Eje Neovolcánico Transversal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se obtuvieron grabaciones del canto de 15 individuos del complejo Pipilo en ocho sitios a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal. Los sitios muestreados corresponden a los descrito en DeRaad et al. (2023), de tal forma que permita hacer comparaciones con ese estudio.

Se utilizaron tres cantos por cada individuo, de estos cantos se seleccionaron cada una de sus partes (tres distintas silabas a, b, c y el trino), y además se seleccionó el canto completo. Se obtuvieron 24 variables acústicas que describen el canto y sus partes usando el paquete WarbleR para R (Araya-Salas y Smith-Vidaurre, 2017). Con estas 24 variables que caracterizó el canto; se realizó un PCA para las partes del canto y el canto completo. Se seleccionaron aquellos componentes principales con valores propios mayores a uno. Para la silaba a se obtuvieron cinco CP, la silaba b se obtuvieron cuatro CP, la silaba c con seis CP, el Trino tuvo cinco CP, y el canto seis CP. Para demostrar la variación geográfica regional se realizaron tres tipos de pruebas distintas. La primera que se realizó NMDS, el cual utilizó los valores de los componentes principales caracterizando acústicamente las vocalizaciones. La segunda prueba que se realizó fueron GLMM independientes para cada componente principal (CP), con esto se determinó la influencia de los sitios geográficos donde fueron asignados los individuos según DeRaad, et al. (2023). Por último, se realizó una prueba de Tukey para determinar cuál comparación pareada de sitios eran significativamente diferente. Además, se realizó un Árbol de regresión con los CP para cada parte del canto y todo el canto, para de forma independiente determinar si pueden recuperarse los grupos geográficos usando estas diferentes unidades acústicas del repertorio vocal del complejo Pipilo y sus híbridos. Para identificar la presencia de un patrón gradual en las vocalizaciones, se realizó una prueba de Mantel. La prueba de Mantel se realizó utilizado tanto la matriz de similitud como las matrices de distancia.

RESULTADOS. Entender la variación geográfica de este complejo puede ayudar a comprender mejor como es que ha ido evolucionando en la formación de sus cantos. Aquí mostramos que todo el complejo Pipilo presenta ambos tipos de variación geográfica, tanto regional como gradual. Los resultados del NMDS mostraron que algunos sitios podían diferenciarse usando algunas partes del canto como la silaba b y c, mientras que algunos sitios tenis similitud con varios sitios. Por otra parte, los análisis de los GLMM y Tukey, hechos para la variación geográfica regional mostraron que existe un efecto de sitio en las partes del canto y el canto completo. Esta variación se presenta dentro del canto (cuatro componentes principales), en la silaba c (tres componentes principales) o el trino, observándose poco en todo el canto. Por lo cual, las características del canto pueden ayudar a diferenciar mejor los sitios de manera regional. Sin embrego, las pruebas de Tukey mostraron que, de los ocho sitios, existen cuatro que no pueden diferenciarse, en el extremo oeste son Colima y Mazamitla, y en el extremo este son Nanacamilpa y Desierto de los Leones. Diferencia que separa los sitios entre los más cercanos varia a lo largo de la distribución. Mazamitla y Uruapan se logran diferenciar en total con dos silabas y dos CP (CP1 en la silaba a y c); Uruapan y Paramuen se logran diferenciar en total con dos silabas, el Trino y cuatro CP (silaba c en el CP1 y 3, silaba a en el CP3 y el trino con el CP5); Paramuen y Cerro de Garnica se logran diferenciar en total con dos silabas y dos CP (CP2 en la silaba b y silaba c en el CP6); Cerro de Garnica y Angangueo dos silabas y dos CP (CP3 en la silaba b y silaba c en el CP6); Angangueo y Desierto de los Leones se logran diferenciar en total con dos silabas el Trino y tres componentes (silaba b en el CP3, silaba a en el CP2 y Trino en el CP1).

El árbol de regresión reforzó la hipótesis de variación geográfica regional, mostrando para todas las partes del canto y el canto una clasificación correcta del 84.98%. De acuerdo al árbol de regresión hecho para cada parte del canto y el canto, la silaba c es la que mejor sirve para clasificar con una correcta clasificación del 89.6%, el árbol de regresión que peor sirve para clasificar fue el del trino con una correcta clasificación del 81%. Aun así, el

porcentaje en su clasificación obtenido es alto. Sin embargo, la silaba c presentó poca representatividad en algunos sitios, esto tal vez pudo tener un impacto en los análisis. La prueba de mantel realizada con la relación entre la distancia y la similitud del canto y las partes del canto, mostraron que hay un afecto de distancia entre los sitios. Por lo cual, existe evidencia que indica que ambos patrones de variación geográfica se encuentran en el complejo de hibridación.

CONCLUSIONES. Nuestros datos indican la presencia de ambos patrones de variación geográfica en partes del canto o de todo el canto, de forma gradual y regional. Esto indica que los sitios pueden diferenciarse a lo largo de este gradiente de forma gradual con la distancia. Como hay sitios que no pueden diferenciarse entre ellos, la presencia de diferencias entre los sitios podría diluirse y los individuos de esos sitios podrían más fácilmente ser no discriminados por los individuos locales, y fomentar en algunos casos la hibridación. El patrón gradual podría estar explicado por una difusión cultural insipiente entre las diferentes poblaciones. Sin embargo, no conocemos las capacidades de dispersión de la especie, que nos pudiera permitir entender como sucede esta difusión cultural o como las capacidades de movimiento de las dos especies podrían influir la presencia de ambos patrones de variación geográfica. Sin embargo, también vale la pena considerar las implicaciones de que esta hibridación sucede en un área extensa de zona de contacto. Esto sugiere que el canto podría ser uno de los mecanismos contribuyendo a la presencia del complejo de hibridación en el Eje Neovolcánico Transversal, y sería necesario realizar evaluaciones de respuestas con experimentos playback para determinar el significado biológico de estas diferencias. También sería necesario determinar hasta qué punto la hibridación no es el resultado de la falta de diferencias en el patrón fino del plumaje entre las poblaciones, en el canal privado UV de las aves, y que se vea reflejado en la falta de una discriminación en este rasgo fenotípico que puede también ser utilizado en la reproducción. Debido a la frecuencia con la que el cano y el plumaje son reportados en la conducta reproductiva a nivel específico, la falta de una discriminación en ambos aspectos fenotípicos podría proveer evidencia de los mecanismos que no son efectivos en la discriminación interespecífica que fomenten los híbridos.

REFERENCIAS.

1. Allen, J. A. 1877. The Influence of Physical Conditions in the Genesis of Species. 3 de febrero del 2024. http://people.wku.edu/charles.smith/biogeog/ALLE1877.htm
2. Araya-Salas M, Smith-Vidaurre G. 2017. “warbleR: an r package to streamline analysis of animal acoustic signals.” Methods in Ecology y Evolution. https://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.12624.
3. Benjamin, G. F., y Graham A. M. 2003. Using song playback experiments to measure species recognition between geographically isolated populations: A comparison with acoustic trait analyses. American Ornithological Society. The Auk, 134(4): 857-870.
4. Cody, M. L., y Brown, J. H. 1970. Character convergence in mexican finches. Evolution, 24(2), 304–310.
5. Cruz-Yepez, N., González, C., y Ornelas, J. F. 2020. Vocal recognition suggests premating isolation between lineages of a lekking hummingbird. Behavioral Ecology, 31(4), 1046–1053. doi:10.1093/beheco/araa050
6. DaCosta, J. M., Spellman, G. M., Escalante, P., y Klicka, J. 2009. A molecular systematic revision of two historically problematic songbird clades: Aimophila y Pipilo. Journal of Avian Biology, 40(2), 206–216
7. DeRaad, D. A., Applewhite, E. E., Tsai, W. L. E., Terrill, R. S., Kingston, S. E., Braun, M. J. and McCormack J. E. 2023. Hybrid zone or hybrid lineage: a genomic reevaluation of Sibley’s classic species conundrum in Pipilo towhees, Evolution, 77(3), 852–869. https://doi.org/10.1093/evolut/qpac068
8. Dingle, C., Poelstra, J. W., Halfwerk, W., Brinkhuizen, D. M., y Slabbekoorn, H. 2010. Asymmetric response patterns to subspecies-specific song differences in allopatry y parapatry in the gray-breasted wood-wren. The Society for the Study of Evolution. Evolution 64-12: 3537–3548.

9. Grant, P. R., y Grant, B. R. 1997. Hybridization, Sexual Imprinting, y Mate Choice. The American Naturalist, 149(1), 1–28. doi:10.1086/285976
10. Greig, E. I., y Webster, M. S. 2013. Spatial decoupling of song y plumage generates novel phenotypes between 2 avian subspecies. Behavioral Ecology, 24(4), 1004–1013. doi:10.1093/beheco/art005
11. Haavie, J., T. Borge, S. Bures, L. Z. Garamszegi, H. M. Lampe, J. Moreno, A. Qvarnström, J. Török, y G. P. Saetre. 2004. Flycatcher song in allopatry y sympatry - convergence, divergence y reinforcement. Journal of Evolutionary Biology, 17(2), 227–237.
12. Hastad, O., Victorsson, J., y Odeen, A. 2005. Differences in color vision make passerines less conspicuous in the eyes of their predators. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(18), 6391–6394. doi:10.1073/pnas.0409228102
13. Isler, M. L., P. R. Isler, y B. M. Whitney. 1998. Use of vocalizations to establish species limits in antbirds (Passeriformes: Thamnophilidae). Auk 115:577–590.
14. Kingston, S. E., Jernigan, R. W., Fagan, W. F., Braun, D., y Braun, M. J. 2012. Genomic variation in cline shape across a hybrid zone. Ecology y Evolution, 2(11), 2737–2748.
15. Kingston, S. E., Parchman, T. L., Gompert, Z., Buerkle, C. A., y Braun, M. J. 2017. Heterogeneity y concordance in locus-specific differentiation y introgression between species of towhees. Journal of Evolutionary Biology, 30(3), 474–485.
16. Kleindorfer, S., Evans, C., Mihailova, M., Colombelli-Négrel, D., Hoi, H., Griggio, M., Robertson, J. 2013. When subspecies matter: resident Superb Fairy-wrens (Malurus cyaneus) distinguish the sex y subspecies of intruding birds. Emu-Austral Ornithology, 113(3), 259–269.
17. Konishi, M. 1985. Birdsong: From Behavior to Neuron. Annual Review of Neuroscience, 8(1), 125–170.
18. Kroodsma, R. L. 1975. Hybridization in Buntings (Passerina) in North Dakota y Eastern Montana. The Auk, 92(1), 66–80.
19. Podos, J., y Warren, P. S. 2007. The Evolution of Geographic Variation in Birdsong. Advances in the Study of Behavior, 403–458. doi:10.1016/s0065-3454(07)37009-5
20. Romano, A., Séchaud, R., y Roulin, A. 2020. Geographical variation in bill size provides evidence for Allen's rule in a cosmopolitan raptor. Global Ecology and Biogeography. doi:10.1111/geb.13007
21. Sibley, C. G., y West, D. A. 1958. Hybridization in the Red-Eyed Towhees of Mexico: The Eastern Plateau Populations. The Condor, 60(2), 85–104.
22. Wright, T. F. y G. S. Wilkinson. 2001. Population genetic structure y vocal dialects in an amazon parrot. Proceedings of the Royal Society of London B. 268:609-616
23. Wright, T. F. y M. Dorin. 2001. Pair duets in the yellow-naped amazon (Amazona auropalliata): responses to playbacks of different dialects. Ethology 107:111-124

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124109

DIFERENCIACIÓN MORFOLÓGICA DE ONITICELLUS RHINOCERULUS (COLEÓPTERA) EN RESPUESTA A LA VARIACIÓN CLIMÁTICA DENTRO DE AGROSISTEMAS DE AGUATE EN MICHOACÁN

Paloma Cambrón-Villalobos, Yurixhi Maldonado-López Ken Oyama , Ma. Carmen Maldonado-López , Pablo Cuevas-Reyes1

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; palomacamv@gmail.com

2 INIRENA, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yurixhimaldonado@gmail.com

3 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; kenoyama@enesmorelia.unam.mx

4 Laboratorio de Agroecologia y Control Biológico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; carmen.lopez.maldonado@umich.mx

Palabras Clave: coleópteros. morfometría, cambio de uso de suelo

RESUMEN. El estado de Michoacán es de las regiones del país más amenazadas por la fragmentación y pérdida de bosques templados, con una tasa de conversión del 0.6% hectáreas a huertas de aguacate. La fragmentación del hábitat produce cambios en las variables climáticas que a su vez influyen la morfología de insectos como los coleópteros. Cambios en las condiciones ambientales, como la temperatura y humedad, inducen la mayor parte de las variaciones morfológicas en los coleópteros, debido a ajustes durante su desarrollo ontogenético. El objetivo del presente trabajo fue determinar los cambios en las variables climáticas y sus efectos sobre la morfología de Oniticellus rhinocerulus (Coleóptera) en sitios con diferentes proporciones de cobertura de bosque templado y huertos de aguacate en el estado de Michoacán. En cada sitio de estudio se trazaron cuatro transectos de 50 m, en cada transecto se colocaron seis trampas pitfall para la colecta de los coleópteros. Se digitalizaron fotografías de 30 individuos por sitio en los mismos transectos se colocaron registradores USB de humedad y temperatura, para analizar morfometría geométrica mediante los programas TpsDig y TpsUtil. Los resultados muestran diferencias en las variables ambientales y en la forma y tamaño de O. rhinocerulus a lo largo de los sitios con diferente proporción de bosque y huerto de aguacate. Los sitios con temperaturas menores y mayor humedad mostraron individuos con tamaños y áreas corporales más grandes; conforme aumento la humedad y disminuyó la temperatura los tamaños y áreas corporales aumentaron, sugiriendo que la variación de las variables climáticas genera variaciones en la calidad del hábitat de estas especies de coleópteros produciendo variaciones morfológicas. Los resultados sugieren que la fragmentación de bosques templados por cultivo de aguacate genera cambios en variables climáticas que locamente influyen en la calidad del hábitat de coleópteros reflejándose en sus variaciones de forma y tamaño.

INTRODUCCIÓN. Los bosques templados albergan comunidades con gran diversidad de especies y representan aproximadamente el 17% de la cobertura vegetal del país (CONABIO 2024). A pesar de su importancia estos se han visto fuertemente amenazados por la fragmentación de bosques a causa de distintas actividades antropogénicas, entre las

que destaca el cambio de uso de suelo para zonas de cultivo, donde cerca del 40% de los bosques templados se han perdido (Klooster and Masera 2000). En cuanto a zonas de cultivo, Michoacán provee el 80% de la producción de aguacate a nivel nacional con 170, 000 ha aproximadamente (Aráujo et al. 2018). La expansión de la franja aguacatera en el estado ha llevado a la perdida de cerca del 75% del bosque templado dentro de la región (Segundo 2018). Los bosques templados dentro de la región del estado de Michoacán se han transformado en agrosistemas con distintas proporciones de bosques templados y huertas de aguacate (Segundo 2018). La conversión de los bosques templados a agrosistemas y las distintas prácticas agrícolas, modifican las condiciones ambientales como la temperatura y humedad afectando la biodiversidad (Reyes-González et al. 2020).

ANTECEDENTES. En cuanto a la biodiversidad dentro de los agrosistemas, los coleópteros destacan en importancia ya que representan aproximadamente el 20% de la artropofauna dentro de estos ecosistemas, además, brindan distintos servicios ambientales como descomposición de la materia orgánica, ciclado de nutrientes, mezclan y airean el suelo, etc. (Franco et al., 2016; Ghiglieno et al., 2020), servicios fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas. Distintos estudios han sugerido que dentro de los agrosistemas la morfología de distintas especies de coleópteros se ve afectada ya que dentro de estos ecosistemas realizan ajustes durante su desarrollo ontogenético ante cambios en condiciones ambientales como, temperatura y humedad (Cepeda-Pizarro et al 2003). Los coleópteros han sido considerados como bioindicadores del estado de salud de ecosistemas de bosque templado, debido a su rápida respuesta ante cambios en los ecosistemas forestales (Menta y Remelli 2020) por lo que la medición y el análisis de las variaciones de forma (morfometría geométrica) y tamaño permite entender a través de los cambios morfológicos de los coleópteros la respuesta de las especies ante variaciones en las condiciones ambientales como la temperatura y humedad y el efecto que estos cambios tienen en su reproducción y éxito de supervivencia así como en los servicios ambientales que brindan dentro de los agrosistemas de bosques templados y huertas de aguacate.

El estudio se realizó en la “franja aguacatera” del estado de Michoacán, México. Se seleccionaron seis sitios de estudio con diferente cobertura de bosque y huertos de aguacate y se clasificaron de la siguiente manera: Sitios con mayor cobertura forestal y menor de huertos (B>H): (i) Rancho Agroecológico Llanitos, Acuitzio: (84%/16%),; (ii) La Yácata, Acuitzio: (74%/26%); sitios de igual cobertura de bosque y huerto (B=H): (iii) “Rancho “Ex Hacienda”, Tacámbaro: (52%/48%),(iv)El embrujo, Tacámbaro: (51%/49%) y sitios con menor cobertura forestal y mayor de huertos (B<H): (v) Rancho las Joyas, Tacámbaro: (35%/65 %) y (vi) Caramécuaro, Tacámbaro: (38%/62%).

En cada sitio de estudio se trazaron cuatro transectos de 50 x 2 m; en el metro 0 y al metro 50 de cada transecto se colocaron dos registradores USB de temperatura y humedad. La colecta de los coleópteros se realizó mediante trampas de caída (pitfall), en cada transecto se colocaron seis trampas con una distancia entre trampas de 10 m.Las muestras de coleópteros se identificaron a nivel taxonómico de especie utilizando las claves dicotómicas de Triplehorn and Jonhoson (2005), Edmonds and Zidek (2010), Correa, Casari and Mermudes (2011), Vaz-de Mello et al.(2011), Da Silva et al. (2011), Tissiani et al. (2017), Navarrete-Heredia et al. (2002).

Los análisis de morfometría geométrica se realizaron con 30 individuos de Oniticellus rhinocerulus (Coleóptera) por sitio. Los análisis se realizaron utilizando fotografías en vista dorsal de machos con una cámara digital; 11 landmarks fueron digitalizados en el contorno de la cabeza y 28 landmarks para el pronoto y los élitros respectivamente. Todas las

imágenes fueron digitalizadas utilizando el software TPSdig2 v.2.31 (Rohlf, 2017a). Los análisis se realizaron en datos de cabeza, pronoto y élitros por separado. Las coordenadas de los puntos de referencia se obtuvieron para todos los especímenes después de un procedimiento de superposición de Procrustes y se realizó un análisis de variables canónicas (CVA) para evaluar estadística y gráficamente las diferencias en forma para la cabeza, el pronoto y los élitros en vista dorsal. Todos los análisis se realizaron con MorphoJ 1.08.02. Con las mismas imágenes digitales, mediante el software ImageJ se calcularon las áreas por separado para cabeza tórax y élitros

RESULTADOS. Para las variables climáticas, se encontraron diferencias significativas para la temperatura promedio (χ^2=10.67; d.f.=5; p=0.0002) y humedad en promedio el aire (χ^2= 10.16.; d.f.=5; p=0.0003) entre todos los sitios de estudio con distintas proporciones de bosque templado y huertos de aguacate, para la humedad relativa promedio no se encontraron diferencias significativas (χ^2= 1.9.; d.f.=5; p=0.157). Los sitios de estudio con mayor proporción de cobertura de bosque templado presentaron temperaturas menores y valores de humedad relativa mayores en comparación con los sitios de mayor cobertura de huertos de aguacate (Fig. 1 a y b). En cuanto a la humedad en aire, los sitios con proporciones similares de bosque y huertos de aguacate presentaron los valores más altos (Fig. 1 c). Se puede observar una tendencia de que conforme aumenta la proporción de bosque, disminuye la temperatura. En cuanto a la humedad, ocurre lo contrario, conforme aumenta la proporción de bosque aumenta la humedad relativa, mientras que para la humedad en aire no se observó un patrón diferencial (Figura 2 a, b y c).

Con un total de 180 individuos de *O. rhinocerulus* analizados mediante morfometría geométrica, se encontró que la morfologia de la cabeza (*p=0.02*) y torax (*p=0.01*) difirió estadísticamente a lo largo de los sitios con distintas proporciones de bosque templado y huertos de aguacate. La forma de los élitros no difirió (*p=0.10*) a lo largo de los distintos sitios de estudio. El análisis de las variantes canónicas distinguió entre las tres categorías de cobertura de bosque templado y huertas de aguacate: B<H, B=H y B>H, para cabeza y tórax respectivamente. El CVA1 de la cabeza explicó el 55.5 % total de la varianza y el CVA2 explico el 29.8% (Fig. 2 a); para el tórax el CVA1 de la cabeza explicó el 67 % total de la varianza y el CVA2 explico el 25% de la varianza (Fig. 2 b).

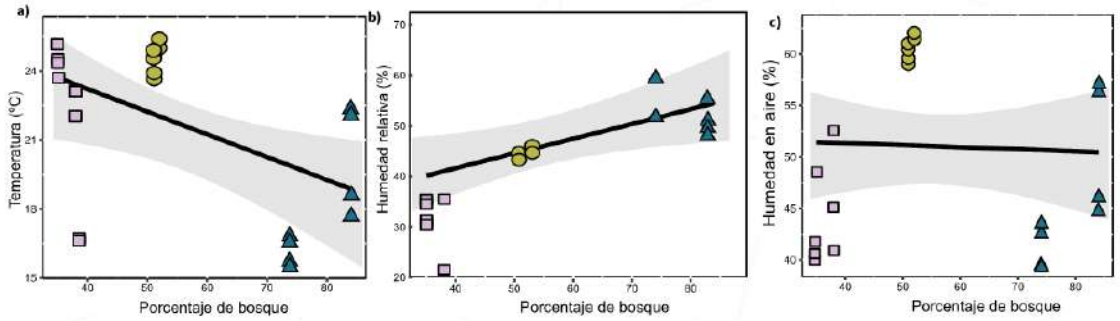


Figura 1. *Diferencias de variables climaticas a lo largo de los agrosistemas de aguacate y bosques templados de Michoacán, (a) Tempertura, (b) Humedad relativa,(c) Humedad en el aire.*

Se encontraron diferencias significativas para las áreas de la cabeza (*F*=13.9; d.f.=2; *p*=0.001), tórax (*F*=6.27; d.f.=2; *p*=0.003) y élitros (F=11.7; d.f.=2; *p*=0.0001) entre todos los sitios de estudio con diferentes proporciones de bosque y huertos de aguacate (Fig. 3). Los sitios con temperaturas menores y mayor humedad mostraron individuos con tamaños y áreas corporales más grandes; conforme aumentó la humedad y disminuyó la temperatura los tamaños y áreas corporales aumentaron, sugiriendo que la variación de las variables climáticas genera variaciones en la calidad del hábitat de estas especies de coleópteros produciendo variaciones morfológicas.

CONCLUSIONES. Los resultados muestran claras diferencias en los análisis de forma y tamaño, donde la forma y el tamaño de la cabeza y el tórax de *O. rhinocerulus* varia a lo largo de los distintos sitios con distinta proporción de bosque y huerto de aguacate. Este resultado indica que las variaciones de temperatura y humedad que hay dentro de los agrosistemas con distintas proporciones de bosque templado, modulan estas diferencias en las poblaciones de *O. rhinocerulus*. Esto concuerda con estudios que sugieren que los cambios morfológicos en algunas de las estructuras de los insectos pueden ser el resultado de la exposición a factores estresantes, como cambios abruptos en la temperatura y humedad, factores clave durante el desarrollo ontogenético de los coleópteros. Los cambios de forma y tamaño en estructuras como cabeza y tórax están relacionados con hábitos alimenticios, capacidad de vuelo y reproducción (Benítez et al., 2011, Ober y Connolly 2015).

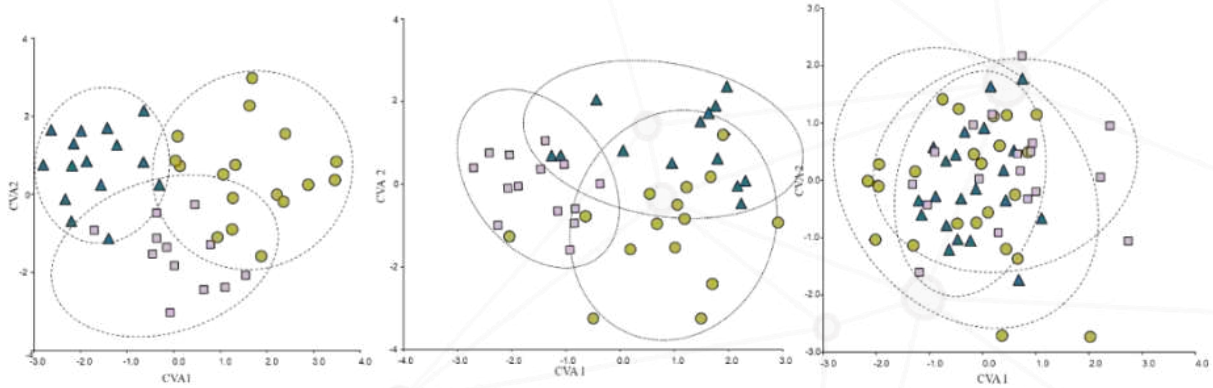


***Figura 2**. Diferencias en la morfología de la forma de (a) cabeza; (b) tórax;(c) élitros de O. rhinocerulus a lo largo de agrosistemas con distintas propociones bosque templado y huertos de aguacate en Michoacán.*

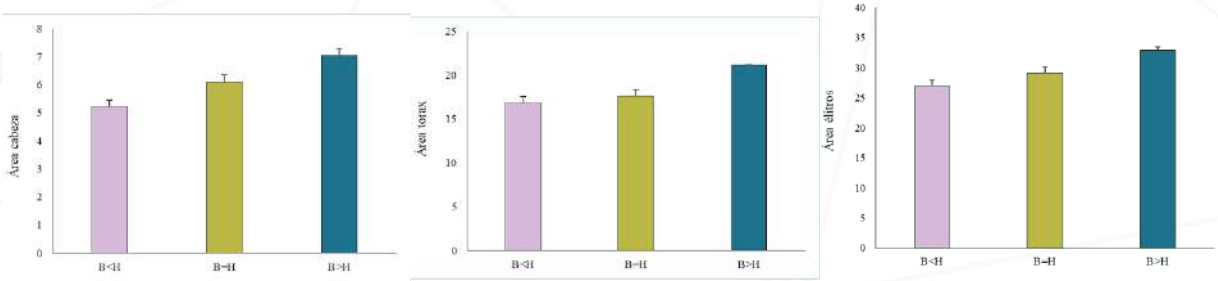


***Figura 3 .** Diferencias en las áreas (a) cabeza,(b) torax,(c) élitros de O. rhinocerulus a lo largo de agrosistemas con distintas propociones bosque templado y huertos de aguacate en Michoacán.*

REFERENCIAS.

1. Benítez, H. A., y Püschel, T. A. (2014). Modelando la varianza de la forma: morfometría geométrica aplicaciones en biología evolutiva.International Journal of Morphology,32(3), 998-1008.
2. Cepeda-Pizarro, J., Vega, S., Vásquez, H., y Elgueta, M. (2003). Morfometría y dimorfismo sexual de Elasmoderus wagenknechti (Liebermann)(Orthoptera: Tristiridae) en dos eventos de irrupción poblacional.Revista chilena de historia natural,76(3), 417-435.
3. CONABIO 2024. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Naturalista. Disponible:http://www.naturalista.mx/ taxa/search?utf8=%E2%9C%93&q=marpissa+pikei
4. Klooster, D., y Masera, O. (2000). Community forest management in Mexico: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. Global environmental change, 10(4), 259-272.
5. Menta, C., y Remelli, S. (2020). Soil health and arthropods: From complex system to worthwhile investigation. Insects, 11(1), 54.
6. Ober, K. A., y Connolly, C. T. (2015). Geometric morphometric and phylogenetic analyses of Arizona Sky Island populations of Scaphinotus petersi Roeschke (Coleoptera: Carabidae). Zoological Journal of the Linnean Society, 175(1), 107-118.
7. Reyes-González, A., Camou-Guerrero, A., Del-Val, E., Ramírez, M.I., Porter-Bolland, L., 2020. Biocultural diversity loss: the decline of native stingless bees (Apidae: Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México. Hum. Ecol. 48, 411–422.
8. Triplehorn, C. y Johnson, N. (2005). Borror and DeLongl Introduction to the Study oflnsects. Thomson Brooks/Cole, Learning Inc.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124111

PREDICCIÓN DE LA MEZCLA DEL GLIFOSATO Y GLUFOSINATO DE AMONIO EN Chlorella vulgaris Y Microcystis aeruginosa

Martín Hernández Barrera; Alondra Alelie Cortés Téllez; Ana D'ors de Blas; Martha Estrella García Pérez; Gerardo Solís González; María Carmen Bartolomé Camacho

1 Químico-Farmacobiología, UMSNH. Email: 1900155K@umich.mx

2 Químico-Farmacobiología, UMSNH. Email: alondra.cortes@umich.mx

3 Químico-Farmacobiología, UMSNH. Email: anadors@ucm.es

4 Químico-Farmacobiología, UMSNH. Email: estrella.perez@umich.mx

5 Químico-Farmacobiología, UMSNH. Email: gerardo.solis@umich.mx

6 Químico-Farmacobiología, UMSNH. Email: carmen.bartolome@umich.mx

Palabras Clave: Índice de Combinación, Chlorella vulgaris, Microcystis aeruginosa, Glufosinato de amonio, Glifosato.

RESUMEN. A medida que los cultivos transgénicos (maíz, trigo, soya, algodón) han tenido resistencia al glifosato, el glufosinato de amonio ha sido aprobado a nivel nacional como un herbicida clave de amplio espectro. Sin embargo, este herbicida está catalogado como 15 veces más tóxico que el glifosato en países como Argentina o la UE. No obstante, la aplicación de ambos herbicidas en cultivos de interés comercial, puede producir interacciones antagónicas, sinérgicas o aditivas que pueden presentarse en los receptores finales que son los ecosistemas acuáticos por escorrentía. Por ende, el objetivo del presente trabajo fue predecir en un modelo in silico el Índice de Combinación de la interacción del glifosato y glufosinato de amonio en la clorofíceas Chlorella vulgaris y la cianobacteria Microcystis aeruginosa a través de la exposición a las 72h por las Concentraciones Inhibitorias 50 (CI50) de acuerdo con las concentraciones ambientalmente relevantes de la U.S. EPA. Lo resultados obtenidos fueron respuestas aditivas en Chlorella vulgaris y Microcystis aeruginosa (IC = 1.03 y 1.14, respectivamente). Lo anterior indica que, de acuerdo con tales interacciones en los ecosistemas acuáticos dulces, produce una suma de los efectos individuales, que si esta exposición es continua puede llegar a una potenciación de la toxicidad de ambos herbicidas.

INTRODUCCIÓN. El incremento exponencial relacionado al uso de plaguicidas a nivel mundial comenzó a tomar relevancia en las últimas décadas debido al aumento de la población mundial y, por consiguiente, el crecimiento de la demanda de alimentos (SADER & SENASICA, 2019). A pesar de que la introducción de herbicidas surgió como un apoyo en los cultivos para satisfacer la gran demanda de alimentos, se tuvo una percepción errónea sobre la inocuidad de los mismos y sus efectos causados en los ecosistemas, específicamente en la cadena trófica acuática, la cual se ve comprometida con el aumento y aplicación en el uso de herbicidas. De esta forma, el uso de microalgas como bioindicadores representantes de la cadena trófica acuática y su empleo en ensayos de ecotoxicidad nos muestra un nuevo panorama sobre el estado en el que se encuentra el ecosistema de estos importantes representantes. La revolución verde, implementada en el país en la década de 1940 trajo consigo diversos insumos químicos, como lo fueron los

fertilizantes y plaguicidas, en conjunto con las primeras variedades híbridas de cultivos (Alcántara-de la Cruz et al., 2021). Fue hasta la década de 1980 que se popularizó en el país el uso del glufosinato de amonio y del glifosato de amonio (Reddy & Dileep, 2022). Estos se caracterizan por ser herbicidas de amplio espectro, no selectivos y postemergentes, ambos ampliamente utilizados en diversas aplicaciones relacionadas al control de malezas en huertos, tierras no cultivables o plantaciones de diversos cultivos transgénicos (Suciu et al., 2023). Las vías de entrada de estos compuestos hacia los sistemas acuáticos derivan de la aplicación directa sobre los terrenos, la orientación e intensidad de los vientos según el tipo de aplicación o incluso la lixiviación desde la zona de cultivo (María Elena Sáenz & Darío, 2009). Con el paso del tiempo, los cultivos transgénicos han obtenido resistencia contra diversos tipos de malezas y, debido a esto, el aumento en el uso de la mezcla de ambos herbicidas en cultivos de interés comercial se ha exponenciado sin las evaluaciones específicas de riesgo en organismos no objetivo. La aplicación en combinación de estos herbicidas puede desencadenar interacciones antagónicas, sinérgicas o aditivas, mismas que pueden verse reflejadas en los receptores finales de los ecosistemas acuáticos mediante las vías de entrada mencionadas anteriormente.

OBJETIVO. Predecir en un modelo in silico el Índice de Combinación de la interacción del glifosato y glufosinato de amonio en las clorofíceas Chlorella vulgaris y la cianobacteria Microcystis aeruginosa a través de la exposición a las 72h por las Concentraciones Inhibitorias 50 (CI50) de acuerdo con las concentraciones ambientalmente relevantes de la U.S. EPA.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Modelos biológicos y condiciones de cultivo. Los bioensayos se realizaron utilizando la microalga verde de agua dulce *Chlorella vulgaris* cepa CIB 43 y la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* cepa BEA 1835B obtenidas de la Colección de Cultivos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, La Paz, B.C. y del Banco Español de Algas (BEA, Gran Canarias, España). Ambas cepas se mantuvieron en crecimiento axénico en frascos de cultivo (Greiner, Bio-One, Longwood, NJ, EE. UU.) con 20 mL de medio BG-11 a pH 7.1 (Sigma, Aldrich Chemie, Taufkirchen, Alemania).

Las cepas se conservaron a 21 °C bajo luz continua de 60 µmol m^{-2} s^{-1} en una longitud de onda de 400–700 nm con un fotoperiodo de luz-oscuridad de 12:12 h para asegurar el crecimiento exponencial de las microalgas en una cámara controlada termostáticamente (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, EE. UU.). Las células se mantuvieron en un crecimiento exponencial logarítmico mediante la transferencia en serie de inóculo de una célula a medio fresco una vez cada quince días.

Agroquímicos. Para determinar las respuestas inhibitorias se seleccionaron las siguientes formulaciones de los herbicidas glufosinato de amonio al 18.40 % de la marca Bélico® (PetroAgro S.A. de C.V. El Salto, Jalisco, México). La formulación de glifosato líquido al 45.70 % se obtuvo de la marca GLYF 360 ® (PetroAgro S.A. de C.V. El Salto, Jalisco, México). Ambos agroquímicos se trabajaron a concentraciones de 0.00001-1.0 mg L^{-1}.

Bioensayos de inhibición de crecimiento. La estimación de la inhibición del crecimiento de las cepas se basó en la directriz de la OCDE 201 (OECD, 2011). Primero, las densidades celulares se ajustaron a $1x10^5$ células mL^{-1} por conteo en cámara de Neubauer (Brand Gmb H + CO KG, Alemania) en microscopio óptico (Zeiss, Carl Zeiss Microscopy GmbH, Alemania) a un volumen total de 3.0 mL de Medio BG-11. La estimación se realizó a partir

de la Concentración Inhibitoria al 50% ($CI_{50(72)}$) a las 72h de exposición individualmente en un rango de concentraciones de 0.00001–1.0 mg L^{-1}. Cada ensayo se repitió ocho veces (n= 8).

La mezcla binaria se diseñó sobre la base de los resultados de toxicidad observados de los agroquímicos en exposición individual sobre la microalga ($CI_{50(72)}$) y de las cocnentraciones ambientalmente relevantes de los herbicidas en aguas (GLA total 3.75 mg L^{-1}: GLY-L total 0.7 mg L^{-1}) estimados por la U.S. EPA. La estimación de las respuestas sinérgicas, antagónicas o aditivas de la mezcla binaria de metales se basó en la metodología descrita por Chou & Talalay, (1984) y Chou et al., (2018) a través de la "Ley de Acción de Masas" fundamentada en modelos de cinética enzimática y unión al receptor. Para tal estimación, se utilizó el modelo de simulador informático de sinergismo y antagonismo que involucran el Principio de Efecto Medio (PEM), la Fracción afectada (Fa) y el Índice de combinación (IC o CIE) de acuerdo con la siguiente ecuación:

nCIEx= j=1n(D)j(Dx)j= j=1n(Dx)1-nDjinD(Dm)jfax1-faxj1mj

Si dos xenobióticos que presentan mecanismos de acción similares o son mutuamente excluyentes se presentan en un Índice de Combinación IC < 1 muestran un efecto sinérgico, pero si por el contrario dos xenobióticos presentan mecanismos totalmente distintos y son independientes se presentan en un Índice de Combinación IC > 1, exhibirán entonces un efecto antagónico, o en su caso cuando IC= 1 se mostraría un efecto aditivo.

Análisis de datos. Las CI_{50} se obtuvieron por curva de Concentración-Respuesta a través de regresión lineal, mostrando media muestral y su respectiva desviación estándar de cada valor con una n=8 sometiendo los datos a test de normalidad por la prueba de D'Agostino y Pearson. La comparación de las CI_{50} de ambos compuestos se realizó por t-student no pareado, considerando un grado de significancia $p<0.05$. Esto se realizó utilizando el paquete estadístico GraphPad Prim v9.0 (Graph-Pad Software Inc., USA).

RESULTADOS. Los resultados obtenidos tras la exposición individual de *Chlorella vulgaris* ante el glufosinato de amonio (GLA), glifosato líquido (GLY-L) y su mezcla GLA/GLY-L que se muestran en la Tabla 1 y Gráfico 1A.

Agroquímico	$CI_{50(72)}$ mg L^{-1} (L.C. 95 %)	NOEC mg L^{-1} (L.C. 95%)	R^2
GLA	**0.0023** (0.0019-0.0026)	**0.000017** (0.000014-0.00002)	**0.97**
GLY-L	**0.0023** (0.0021-0.0028)	**0.000030** (0.000025-0.000036)	**0.97**
COMBO GLA:GLY-L	**0.0031** (0.0025-0.005)	**0.0008** (0.0006-0.005)	**0.98**

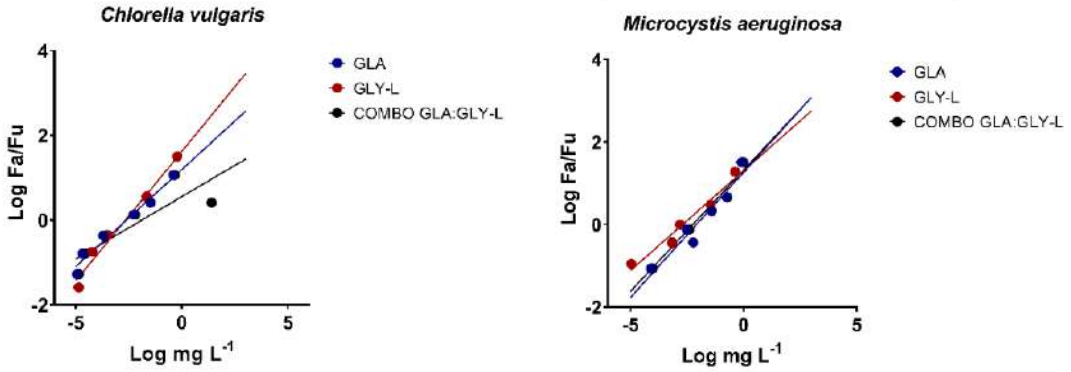
***Tabla 1**. Valores de $CI_{50(72)}$ y 72h-NOEC en Chlorella vulgaris del glufosinato de amonio (GLA), glifosato líquido (GLY-L) y el combo GLA:GLY-L*

De acuerdo con los resultados obtenidos, la respuesta de la interacción binaria de los herbicidas ($CI_{50(72)}$ = 0.0031 mg L^{-1}) fue menos potente en toxicidad en *Chlorella vulgaris* (Gráfico 1A), al compararse con los valores de exposición individual del GLA y del GLY-L (ambos con una CI_{50}= 0.0023 mg L^{-1}).

Sin embargo, en la cianobacteria tanto en la respuesta de inhibición de crecimiento de la interacción binaria como en la exposición del GLA de forma individual (CI_{50}= 0.0065 y 0.0062 mg L^{-1}, respectivamente), se presentó de forma similar sin diferencias mostradas (Tabla 2) y como se observa en el Gráfico 1B.

Agroquímico	$CI_{50(72)}$ mg L^{-1} (L.C. 95 %)	NOEC mg L^{-1} (L.C. 95%)	R^2
GLA	**0.0062** (0.0050-0.0080)	**0.000095** (0.00006-0.00014)	**0.98**
GLY-L	**0.0025** (0.0015-0.0041)	**0.000022** (0.00009-0.000046)	**0.93**
COMBO GLA:GLY-L	**0.0065** (0.0042-0.0080)	**0.00014** (0.00008-0.00021)	**0.97**

Tabla 2. *Valores de $CI_{50(72)}$ y 72h-NOEC en Microcystis aeruginosa del glufosinato de amonio (GLA), glifosato líquido (GLY-L) y el combo GLA:GLY-L*

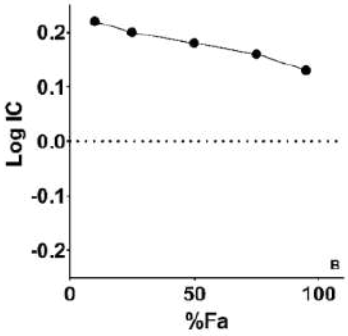


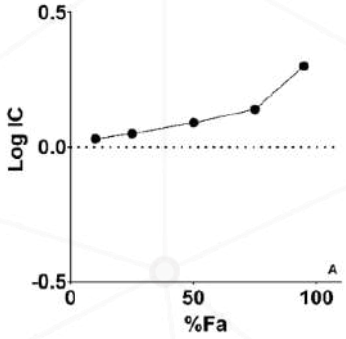
En conjunto, la interacción binaria de los herbicidas fue aditiva al 50 % de respuesta para *C. vulgaris* (IC50%= 1.22), antagónica para *M. aeruginosa* (IC50%= 1.51). Esta misma respuesta se observa para la NOEC en ambas microalgas (IC10%= 1.07 y 1.67, respectivamente), como se exhibe en el Gráfico 2A y 2B, y Tabla 3.

	Chlorella vulgaris		***Microcystis aeruginosa***	
% Fa	**IC***	**Efecto**	**IC***	**Efecto**
10	**1.07**	**Aditivo**	**1.67**	**Antagónico**
25	**1.12**	**Aditivo**	**1.59**	**Antagónico**
50	**1.22**	**Aditivo**	**1.51**	**Antagónico**
75	**1.38**	**Antagónico**	**1.45**	**Antagónico**
95	**1.98**	**Antagónico**	**1.30**	**Aditivo-Antagónico**

Tabla 3. *Índices de Combinación en Chlorella vulgaris y Microcystis aeruginosa de la mezcla binaria entre el GLA y GLY-L*

*Los datos no experimentales de la mezcla binaria se obtuvieron de concentraciones ambientalmente relevantes estimadas por la U.S. EPA Los rangos de IC<1, IC≈1 y IC>1 indican sinergismo, efecto aditivo y antagonismo, respectivamente (Chou et al., 2018)





CONCLUSIONES. En resumen, la interacción binaria de los herbicidas glufosinato de amonio y glifosato en C. vulgaris microalga verde de agua dulce, se presenta la adición de sus respuestas tóxicas a la NOEC y a la CI50. Mientras que, en la cianobacteria M. aeruginosa mostró antagonismo de baja intensidad, sugiriendo que a mayores concentraciones de los agroquímicos podrían alcanzar una respuesta aditiva, que para los ecosistemas acuáticos son respuestas de elevado riesgo acuático como contaminantes emergentes como vectores de toxicidad combinada.

REFERENCIAS.

1. Chou, T.-C., 2018. The combination index (CI < 1) as the definition of synergism and of synergy claims. Synergy 7, 49–50. https://doi.org/10.1016/j.synres.2018.04.001
2. Chou, T.-C., 2010. Drug Combination Studies and Their Synergy Quantification Using the Chou-Talalay Method. Cancer Res. 70, 440–446. https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-09-1947
3. Chou, T.-C., 2006. Theoretical Basis, Experimental Design, and Computerized Simulation of Synergism and Antagonism in Drug Combination Studies. Pharmacol. Rev. 58, 621–681. https://doi.org/10.1124/pr.58.3.10
4. Chou, T.-C., Talalay, P., 1984. Quantitative analysis of dose-effect relationships: the combined effects of multiple drugs or enzyme inhibitors. Adv. Enzyme Regul. 22, 27–55. https://doi.org/10.1016/0065-2571(84)90007-4
5. OECD, 2011. Test No. 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test | en | OECD (No. Section 2). OECD Publishing, Paris,France.
6. Alcántara-de la Cruz, R., Cruz-Hipolito, H. E., Domínguez-Valenzuela, J. A., & De Prado, R. (2021). Glyphosate ban
in Mexico: potential impacts on agriculture and weed management. Pest Management Science, 77(9), 3820–3831.
https://doi.org/10.1002/ps.6362
7. Reddy, N., & Dileep, D. (2022). Glufosinate Ammonium An Overview. https://pan-india.org/wp content/uploads/2022/12/Glufosinate-Ammonium-An-overview_PAN-India_Dec2022.pdf
8. SADER, & SENASICA. (2019). MANUAL PARA EL BUEN USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS EN CAMPO. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL_PARA_EL_BUEN_USO_Y_MANEJO_DE_PLAGUIC_DAS_EN_CAMPO.pdf
9. María Elena Sáenz, & Darío, W. (2009). Ecotoxicidad del herbicida Glifosato sobre cuatro algas clorófitas dulceacuícolas.
10. Limnética/Limnética, 28(1), 149–158. https://doi.org/10.23818/limn.28.11
11. Suciu, N., Russo, E., Calliera, M., Luciani, G. P., Trevisan, M., & Capri, E. (2023). Glyphosate, glufosinate ammonium, and AMPA occurrences and sources in groundwater of hilly vineyards. Science of the Total Environment, 866, 161171.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161171

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124112

CONTAMINACIÓN POR MICROPLÁSTICOS EN SUELOS AGRÍCOLAS QUE EMPLEAN NAVE DE INVERNADERO RESPECTO AL CULTIVO EXPUESTO

José Amparo Vázquez Díaz, Rosenda Aguilar Aguilar y Juan Luis Mora Rosas
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; avazquezd19@gmail.com
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rosendaguilar@gmail.com
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.mora@umich.mx

Palabras Clave: microplásticos, suelo, agricultura protegida.

RESUMEN. En los últimos años, la contaminación por plásticos se ha detectado cada vez en más espacios planetarios (acuáticos, aéreos y terrestres) y en organismos; y es que, este tipo de materiales sigue siendo ampliamente usado debido a su durabilidad, resistencia, fácil acceso y bajo costo. La contaminación por plásticos representa un problema global debido a la facilidad con que éstos se disgregan y se dispersan en pequeños fragmentos entre los que destacan los microplásticos (MP). La presencia de MP en suelos no ha pasado desapercibida, ya que se ha asociado a disminución en la productividad agrícola, cambio en la composición de la fracción viva del suelo o alteración de características físico-químicas del mismo. El estudio de MP en suelos resulta importante porque las partículas plásticas contaminantes podrían tener consecuencias en diferentes niveles de la organización biológica y económica. En este trabajo se identificó la contaminación por MP encontrada en suelos agrícolas que emplean nave de invernadero respecto a suelos agrícolas con cultivo expuesto. Se trata de un estudio de nivel exploratorio que determinó variables edafológicas y extrajo MP en suelos a efecto de realizar un análisis comparativo entre los sitios de cultivo. Los resultados mostraron un promedio de 42.4 MP/g suelo, 17.2 MP/g suelo y 15.8 MP/g suelo en tres parcelas diferentes, entre los que predominaron los colores negros (43.2%), rojo (17.8%) y gris (16.2%) para la parcela SCA, negro (34.8%), gris (14.8%) y rojo (10.3%) para la parcela LE y (35.9%), azul (19.7) y gris (15.5%) para la parcela SCI.

INTRODUCCIÓN. La agricultura a campo abierto representa la razón por la que el ser humano dejó de ser nómada para establecerse en sitios específicos de donde se desarrollaron diversas civilizaciones; ello ocurrió aproximadamente hace 15 000 años, cuando se formaron comunidades sedentarias que, aunque en un principio continuaban con la recolección, con el tiempo iniciaron con la organizaron de sistemas de parcelas para el cultivo agrícola (Dow & Reed, 2015). Desde esa época a la actualidad, el progreso tecnológico y científico ha promovido que, al día de hoy, se cuente con vastos conocimientos agrícolas y con cientos de nuevas tecnologías que conducen a una mayor producción por hectárea cada vez (SADER, 2022). En lo que se refiere a la agricultura, existen dos escenarios que serán el punto focal de la presente propuesta de investigación. Uno se refiere a la condición de agricultura abierta y otro a la de agricultura protegida.

La agricultura protegida se define como la práctica en la que los cultivos se encuentran bajo o en contacto con estructuras generalmente plásticas capaces de proporcionar condiciones artificiales óptimas de microclima para el cultivo de plantas y flores, disminuyendo la acción de las variables atmosféricas naturales (Portillo, 2006). Actualmente, la contaminación por plásticos representa un problema global debido a la facilidad con que éstos se disgregan y se dispersan. Ello significa que el material original desechado en el entorno sufre diversas alteraciones físicas, químicas y/o biológicas que los fragmentan en pedazos cada vez menores que, de acuerdo con su tamaño, podrían identificarse como macroplásticos, mesoplásticos, microplásticos (MP), nanoplásticos y picoplásticos (Lowry, 2012). La presente investigación busca reconocer la existencia de la contaminación en suelo agrícola en el estado de Michoacán a efecto de, posteriormente, llevar a cabo estudios más específicos que expongan los daños vegetales, o ambientales o económicos que esto implica.

ANTECEDENTES. Se ha establecido que los plásticos descartados en el entorno causan problemas ambientales debido a la fragmentación y dispersión del macromaterial. De forma particular, la agricultura puede ser fuente de múltiples materiales plásticos cuyo origen podría estar en los invernaderos, túneles, microtúneles, malla sombra, embolse, mulching, envases o cualquier otra aplicación de las mencionadas anteriormente, pero también ser un sumidero de microplásticos (MP) generados por otras actividades humanas y que fueron transportados por aire, agua o antrópicamente hasta el suelo (Lowry et al., 2012). De forma particular cabe resaltar que, en el caso del ambiente agrícola, existe la práctica de quemar todo el residuo plástico al aire libre esparciendo los fragmentos plásticos por la atmósfera. Al hacerlo se contribuye a que estos materiales empeoren la naturaleza contaminante propias del material (Vásquez et al., 2014). En la Tabla 1 se resumen algunos hallazgos relevantes respecto al contenido de MP en suelos.

AÑO	SITIO DE ESTUDIO	CANTIDAD DE MP ENCONTRADOS	AUTORES
2015	Buenos Aires, Argentina	2-3 g de polietileno/m^2	Ramos et al.
2018	Suiza	393 partículas/kg	Scheurer y Bigalke
2018	Shanghai, China	12.97-78 partículas/kg	He et al.
2018	Lago Dian, China	7.1-42.96 partículas/kg	Zang et al.
2019	Bahía de Hangzhou, China	263-571 partículas/kg	Zhou et al.
2019	Honduras	0.23 % de plástico	Salazar
2021	Shandong, China	310-5,698 partículas/kg	Yu et al.
2021	Murcia, España	2,116 ± 1,024 partículas/kg	Beriot et al.
2021	San Juan Cotzocón, México	Fibras y fragmentos con tamaños de 40 a 500 µm	Álvarez et al.
2022	Shihezi, China	Fibras y fragmentos con tamaños de 10 a 500 µm	Jia et al.
2022	La Mayuna, Perú	5,337 partículas/kg	Silva et al.
2023	Shouguang, China	1,948.1± 992.5 partículas/kg	Li et al.

Tabla 1. *Hallazgos relevantes que exponen el problema de los MP en suelo.*

OBJETIVO. Identificar la contaminación por microplásticos encontrada en suelos agrícolas que emplean nave de invernadero respecto a suelos agrícolas con el cultivo expuesto.

OBJETIVOS PARTICULARES. Analizar las características edafológicas de los suelos agrícolas desde la perspectiva diferencial de la agricultura protegida y de campo abierto. Determinar la cantidad y características de los microplásticos presentes en los suelos agrícolas muestreados. Comprobar que la contaminación por microplásticos se encuentra en función de la cubierta del invernadero empleada en la agricultura protegida.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología empleada fue aleatoria y cuantitativa. El muestreo consistió en extraer 9 muestras de suelo por cada parcela, obteniendo un total de 27 ejemplares, El diseño experimental se muestra a continuación en la Figura 1.



Fig 1. *Diseño experimental del muestreo*

El análisis edafológico se realizó mediante los métodos empleados en el Laboratorio de Edafología de la UMSNH, determinando las siguientes variables: color, textura, densidad real, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, agua aprovechable, materia orgánica, pH y capacidad de intercambio catiónico.
Para realizar el análisis de plásticos se aplicó un método modificado para la extracción de microplasticos de suelo o de sedimento basado en Blasing & Amelung (2018).

RESULTADOS. Los resultados de los análisis edafológicos y los análisis de MP se describen a continuación:

- Respecto a la variable de textura se encontró una sola clase textural (Franco arcillo-arenoso) para las tres parcelas (Figura 2, J, K y L).
- Respecto a porosidad, densidad real y aparente, los suelos de las tres parcelas son similares entre sí, con una mayor porosidad y menor densidad por volumen de material (Figura 2, I, E y D).
- Los suelos estudiados son similares en su punto de marchitez, agua aprovechable y capacidad de campo; todos presentan una menor capacidad para retener el agua que lo esperado para su clase textural (Figura 2, H, A y B).
- El suelo de la parcela San Cristóbal Invernadero presenta baja carga de materia orgánica y alta CIC, mientras que el de San Cristóbal Abierto mayor pH (Figura 2, F y C).
- Para el caso de MP, el suelo de San Cristóbal Abierto posee mayor cantidad de MP (42.4 MP/g) en comparación con La Estancia (17.2 MP/g) y San Cristóbal Invernadero (15.8 MP/g) representado en la Figura 3.

- Se tiene una distribución de color diferente en cada sitio; en SCA los colores predominantes son negro (43.2%), rojo (17.8%) y gris (16.2%). En LE los MP más abundantes fueron negro (34.8%), gris (14.8%) y rojo (10.3%). Finalmente en SCI se encontraron negro (35.9%), azul (19.7) y gris (15.5%) representado en la Figura 4.
- Los bordes identificados fueron irregulares y lisos, con porcentajes variados los cuales se muestran en la Figura 5.
- Las formas encontradas fueron: irregular, esfera, fibra, estrella, cubo, cilindro, aguja, rectángulo y cuadrado. En SCA las formas dominantes son irregular (47.4%) y fibra (42.4%). En LE dominan las formas irregulares (51.6%) y fibras (32.3%). Finalmente en SCI se encontró que domina la forma fibra (58.5%) e irregular (40.1%) representado en la Figura 6.

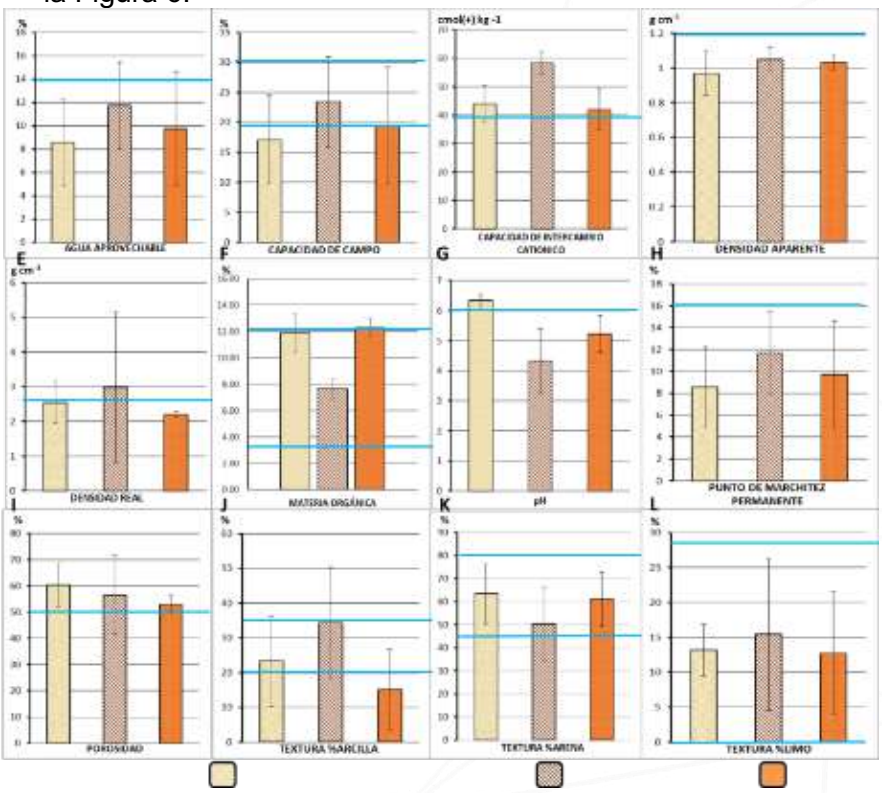


Fig 2. *Análisis edafológico de los tres sitios de muestreo*

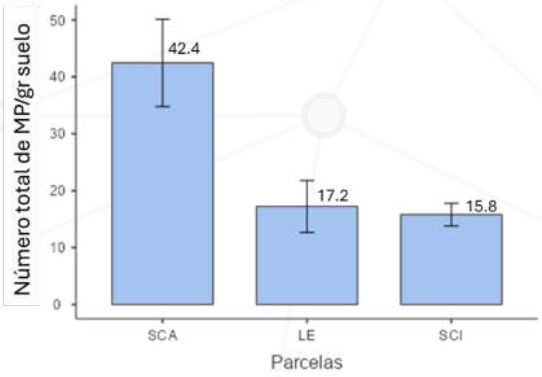


Fig 3. *Total de MP por sitio*

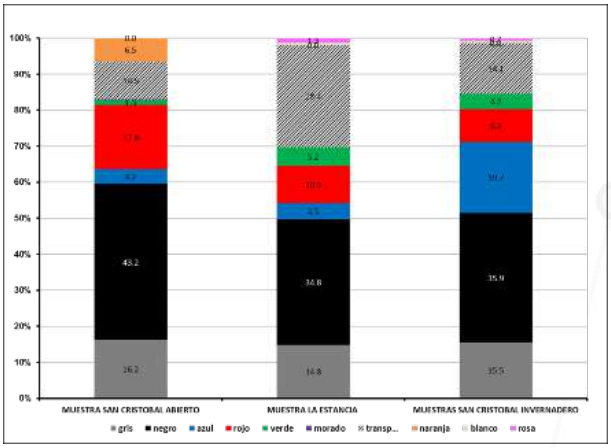


Fig 4. *Conteo y caracterización de MP por color.*

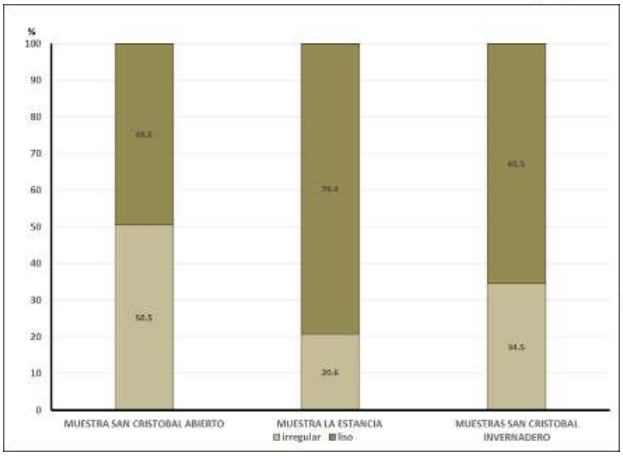


Fig 5. *Conteo y caracterización de MP por borde.*

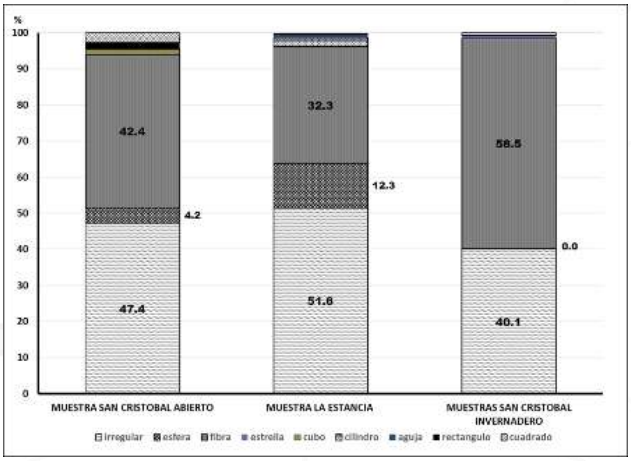


Fig 6. *Conteo y caracterización por forma.*

CONCLUSIONES. La hipótesis de trabajo expone que en el suelo agrícola que emplea nave de invernadero existirá mayor contaminación por microplásticos

respecto al cultivo expuesto. Sin embargo, y de acuerdo con los análisis estadísticos realizados, esto no se cumplió. El mayor número de MP fue encontrado en la parcela de San Cristóbal Abierto (SCA) en la cual no hay cubierta plástica, indicando que dicha protección no parece estar relacionada con la contaminación al suelo. Asimismo, no se encontraron MP colores blancos característicos de la cubierta, por lo que se concluye que en la actualidad la nave de invernadero no representa una fuente de contaminación en este sitio.

REFERENCIAS.

1. Dow, G., & Reed, C. (Noviembre de 2015). The origins of sedentism: Climate, population, and technology. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167268115001985
2. Lowry, G., Gregorio, K., Apte, S., & Plomo, J. (2012). Transformaciones de Nanomateriales en el Medio Ambiente. Obtenido de ACS Publications: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es300839e.
3. Portillo, M. a. (2006). MANUAL DE AGRICULTURA PROTEGIDA. Obtenido de Bdigital Zamorano: https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/c0413d8b-575b-4386-a134-6ea6c224489d/content
4. SADER. (23 de Diciembre de 2022). Agricultura abierta vs campo abierto. Recuperado el 16 de Agosto de 2023, de Rieggo: https://rieggo.com/blog/agricultura-abierta- vs-campo-abierto/.
5. Vásquez, Z., Gavilanes Freire, J. H., & Guido, E. (7 de Junio de 2014). La acumulación de envases de plaguicidas y su incidencia en la contaminación ambiental en el cantón Quero. Obtenido de Repositorio Digital UTA: https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/7549

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1: Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124113

COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE MICROPLÁSTICOS DE SUELOS

Ricardo Alejandro Ruíz Zavala[1] Rosenda Aguilar Aguilar[2] Juan Luis Mora Rosas[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 1342671d@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo rosenda.aguilar@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo juan.mora@umich.mx

Palabras Clave: Microplásticos, suelo, extracción

RESUMEN. Los microplásticos son contaminantes cuya abundancia y naturaleza química requiere de una extracción a partir del sistema donde se encuentren, a saber, agua, suelo, aire o algún organismo. En función de la composición de estos últimos, las investigaciones han ido desarrollando diferentes formas de separación de microplásticos entre las que destacan las químicas y las físicas. De forma particular, para los suelos, la extracción conlleva dificultades debido a dos asuntos: a) la compleja composición del suelo en su fase sólida, y b) la inmensa variedad química de microplásticos contaminantes presentes en el mismo. El trabajo por presentar expondrá los resultados obtenidos al desarrollar una técnica de separación de microplásticos donde se incluyó como variable de estudio al aceite de canola. Es decir, a partir de suelos de un Área Natural Protegida en el Municipio de Morelia, se llevó a cabo el proceso de extracción comparando el uso de peróxido de hidrógeno-aceite respecto al peróxido de hidrógeno solo. Los resultados mostraron diferencia en promedio de 213 MP a favor de aquellas muestras a las cual se les aplico aceite de canola, aunque estadísticamente no se encontró diferencia significativa.

INTRODUCCIÓN. Los plásticos son polímeros orgánicos sintéticos que provienen de la polimerización de monómeros extraídos del gas o del petróleo, por lo tanto, su composición química es muy variada, dichos compuestos tienen una masa molecular y una plasticidad elevada y se les añaden ciertos productos químicos para aumentar el rendimiento y la eficiencia de los productos (Laskar y Kumar, 2019). Según su aplicación, se han clasificado en 7 clases que son: PET (tereftalato de polietileno), HDPE (polietileno de alta densidad), PVC (policloruro de vinilo), LPDE (polietileno de baja densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno) y Otros (SAN, ABS, PC y Nylon). (AIMPLAS, 2019). Sus diferentes propiedades físicas y químicas dificultan tener una sola forma de extracción a partir de agua, suelo, aire o tejido biológico contaminado. Por tanto, existen variaciones metodológicas para conseguir la separación de las partículas plásticas. La intención del trabajo de investigación fue la evaluación del aceite de canola como medio extractor de microplásticos (MP).

ANTECEDENTES. La problemática de MP como contaminantes ambientales tiene relativamente poco tiempo; es a inicios del siglo XXI cuando emerge el interés científico en el tema debido a los hallazgos de plásticos en el entorno. Cada grupo de investigación ha desarrollado sus propias técnicas de extracción e identificación de MP, por lo cual no existe

hoy en día una metodología común. Algunos aplican procedimientos de evaporación, otros emplean espectroscopia Raman, otros utilizan la separación por flotación en diversas soluciones, algunos más la espectroscopía ATR-FTIR y microscopía de FT-IR, digestión orgánica con NaOH, espectroscopía de fotoelectrones (XPS), o emplean imágenes de láser infrarrojo directo (LDIR). El presente trabajo busca mejorar la metodología de extracción empleando aceite de canola como medio de flotación para MP debido a que esta sustancia posee una densidad relativa de 0.914-0.920 a 20°C, la cual permitiría que una cantidad mayor de MP flote.

OBJETIVO. Identificar una diferencia en cantidad de MP presentes en los suelos utilizando dos métodos de extracción: A) solución NaCl + peróxido de hidrogeno + aceite de canola, B) solución NaCl + peróxido de hidrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se usaron seis muestras de suelo extraído de la zona superficial (profundidad de 10 cm) del Área Natural Protegida Zona de Protección y Restauración Ambiental Lomas de Santa María y Depresiones aledañas. En tres de las muestras se aplicó el método A consistente en NaCl 0.9% por 24 horas + aceite de canola por las siguientes 24 horas y posterior digestión orgánica con peróxido de hidrógeno al 30%; en las otras tres muestras se aplicó la misma secuencia, pero omitiendo el aceite de canola (método B). Todos los sobrenadantes se filtraron al vacío empleando filtro de celulosa de 11 micrómetros de abertura de poro; después del secado se cuantificaron los MP por microscopía óptica.

RESULTADOS. La flotabilidad de los MP se evaluó tanto con una solución de NaCl como con el aceite de canola. El peróxido de hidrógeno se aplicó para realizar una degradación orgánica posterior a la separación por flotabilidad. Como resultado se encontró que la cantidad de MP contabilizados en las muestras en las que se aplicó aceite de canola exhibió un número promedio de 754 MP/g de suelo en comparación con 541 MP/g a las que no se aplico el aceite. Esto reveló una diferencia de 213 MP entre ambas técnicas (Figura 1). No obstante, al llevarse a cabo un análisis estadístico T *student* para comparar estos resultados (Tabla 1), se obtuvo un *p-value* de 0.116 el cual muestra que no habría diferencia significativa en la cantidad de MP totales entre ambas aplicaciones (con nivel de significancia de 0.05).

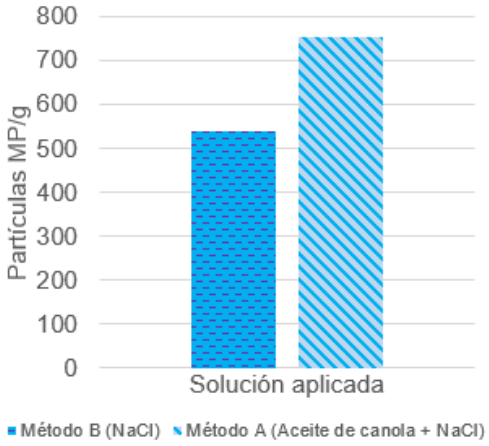


Figura 1. *Número de partículas totales de MP en cada gramo de suelo. Método A (NaCl +aceite) y método B (NaCl).*

Descriptivas

	Solución	Total de MP
N	Sin aceite	3
	Con aceite	3
Perdidos	Sin aceite	0
	Con aceite	0
Media	Sin aceite	541
	Con aceite	754
Mediana	Sin aceite	561
	Con aceite	812
Suma	Sin aceite	1622
	Con aceite	2261
Desviación estándar	Sin aceite	138
	Con aceite	122
Mínimo	Sin aceite	394
	Con aceite	613
Máximo	Sin aceite	667
	Con aceite	836

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p
Total de MP	T de Student	-2.00	4.00	0.116

Nota. H_a $\mu_{\text{Sin aceite}} \neq \mu_{\text{Con aceite}}$

Tabla 1. *Análisis Estadísticos Descriptivos y t de Student de MP totales*

CONCLUSIONES. La flotabilidad de los MP entre ambas técnicas no mostró una diferencia estadística que pueda establecer que el uso de aceite de canola mejora la extracción. Sin embargo, debe hacerse notar que la obtención de mayor número de MP con aceite es indicativo de la capacidad de la fase aceitosa para extraer mayor cantidad de microplásticos de suelo.

REFERENCIAS.

1. AIMPLAS. (15 de marzo de 2019). Clasificación e identificación de materiales plásticos. Obtenido de AIMPLAS: https://www.aimplas.es/blog/clasificacion-e-identificacion-de-materiales-plasticos/#:~:text=Seg%C3%BAn%20su%20estructura%20qu%C3%ADmica%20y,en%20termopl%C3%A1sticos%2C%20termoestables%20y%20elast%C3%B3meros.
2. Ballent, A., Corcoran, P., Madden, O., Helmc, P., & Longstaffea, F. (2016). Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake ontario nearshore, tributary and beach sediments. Marine pollution bulletin, 383-395.
3. Baño Martí, E. (2022). Usos del plástico en la agricultura. Obtenido de Plástico: https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/399556-Usos-del-plastico-en-la-agricultura.html
4. Bermúdez, J. R., & Swarzenski, P. W. (2021). A microplastic size classification scheme aligned. MethodsX, 6.
5. Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: analytical methods and possible sources. Science of the total environment, 422-435.
6. Clim Profesional. (2022). Productos de limpieza ecológicos: hechos con plástico marino reciclado. Obtenido de https://www.climprofesional.com/blog/productos-limpieza-eco-plastico-marino/
7. Corradini, F., Meza, P., Eguiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E., & Geissen, V. (2019). Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. Science of the total environment, 411-420.
8. Dianxing, C., & Quanjiu, W. (2021). Estudio sobre características de ocurrencia y los efectos ambientales de los microplásticos en suelos típicos de tierras agrícolas en el área de Baoji. Recursos y medio ambiente de zonas áridas, 35.

9. Ecoplas. (2020). Innovación y sustentabilidad de los plásticos para envases cosméticos e higiene personal. Plásticos y medio ambiente, 1-14.
10. Ecoplas. (2020). Plásticos y medio ambiente. Obtenido de Campos de aplicación: https://ecoplas.org.ar/campos-de-aplicacion/
11. Fábrica de inyección. (2018). Usos más comunes de los plásticos. Obtenido de Fábrica de inyecciones plásticas: https://fabricadeinyeccion.com/usos-mas-comunes-de-los-plasticos/
12. Forster, N. A., Wilson, S. C., & Tighe, M. K. (2023). Microplastic pollution on hiking and running trails in Australian protected environments. Science of the total environment, 1-14.
13. Fuller, E., & Gautam, A. (2016). A procedure for measuring microplastics using pressurized fluid extraction. Environmental science y technology, 5774-5780.
14. Laskar, N., & Kumar, U. (mayo de 2019). Plastics and microplastics: A threat to environment. Obtenido de ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186418302748
15. Mahon, A. M., Connell, B. O., Healy, M. G., Connor, I. O., Officer, R., Nash, R., & Morrison, L. (2017). Microplásticos en en lodos de depuradora: efectos del tratamiento. Ciencia y tecnología ambientales, 810-818.
16. Mayoma, B. S., Sorensen, C., Shashoua, Y., & Khan, F. (2020). Microplastics in beach sediments and cockles (Anadara antiquata) along the Tanzanian coastline. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.
17. Pandey, B., Pathak, J., Singh, P., Kumar, A., Kaushik, S., & Kumar Thakur, T. (2023). Microplastics in the Ecosystem: An Overview on Detection, Removal, Toxicity Assessment, and Control Release. Water.
18. Piehl, S., Leibner, A., j. Loder, M., Dris, R., Bogner, C., & Laforsch, C. (2018). Identificación y cuantificación de macro y microplásticos en una explotación agrícola. Scientific, 8.
19. Radford, F., Zapata-Restrepo, L. M., Horton, A. A., Hadson, M. D., Shaw, P. J., & Williams, I. D. (2021). Developing a systematic method for extraction of microplastics in soils. Analytical methods, 13, 1695-1705.
20. Scheurer, M., & Bigalke, M. (2018). Microplastics in Swiss Floodplain Soils. Environ. Sci Technol, 52, 3591-3598.
21. Yu, L., Di Zhang, J., Yuan Chen, L., Shutao, & Xin Liu, W. (2021). Distribution characteristics of microplastics in agrucultural soils from the largest vegetable production base in China. Science of the total environment, 143860.
22. Zhang, G., & Liu, Y. (2018). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. Science of the Total Environment, 642, 12-20.
23. Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., . . . Luo, Y. (2018). The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the bohai sea and the yellow sea. Geoderma, 201-208.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124114

DETECCIÓN DEL PARÁSITO OPHRYOCYSTIS ELEKTROSCIRRHA EN PLANTAS DE ASCLEPIAS SPP., LARVAS Y ADULTOS DE MARIPOSA MONARCA

Ramón Hugo Ontiveros Palma, José Tulio Méndez Montiel, Elba Andrea Falcón Ruiz, Silvia Edith García Díaz, Lizeth Guadalupe Durán Espinosa

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Asclepias Spp, Protozoario, Larvas.

RESUMEN. El presente estudio se plantea para detectar y analizar la interacción de Asclepia spp., con larvas y mariposa Monarca adulta, para poder tener un panorama más amplio de la interacción con el protozoario Ophryocystis elektroscirrha, ya que dicho parásito ocasiona un problema en la salud de las mariposas monarca. La mariposa monarca durante su etapa de adulto, se alimenta de néctar y pasa de ser un herbívoro a ser un importante polinizador. Ya que, a través de su migración, estos pequeños insectos mueven el polen de las plantas con flores, promoviendo así la diversidad genética de las plantas. El hablar del protozoario Ophryocystis elektroscirrha, causa gran preocupación dentro de las instancias encargadas de la protección de la mariposa monarca, puesto que causa problemas de malformación y acorta el tiempo de vida de los adultos, sin embargo, la interacción entre este parásito y la mariposa monarca se remonta a muchas décadas. Dentro del ciclo biológico de la mariposa, la alimentación es crucial, especialmente porque la Asclepia spp., su principal fuente de alimento, le ayuda a generar toxinas que le sirven como defensa contra depredadores como roedores y aves durante su etapa de larva. Es en este contexto que surge el dilema con la planta Asclepia curassavica (algodoncillo o venenillo), ya que se cree, sin evidencia científica, que es el principal vector de Ophryocystis elektroscirrha.

INTRODUCCIÓN. La mariposa monarca (Danaus plexippus) es una de las especies más conocidas y estudiadas mundialmente por la increíble migración masiva que lleva a millones de mariposas desde Canadá y Estados Unidos a México a finales del verano y en otoño, con un recorrido de aproximadamente 5000 kilómetros (National Geographic, 2010). La mariposa monarca puede usar como plantas hospederas del estado larval a al menos 27 especies de Asclepias (Apocynaceae: Asclepiadoideae) conocidas comúnmente como algodoncillos. Las fuentes de alimento de las monarcas varían según la etapa biológica. Las orugas se alimentan principalmente de algodoncillos, especies del género Asclepias (Apocynaceae) (Galindo Leal y Salinas Rendon 2005). La mariposa monarca durante su etapa de adulto, se alimenta de néctar y pasa de ser un herbívoro a ser un importante polinizador. Ya que, a través de su migración, estos pequeños insectos mueven el polen de las plantas con flores, promoviendo así la diversidad genética de las plantas (SEMARNAT, 2017). Las zonas boscosas de Michoacán y el Estado de México durante el invierno

proporcionan las condiciones especiales para el desarrollo de la monarca, ya que estos sitios se encuentran a 2,400 y 3,600 metros de altura sobre el nivel del mar, los árboles de oyamel son de 20 a 50 metros de altura, con ramas densas y hojas en forma de pequeñas agujas, lo cual genera un microclima especial. Con temperaturas frescas, nubes y neblina que proporcionan agua, protección contra el granizo y la nieve (SEMARNAT, 2016). Las monarcas pueden ser atacadas tanto por parásitos como parasitoides, la mosca tácnida y las avispas bracónidas son pequeños parasitoides que ponen sus huevos en las orugas de la monarca. Las larvas parecen desarrollarse correctamente, pero justo antes de convertirse en pupas, las larvas o gusanos se arrastran dejando atrás una oruga muerta. Las avispas calcidas ponen sus huevos en la crisálida misma, y emergen cientos de pequeñas avispas en lugar de una hermosa mariposa (Villarroz, 2024). Los parásitos obligados a menudo producen estructuras resistentes como esporas para sobrevivir en el medio ambiente mientras espera al próximo huésped. Dentro de los parásitos monarca se encuentran: Virus de la poliedrosis nuclear, beauvaria bassiana, bacterias pseudomonas, Ophryocystis elektroscirrha, Nosema microsporidiano (University of Georgia, 2019). Las monarcas son vulnerables a varios parásitos, pero el más conocido es Ophryocystis elektroscirrha (OE). Las orugas infectadas con OE se desarrollan de forma natural, pero su crisálida a menudo muestra pequeñas manchas oscuras que son presencia de Ophryocystis elektroscirrha. El cual impide que las mariposas adultas se desarrollen correctamente y, si eclosionan, sus alas o cuerpos a menudo son deformes (Villarroz, 2024). La Ophryocystis elektroscirrha debe vivir dentro de un anfitrión para crecer y multiplicarse. Sin embargo, cuando no está dentro de un huésped, sobre vive en el medio ambiente en forma de Ooquistes, que son resistentes a condiciones extremas (Monarch Health, 2017). Siendo la fase larval en donde comienza la infección por Ophryocystis elektroscirrha, para las nuevas mariposas ya que, al ingerir el follaje en el que se encuentran los Ooquistes del protozoario, estás comienzan con la infección, y el nivel de infestación en las larvas va a depender de la cantidad de follaje que ingirieron ya que al ingerir demasiado follaje los cardenólidos (sustancia que contiene las plantas de Asclepias), actúan como un desparasitante en el aparato digestivo de la larva (Monarch Health, 2017). La Asclepias, proporciona las toxinas a las larvas de mariposa monarca, las crisálidas emergen en forma de adultos bellamente coloreados en negro, naranja y blanco. El colorido patrón de las monarcas hace que sean fáciles de identificar, esa es la idea. Los colores distintivos advierten a los depredadores que tienen mal sabor y son venenosas (SEMARNAT, 2016).

ANTECEDENTES. La relación entre la mariposa monarca con la planta de Asclepia Spp., y el protozoario Ophryocystis elektroscirrha (OE), es un tema de gran importancia dentro de la biología de la conservación de la mariposa monarca. El estudio de Rosario Rodríguez, Ramón A. y Acevedo Suárez (2020), hacen el primer reporte de la infección por el protozoario Ophryocystis elektroscirrha (Neogregarinida: Ophryocystidae), por primera ves reportan esporas del parasito en escamas de varios individuos provenientes del mariposario del zoológico Dr. Juan A. Rivero en Mayagüez al oeste de la isla de Puerto Rico. Como señala Salgado (2016), en su articulo titulado “Sin Asclepias no hay monarca”, la presencia de Asclepias en los santuarios de la mariposa monarca es crucial para la supervivencia de esta especie. El descenso de las poblaciones de mariposa en los últimos 20 años se debe principalmente a que las Asclepias del género Siriaca y de otros géneros, están desapareciendo por el uso excesivo de herbicidas y la pérdida del hábitat (National Geographic, 2010).

OBJETIVO. Analizar las plantas de *Asclepias Spp.*, larvas de tercer y quinto instar, fig.1, así como adultos de mariposa monarca, en tres santuarios para confirmar la presencia o ausencia del protozoario *Ophryocystis elektroscirrha.*



Figura 1*. larva de mariposa monarca en Asclepia curassavica*

OBJETIVOS PARTICULARES. Identificar qué relación existe entre *Asclepias Spp.,* y la presencia del protozoario *Ophryocystis elektroscirrha* en la mariposa monarca*.* Identificar mediante técnicas de laboratorio, con microscopio compuesto si existen Ooquistes del protozoario *Ophryocystis elektroscirrha* en las escamas del abdomen del adulto de mariposa monarca. fig.2



Figura 2. Escama con presencia de Ooquistes de Ophryocystis elektroscirrha

3.Para ubicar con mayor certeza la presencia y cantidad de Ooquistes de *Ophryocystis elektroscirrha* en larvas, mariposa adulta y *Asclepia* Spp., dicho análisis se realizará a través del método de citometría, así como también la extracción y secuenciación de ADN, mediante la técnica de laboratorio la PCR de punto final.

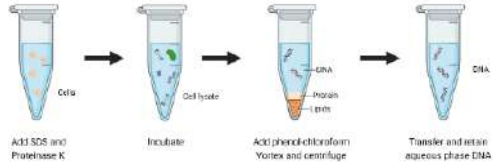


Figura 3. *Esquema de protocolo de extracción de ADN*

MATERIALES Y MÉTODOS.

Hojas de registro	Vernier digital	Cinta adhesiva “pegatina”
Libreta de campo	Porta objetos	GPS
Marcador indeleble	Red fina para mariposas	Cámaras de cría
Lapis	Guantes de nitrilo	Microscopio compuesto

Tabla 1. *lista de materiales para colecta de material*

I.-Identificar mediante claves morfológicas a las plantas del género *Asclepia S*pp., en el estado de Hidalgo, Edo. De México y en el santuario sierra Chincua del estado de Michoacán, una vez colectadas se transportarán en contenedores para su posterior procesamiento y establecimiento de las especies localizadas.

I.I.- Se realizará la identificación morfológica a las larvas que se encuentren en el sitio de muestreo.
I.II.- Se ubicarán los 5 instares en la etapa larvaria, por los que atraviesa antes de formar su crisálida. (Fig.4),

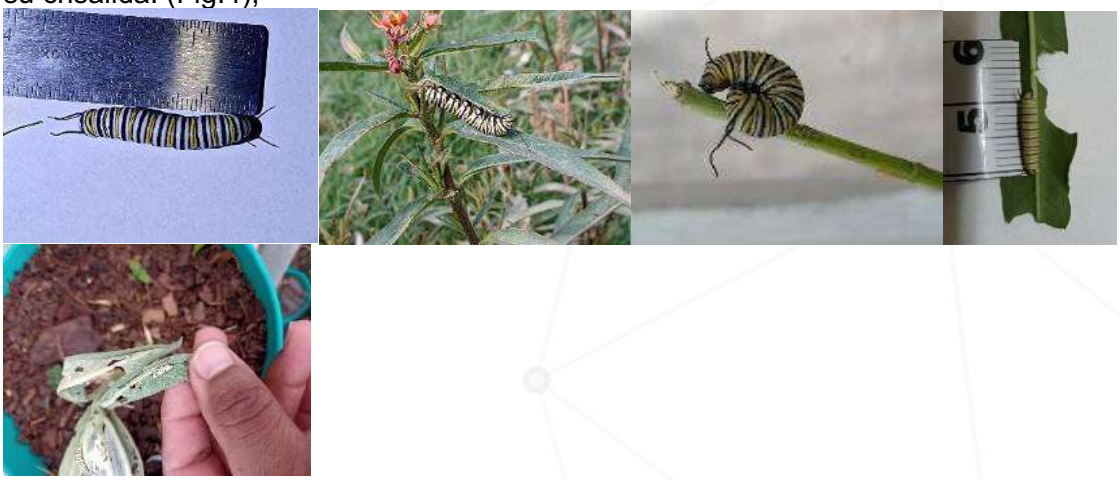


Figura 4. *Larvas del primer estadio al quinto estadio de mariposa monarca*

I.III. - Una vez identificadas y colectadas 5 larvas se conservarán en cámaras de cría de (40 x 40 x 1 m.) para mantenerlas con vida y en las condiciones lo más parecido al hábitat en que se encontraron, hasta su procesamiento en laboratorio.
I.IV.- Las cinco larvas restantes se preservarán en medio de Pampel, para preservar las características distintivas de coloración y de forma.
Colecta y toma de muestra de mariposa Monarca adulta en cada uno de los tres santuarios de avistamiento.



Figura 5. *Toma de muestra de escamas del abdomen*

Estas muestras se colectarán y evaluaran según la metodología que es utilizada por la Dra. Altizer Sonia Fig. 5, para poder contabilizar y ubicar la presencia o ausencia de Ooquistes del protozoario *Ophryocystis elektroscirrha,* en escamas del abdomen de la mariposa adulta (Monarch Health, 2019).

RESULTADOS. Con este estudio se espera poder demostrar que las plantas de Asclepia Spp., solo fungen como hospedante del parasito, sin embargo, son esenciales para el fortalecimiento y salud de la mariposa monarca debido a los cardenólidos que contiene dicha planta, de igual forma se espera demostrar que el viaje de la mariposa peregrina no se altera debido a la presencia de las plantas de Asclepia Spp., como se piensa en la actualidad.

CONCLUSIONES. Con el presente estudio se aportará al conocimiento relacionado a la protección de la mariposa monarca y como se pueden mejorar las estrategias de conservación tanto del hábitat como de la mariposa, en los diferentes santuarios.

REFERENCIAS.

1. Del Valle K. (2024), Nuevo santuario de mariposas monarca; Jiquipilco Estado de México, https://www.meganoticias.mx/toluca/noticia/nuevo-santuario-de-mariposas-monarca-jiquipilco-estado-de-mexico/492288
2. El Sol de Hidalgo. (2022). Las mariposas monarca hacen escala en Hidalgo, https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/las-mariposas-monarca-hacen-escala-en-hidalgo-9315099.html#!
3. Monarch Health, (2017), ¿Qué es EO?, https://www.monarchparasites.org/oe
4. National Geographic. (2024). Mariposa monarca: cuando la fama no es suficiente. https://www.nationalgeographic.es/animales/mariposa-monarca
5. Ortega, H. (2023). Un tesoro cultural protegido por la humanidad, https://insectopedia.club/la-mariposa-monarca-un-tesoro-cultural-protegido-por-la-humanidad/
6. SEMARNAT, (2016), Acerca de los santuarios de la mariposa monarca, Acerca de los santuarios de la mariposa monarca | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)
7. SEMARNAT, (2017), La mariposa Monarca, símbolo de la salud de los ecosistemas, https://www.gob.mx/semarnat/articulos/la-mariposa-monarca-simbolo-de-la-salud-de-los-ecosistemas
8. Villarroz, (2024). Depredadores de la mariposa monarca y parásitos a tener en cuenta. https://www.villarroz.es/depredadores-de-la-mariposa-monarca-y-parasitos-a-tener-en-cuenta/

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124115

COMPOSICIÓN DE MACROMICETOS ASOCIADOS A BOSQUES TEMPLADOS POST-INCENDIO EN MORELIA, MICHOACÁN

Susana Abigail Herrera Herrera, Víctor Manuel Gómez Reyes, Yvonne Herrerías Diego

Palabras Clave: Hongos pirófilos, ecología del fuego, sucesión ecológica

RESUMEN. Los ensamblajes de macromicetos son clave en los ecosistemas forestales y son afectados por los incendios, perjudicando la recuperación y crecimiento de la masa forestal. El presente trabajo se realizó en bosques templados de Morelia, Michoacán con el objetivo de evaluar la estructura y composición de los ensamblajes de macromicetos después de un incendio de baja severidad en distintos estadios sucesionales con sus respectivos controles. Se colectaron los macromicetos y se registraron las abundancias de los esporomas durante cuatro meses del 2023. Se analizó la diversidad a través de los números de Hill y el índice de disimilitud de Sørensen. El sitio incendiado en el 2019 presentó mayor riqueza mientras que el del 2023 fue la menor. Se concluye que los macromicetos presentes en bosques forestales incendiados superficialmente con baja severidad presentan un alto recambio de especies, permitiendo que el número de especies se aproxime al de un sitio no incendiado.

INTRODUCCIÓN. Actualmente los incendios forestales han incrementado a nivel mundial debido a cambios en los factores sociales, ambientales y culturales aumentando los efectos y presiones sobre los suelos y sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Rosero y Osorio, 2013). Generándose impactos ecológicos, económicos, sociales, políticos y operativos tanto inmediatos como en plazos cortos, medianos y/o largos, así como impactos directos o/e indirectos, tangibles e intangibles (Navarrete et al., 2011; Rosero y Osorio, 2013). Se ha estudiado el efecto del fuego en distintos tipos de vegetación, en el caso de encinares el fuego provoca cambios en su composición y estructura en función de la frecuencia e intensidad del fuego a la que se expongan (Rzedowski, 1978). De hecho, la perturbación intensa de encinares por fuego produce vegetación secundaria (pastizal) con una drástica degradación del suelo (Pennington et al., 1968). Por el contrario, los bosques de Pino son mantenidos por el fuego contribuyendo a su establecimiento y mantenimiento en el bosque (Rzedowski, 1978). De hecho, Dieterich (1983, 1985), encontró un intervalo de promedio de 3.8 años entre incendios naturales en bosques de pino. Se ha registrado que el efecto del fuego en bosques de pino depende principalmente de la especie de Pino dominante, así como el estadio dominante que presenten (plántula, juvenil, adulto), además de la intensidad y frecuencia del incendio. Otros organismos que se ven afectados por el fuego son los hongos. En este trabajo nos enfocaremos exclusivamente en los macromicetos. Los macromicetos son hongos que se caracterizan por la producción de esporomas visibles; participan en procesos e interacciones ecológicas, tales como la formación del suelo (Filialuna et al., 2021), la incorporación de nutrientes al suelo (principalmente del carbono) a través de la degradación materia orgánica compuesta por lignina y celulosa o material carbonizado (por ejemplo: Filialuna et al., 2021; Suominen et al., 2019), la regulación de poblaciones (vegetales, animales y hasta de los mismos hongos)

a través del parasitismo (Zhang, et al. 2012), además de presentar relaciones simbióticas con plantas (ectomicorrizas) (Quiñones et al., 2008) e insectos (Hofstetter et al., 2014).

ANTECEDENTES. En la literatura se han encontrado varios ejemplos donde se observó que los macromicetos son sensibles a la degradación y la restauración de los bosques (Por ejemplo, Quiñones et al., 2008). Sin embargo, hay algunas especies que tienen una dependencia y preferencia por sitios incendiados, a estos grupos se les denomina hongos pirófilos. Los hongos pirófilos se encuentran restringidos a sustratos carbonizados debido a la incapacidad que tiene para competir en sitios no quemados, presentan tolerancia al incremento del pH, presentan una respuesta fisiológica como es la estimulación a la germinación de esporas o la producción de esporomas en respuesta al calor que se produjo (Gómez et al., 2014). Son pocas las especies que se conocen y se registran como exclusivamente pirófilas; pero también se han registrado especies que son tolerantes al fuego, como es el caso de los macromicetos que habitan en bosques que son mantenidos por el fuego, siendo Laccaria laccata mayormente reportada, se ha observado que esta especie se presenta en los primeros estadios sucesionales del bosque de pino.

OBJETIVO. Evaluar la estructura y composición después de un incendio de baja severidad entre 2019, 2021 y 2023 con sus respectivos controles en bosques templados de los alrededores de Morelia, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se muestrearon sitios incendiados superficialmente en los años 2019, 2021 y 2023, con sus respectivos controles. Los controles se colocaron en un área que no estuviera afectada por el incendio, pero que se encontrar cerca de los sitios incendiados con el objetivo de tener la misma composición o una muy similar. Se visitaron los sitios cada 15 días. Durante la temporada de lluvias que fue muy atípico en el 2023 (julio a noviembre). Se colocaron 6 parcelas de 400m2 por año, 3 en el sitio incendiado y 3 en el sitio control (sitio no incendiado). En cada visita a las parcelas se recolectaron macromicetos visibles. Los organismos colectados fueron fotografiados y para cada uno se tomaron datos de campo al momento de la colecta siguiendo lo propuesto por Cifuentes, et. al. (1986) y la abundancia de esporomas presentes por parcelas, para posteriormente ser transportados al laboratorio en papel aluminio para conservar su humedad y evitar la contaminación de esporas. En el laboratorio se describieron caracteres taxonómicos relevantes para la posterior identificación taxonómica de cada colectada y se deshidrataron a 55°C por 48 horas. La determinación taxonómica se realizó con base a características morfológicas macro y microscópicas así como con ayuda de las claves taxonómicas para familias, género y morfoespecies. Los nombres fueron actualizados a través de la base de datos en línea Index Fungorum (2024). Los análisis se hacieron en R versión 4.3.3. Con la paquetería iNEXT se estimó la cobertura de la muestra (SC) para corroborar que los ensamblajes sean estadísticamente comparables. Para la diversidad taxonómica de macromicetos se estimó el número efectivo de especies, número efectivo de especies comunes y número efectivo de especies dominantes (Orden de diversidad Q o números de Hill). Aunado a esto se usó la paquetería betapart para medir la partición de beta con el índice de disimilitud Sørensen, para estimar el anidamiento y recambio de especies que hay entre ensamblajes siguiendo la propuesta de Baselga (2010).

RESULTADOS.

Diversidad taxonómica de macromicetos. Se colectaron 846 muestras en total de las cuales se identificaron 348 morfoespecies de macromicetos, pertenecientes a 123 géneros, dentro de 57 familias y 16 órdenes. Entre los sitios de muestreo la cobertura de muestra más baja fue 92% para el sitio incendiado en el año 2023 (Q2023) con 41 morfoespecies observadas (59 estimadas), seguido por su contraste (NQ2023) con 94% de cobertura y 40 morfoespecies observadas (82 estimadas), Para los sitios incendiados en el 2019 y 2021 (Q2019, Q2021) así como sus respectivos contrastes (NQ2019, NQ2021) la cobertura de muestra fue del 98% encontrándose para Q2019 99 morfoespecies observadas (114 estimadas), para Q2021 95 morfoespecies observadas (111 estimadas), para NQ2019 104 morfoespecies observadas (126 estimadas) y para el NQ2021 135 morfoespecies observadas (157 estimadas). El sitio con mayor cantidad de morfoespecies de macromicetos comunes fue el NQ2021 con 48 morfoespecies comunes y el sitio con menor cantidad de morfoespecies de macromicetos comunes fue el Q2023 con 21 morfoespecies comunes. Los sitios con mayor cantidad de morfoespecies dominantes fueron el Q2019 y el NQ2021 con 26 morfoespecies y el sitio que presento menor cantidad de morfoespecies dominantes fue el Q2021 con 13 morfoespecies.

Partición de BETA. De acuerdo con los resultados obtenidos con el índice de disimilitud de Sørensen la composición de ensamblajes de macromicetos mayormente disímil fue entre en NQ2019 y el sitio Q2023 (93%). Los ensamblajes que presentaron menor disimilitud fueron NQ2019 y NQ2021 con un 68% de disimilitud. Beta está conformado por dos componentes independientes el recambio de especies entre sitios y el anidamiento o la diferencia en riquezas entre sitios. El recambio de especies en el ambiente puede reflejar una selección de especies por el ambiente o por procesos de dispersión, mientras que el anidamiento es comúnmente relacionado con dinámicas de extinción-colonización. En este caso, observamos que las diferencias entre nuestros sitios se están dando principalmente por el recambio de morfoespecies lo que podría indicar que hubo una selección de especies a través del ambiente perturbado (sitios incendiados), en contraste con el ambiente no perturbado (sitios no incendiados).

CONCLUSIONES. Se concluyen dos cosas, la primera es que los macromicetos presentes en bosques forestales incendios superficiales con baja severidad presentan una rápida recuperación de la riqueza de especies. Sin embargo, la composición de especies presentes en sitios incendiados después de cuatro años es muy distinta a la presente en el sitio que no se incendió.

REFERENCIAS.

1. Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. Global Ecology and Biogeography, 19(1),134–143.
2. Cifuentes-Blanco, J., Villegas-Ríos, M., y Pérez-Ramírez, L. (1986). Hongos. En Lot A., y Chiamg, F., (Eds). Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de Mexico, Instituto de biología, UNAM, 55-64.
3. Dieterich, J. H. (1983). Historia de los incendios forestales en la sierra de los Ajos, Sonora. Nota Técnica no8, CIFONOUR-INF, 8.
4. Dieterich, J. H. (1985). Cronología de los incendios forestales en la Sierra de los Ajos, Sonora, México. Dasonomía Mexicana, 3(50), 20-24.
5. Filialuna, O., y Cripps, C. (2021). Evidence that pyrophilous fungi aggregate soil after forest fire. Forest Ecology and Management, 498, 119579, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119579.
6. Gómez-Reyes, V. M., Tinoco, O., Terrón, A., Gómez, M., Tena, C. A., y Garza, F. (2014). Efecto de los incendios forestales en la riqueza y composición de macromicetos. Revista mexicana de Micología, 39,21-30.

7. Hofstetter, V., Redhead, S.A., Kauff, F., Moncalvo, J., Matheny, P. B., y Vilgalys, R. (2014). Taxonomic Revision and Examination of ecological transitions of the Lyophyllaceae (Basidiomycota, Agaricales) Based on a Multigene phylogeny. Cryptogamie, Mycologie, 35(4), 399-425, doi/10.7872/crym.v35.iss4.2014.399.
8. Navarrete, A., Vela, G., López, J., y Rodríguez, Ma. De L. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. ContactoS, 80, 29-37.
9. Pennington, T. D., y Sarukhan, K. (1968). Árboles tropicales de México. INIF, SAG-FAO, ONU, 413.
10. Quiñónez, M., Garza, F., Sosa, M., Lebgue, T., Lavin, P., y Bernal, S. (2008). Índices de diversidad y similitud de hongos ectomicorrizógenos en bosques de Bocoyna, Chihuahua, México. Rev. Ciencia Forestal en México, 33(100), 59-78.
11. Rosero, J., y Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte, Colombia, Cuaderno Activa, 5, 59-67.
12. Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
13. Suominen, M., Junninen, K., y Kouki, J. (2019). Diversity of fungi in harvested forest 10 years after logging and burning Polypore assemblages on different woody substrates. Forest Ecology and Management, 446, 63-70, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.030.
14. Zhang, Y., Li, E., Wang, C., Li, Y., y Liu, X. (2012). Ophiocordyceps sinensis, el hongo insignia de China: terminología, estrategia de vida y ecología. Mycology, 3(1), 2–10. https://doi.org/10.1080/21501203.2011.654354.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124116

COMUNIDAD DE ROEDORES EN LA CUENCA DE CUITZEO: RELACIÓN CON SU HÁBITAT

Raymundo Cervantes Barriga[1], Alejandro Hiram Marín Leyva[2], Javier Ponce Saavedra[3], Cesar Tiberio Monterrubio Rico[4], Joaquín Arroyo Cabrales[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0616090d@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandro.marin@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; javier.ponce@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; tiberio.monterrubio@umich.mx

5Instituto Nacional de Antropología e Historia; arromatu@hotmail.com

Palabras Clave: Rodentia, abundancia, perturbación humana.

RESUMEN. Los roedores son actualmente el grupo con mayor número de especies dentro de los mamíferos. A nivel mundial representan el 40%, y para México el 52%. Para el caso de Michoacán, están en segundo lugar solo después de los quirópteros. Históricamente en Michoacán se han hecho listados de riqueza de roedores en diferentes localidades de estado, sin embargo, pocos son los estudios que analizan además de la riqueza, la abundancia o su relación con el hábitat donde viven. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue conocer la comunidad de roedores y su relación en tres hábitats con diferente grado de perturbación en la cuenca de Cuitzeo. Se hizo captura de roedores durante un ciclo anual en tres ambientes: pastizal, matorral y bosque de pino-encino. Se registró riqueza y abundancia para cada hábitat. Se hicieron curvas de acumulación de especies y de rango-abundancia. Estimaciones de Chao 2 y Bootstrapping. Índice de diversidad de Shannon y ANOSIM. Se registraron 98 individuos pertenecientes a 17 especies de tres familias (Heteromyidae, Cricetidae y Muriade). El sitio más diverso fue el pastizal, seguido del bosque y matorral; el primero y el último presentaron la mayor similitud en la composición. Se muestra completitud del inventario de especies, esperando encontrar una o dos más. En épocas invernales se presentó mayor abundancia. La baja diversidad en matorral es probable que se deba al aislamiento de este tipo de hábitat en la cuenca de Cuitzeo a causa de las actividades humanas y que provoca la pérdida de depredadores. En cambio, la diversidad en el pastizal y el bosque está promovida por la conectividad de estos sitios, que permite recambio de especies, incluidos depredadores.

INTRODUCCIÓN. El estudio científico de los mamíferos silvestres en Michoacán, y en especial en roedores inició en el siglo XVIII mediante colectas y descripciones (Allen, 1895; Goldman, 1918; Hall y Villa, 1948, 1949). Pero a pesar de la ubicación de Michoacán en el centro de México y del muestreo histórico efectuado, todavía se desconoce a nivel comunidad, la riqueza, diversidad, variación estacional y ambiental de las distintas comunidades en los distintos hábitats, en particular en pequeños roedores (Cricetidae y Heteromyidae). Se estima que Michoacán ocupa el quinto lugar en riqueza de su mastofauna terrestre a nivel nacional con alrededor de 167 especies sin incluir mamíferos marinos (Sánchez-Cordero et al., 2014). Michoacán cuenta con un registro de 57 especies del Orden Rodentia, que equivale al 34% de la mastofauna, ocupando el segundo lugar en

riqueza de especies después del Orden Chiroptera. Sin embargo, Rodentia destaca por contar con el mayor número y porcentaje de especies endémicas a México y cinco exclusivas a Michoacán, Peromyscus sagax, Peromyscus ensinki, Peromyscus greenbaumi, Peromyscus purepechus y Zygogeomys trichopus (Monterrubio-Rico et al., 2014). Como se mencionó anteriormente, pocos estudios han abordado la relación que existe entre la comunidad de roedores en una región y su hábitat, por lo que analizar este vínculo es relevante.

ANTECEDENTES. Los registros históricos del orden Rodentia se comienzan a documentar desde principios del siglo pasado (Goldman, 1918). Después el SNIB (Sistema de Información sobre Biodiversidad) de CONABIO reportó 5,544 colectas de este grupo entre 1892 a 1997. Para inicios del presente siglo se hace una publicación sobre mamíferos de Michoacán (Núñez-Garduño, 2005) expone a los roedores como el segundo grupo mas diverso de mamíferos. La lista más actualizada de mamíferos en donde se incluyen cambios nomenclaturas importantes de roedores llegaría una década más tarde con Monterrubio-Rico et al., (2014). Sin embargo, estudios para Michoacán relacionando especies de roedores y sus abundancias con hábitats son prácticamente nulos.

OBJETIVO. Evaluar la riqueza y diversidad de roedores en tres asociaciones vegetales distintas de la Cuenca de Cuitzeo.

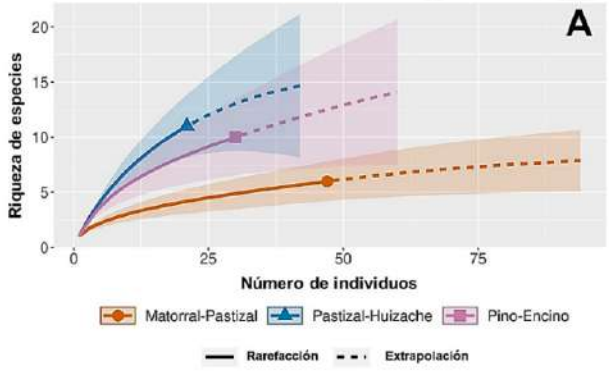
MATERIALES Y MÉTODOS.
Área de estudio: La cuenca de Cuitzeo se ubica principalmente en el centro norte del estado de Michoacán, compartiendo una porción menor del extremo norte de la cuenca con el estado de Guanajuato. Los sitios de muestreo seleccionados son: al norte un pastizal; en el centro matorral; y un sitio de bosque de pino-encino.
Trabajo de campo: Se efectuaron cuatro salidas de campo en cada sitio. Los roedores se capturaron con trampas Sherman, con un esfuerzo de muestreo de 60 trampas para un total acumulado de 3,168 noches trampa.
Análisis de datos: Se analizó la riqueza y abundancia. Se utilizó el índice no paramétrico Chao 2 y se desplegaron curvas de rarefacción que permitieron estimar la eficiencia de muestreo (Chao et al., 2016). Se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weaver y análisis de similitud entre comunidades (ANOSIM). Todos los análisis antes mencionados se hicieron con el Software Past 4.12 (Hamer et al., 2001)

RESULTADOS. Se capturó 96 ejemplares en las trampas Sherman y se colectó dos ejemplares muertos, para una muestra total de 98 individuos. Los ejemplares corresponden a 16 especies silvestres y Mus musculus (introducida) pertenecientes a las familias Cricetidae (15), Heteromyidae (1), y Muridae (1), en siete géneros (Tabla 1).
La curva de rarefacción no alcanzó la asíntota para los muestreos en pastizal y bosque pino-encino, aunque predicen que el muestreo registró el 72% y 83% de las especies esperadas respectivamente. Por el contrario, en el matorral la curva se estabilizó con un 93% de éxito de colecta (Fig. 1). Mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H´) se concluye que el hábitat que presentó mayor diversidad fue el pastizal (H´=2.43), en cambio matorral-pastizal fue poco diverso (H´=1.02). Con el análisis de similitud entre comunidades (ANOSIM) se sugiere diferencia significativa (R= 0.35; p=0.008) en la

composición y abundancia en los sitios, pero solo entre los hábitats matorral-pastizal y bosque de pino-encino (p=0.030).

Especie	Pastizal	Matorral	Pino-encino
Heteromys irroratus	2	8	0
Baiomys taylori	4	33	0
Baiomys musculus	1	1	0
Sigmodon hispidus	2	0	0
Sigmodon mascotensis	1	0	0
Oligoryzomys fulvescens	1	0	1
Peromyscus labecula	0	0	1
Peromyscus melanotis	0	0	1
Peromyscus difficilis	1	1	10
Peromyscus hylocetes	1	0	1
Peromyscus kilpatricki	1	0	3
Peromyscus pectoralis	2	0	0
Peromyscus gratus	0	0	4
Peromyscus melanophrys	0	0	2
Reithrodontomys sumichrasti	0	0	6
Reithrodontomys fulvescens	0	1	1
Mus musculus	5	3	0

Tabla 1. *Abundancia de roedores en función del hábitat.*



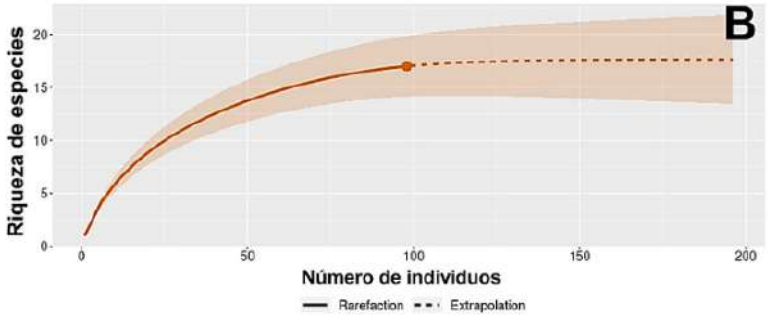


Figura 1. *Curva de acumulación de especies de roedores em tres hábitats de la cuenca de Cuitzeo.*

CONCLUSIONES.

La cuenca de Cuitzeo es particularmente rica en especies de la familia Cricetidae, ya que tanto en registros históricos disponibles en bases de datos de CONABIO, como en estudios posteriores y lo colectado en este estudio se alcanza la cifra de 25 especies en 8 géneros, además de un heterómido. Los diferentes tipos de vegetación resultaron ser un factor relevante en la riqueza específica, lamentablemente estos sitios presentan un impacto negativo de la actividad humana en la zona que es evidente, principalmente en el pastizal y matorral, no obstante, los resultados de este estudio también demuestran resiliencia y adaptación en estas comunidades de organismos. Es importante señalar como conclusión final que el estudio de comunidades de roedores no es simple debido a que aún hay más componentes por estudiar, como: diversidad funcional, interacción presa-depredador, distribución a nivel microhábitat, dietas o frecuencias de ocurrencia en manchas urbanas, por lo que en estudios posteriores sería adecuado complementar con esta información los resultados aquí obtenidos

REFERENCIAS.

1. Allen, J. A. (1895). On the species of the genus Reithrodontomys. Bulletin of the American Museum of Natural History, 7, 107–143
2. Goldman, E. A. (1918). The rice rats of North America (Genus Oryzomys). North American Fauna, 43, 1–100
3. Hall, E. R., & Villa, B. (1948). A new pocket gopher (Thomomys) and a new spiny pocket mouse (Liomys) from Michoacan, Mexico. University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 1, 249–256
4. Hamer, Q., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PasT: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontologia Electronica, 4(1), 9
5. Monterrubio-Rico, T. C., Charre Medellín, J. felipe, Colín-Soto, C. Z., & León Paniagua, L. (2014). Los mamíferos del estado de Michoacán. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva Epoca, 4(2)
6. Núñez-Garduño, A. (2005). Los mamíferos silvestres de Michoacán. UMSNH
7. Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G., & Rodríguez-Moreno, Á. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85(SUPPL.), 496–504. https://doi.org/10.7550/rmb.31688

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124117

INVENTARIO DE MACROMICETOS DEL PARQUE ESTATAL CERRO PUNHUATO, MORELIA, MICHOACÁN

Itzel Montejano Valdivia[1], Víctor Manuel Gómez Reyes[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1541857x@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.gomez.reyes@umich.mx

Palabras Clave: inventario, Punhuato, nuevos registros.

RESUMEN. El Punhuato consta de una superficie de 118 ha, el área fungen como un lugar de refugio de especies nativas y es una de las zonas de amortiguamiento de la isla de calor de la ciudad, pero, previo a este inventario, no se tenía un listado concreto de la funga del área. El objetivo del trabajo fue conocer la riqueza del ANP con un listado taxonómico y analizar los grupos tróficos. Con los muestreos realizados en los años 2010-2011 y 2021-2023, siguiendo las técnicas convencionales de micología. Se identificaron 130 taxones, que divididos por grupo trófico 101 saprobios, 26 ectomicorrízicos y 3 parásitos. En cuestión de usos potenciales, de los comestibles se encontraron 12, y las especies más representativas son Lactarius indigo, Cantharellus cibarius y Helvella crispa; sin valor culinario son 100 y 8 especies tóxicas, que tienen como representativos los géneros Inocybe, Clavicorona y Ramaria. Amanita fulva es un caso particular al ser el único tipo de amanita presente y se encuentra en ambas categorías de comestible y tóxica. Además, figuran 13 registros nuevos para México y 9 registros nuevos para Michoacán. Con esta investigación se buscó no solo registrar la diversidad de macrohongos en la región, sino también contribuir al conocimiento científico, la conservación de la biodiversidad y también proporcionar información para mantener el desarrollo sostenible del área.

INTRODUCCIÓN. México cuenta con aproximadamente 536 áreas naturales protegidas, de nivel federal, estatal, municipal, ejidal y privadas; en Michoacán se encuentran 61, tomando en cuenta las de carácter federal además de las estatales, pero solo 11 poseen registros de los hongos de esas zonas. El Punhuato presenta una superficie de 118.86ha que fungen como un lugar de refugio de especies nativas y es una de las zonas de amortiguamiento de la isla de calor de la ciudad, pero, previo a este inventario, no se tenía un listado concreto de la funga del área. En el parque estatal cerro Punhuato, que es una de las 7 ANPs de Morelia, se encuentra una riqueza micológica poco explorada y documentada, en este contexto, el proyecto se propuso como una iniciativa que buscó no solo registrar la diversidad de macrohongos en la región, sino también contribuir al conocimiento científico, la conservación de la biodiversidad y también información para mantener el desarrollo sostenible del área.

ANTECEDENTES. La diversidad de macrohongos correspondiente al estado de Michoacán es de 690 especies, que es equivalente al 14% nacional. De ellas, 535 han sido registradas en al menos una ANP y solo el 26.5% de los 113 municipios han realizado colectas (Gomez-Peralta y Gomez-Reyes, 2005). Existe un informe donde se encuentran 49 especies citadas

para el Punhuato hasta 2012 (Gómez-Reyes et al., 2012), esta, y las demás ANP del estado, representan importantes esfuerzos de conservación y protección de la biodiversidad destacando la riqueza micológica de Michoacán, pero a pesar de esto, tanto en las zonas voluntarias como en las estatales y federales, la información registrada hasta el momento sobre la funga sigue siendo escasa, así que se hace énfasis en la necesidad de continuar investigando este grupo y, por supuesto, seguir protegiendo estos valiosos ecosistemas.

OBJETIVO. El objetivo fue conocer la riqueza de hongos macromicetos del Parque Estatal Cerro Punhuato, asimismo, analizar la diversidad de grupos tróficos presentes, usos potenciales de las especies reportadas, realizar un listado taxonómico y fichas de las especies representativas o nuevos registros.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizaron salidas semanales durante los meses de lluvia para la recolecta de los ejemplares en la temporada de lluvias de 2010 y 2011; mientras que para 2021 a 2023 fueron cada 2 semanas durante julio a noviembre. Las colectas se realizaron de tipo oportunístico, realizando recorridos por los senderos del área de estudio, buscando los esporocarpos cuidadosamente, procediendo a la toma de fotografías y colecta. El material se colectó y se conservó siguiendo la propuesta de Cifuentes, et al. (1986). Se tomaron datos de colecta en campo tales como: forma del esporoma, color de cada una de sus partes, presencia o ausencia de cualquier estructura llamativa, cambios de color en cualquiera de sus partes, olor, sabor, presencia o ausencia de látex y hábitat. Los especímenes se depositaron en una canasta, luego en sobres de papel y en caso de que los especímenes hayan sido de gran tamaño se utilizó aluminio, para posteriormente meterlas al refrigerador.
El material se herborizó en una deshidratadora a base de calor emitido por aire por 24hrs a 50°C, se guardaron dentro de bolsas ziploc etiquetadas y con desecante. En el caso de los coprinoides se siguió un proceso diferente, se secaron a 65°C por 4 horas y a 60°C por 20 horas sobre aluminio con la finalidad de preservar el material antes de que llevara a cabo su completa delicuesencia.
Para la determinación de las especies se observaron características macroscópicas y microscópicas, para la primera se utilizó un microscopio estereoscópico, así como los datos anotados durante las colectas; para las características microscópicas como la observación de esporas, trama, basidios, etc., se utilizó microscopio óptico, navaja, aguja de disección, cubre objetos y porta objetos. Se emplearon reactivos tales como: Hidróxido de potasio (KOH) al 5%, reactivo de Melzer, rojo congo, azul de algodón y azul de cresil.
Se consultó literatura especializada en micología como monografías, guías, trabajos taxonómicos como las obras de: (Guzmán, 1990); (Diaz-Barriga, 2003); (Basso, 2005); (Pérez et al., 1991); (Arora, 1986); (Esteve-Raventós, 2007); (Knopf, 1998); (Jülich, 1989); (Moser, 1986); (Dennis, 1978); (Llamas y Terrón, 2003); (Mueller, 1992); (Gilbertson y Ryvarden,1986), entre otras.

RESULTADOS. A partir de los muestreos se identificaron 130 taxones, 11 Ascomycetes, 118 Basidiomycetes y 1 Myxomycete, 98 a nivel de especie y 32 a nivel de género. Por grupo trófico se tienen 101 saprobios, 26 ectomicorrízicos y 3 parásitos. En cuestión de usos potenciales, de los comestibles se encontraron 12, y las especies más representativas son *Lactarius indigo*, *Cantharellus cibarius* y *Helvella crispa;* sin valor culinario son 100 y tóxicos 8, que tienen como representativos los géneros *Inocybe*, *Clavicorona* y *Ramaria*.

Amanita fulva es una especie comestible pero con precaución debido a que mal preparada puede ser tóxica.
Además, se destaca el registro de 13 nuevos reportes para la micobiota de México: *Dasyscyphus apalus, Crepidotus eucalyptorum, Collybiopsis biformis, Pseudocolus fusiformis, Pseudographis* sp., *Leucoagaricus caerulescens, Leucocoprinus cygneus, Coprinellus xanthothrix, Coprinopsis cothurnata, Parasola leiocephala, Parasola schroeteri, Marasmius splachnoides, y Marasmius plicatulus;* y 9 registros nuevos para Michoacán: *Stereum ochraceoflavum, Stereum subtomentosum, Setchelliogaster tenuipes, Xylodon paradoxus, Coprinopsis aff pachyderma, Hohenbuehelia atrocaerulia, Holocotylon brandegeeanum, Heliocybe sulcata y Antrodia aff carbonica.*

Ascomycetes

s⊗*Xylaria hypoxylon*	e🍽*Helvella atra*	p⊗*Cordyceps militaris*
s⊗*Xylaria polymorpha*	e🍽*Helvella costifera*	s⊗**Dasyscyphus apalus*
s⊗*Xylaria sp.*	e🍽*Helvella crispa*	s⊗**Pseudographis sp.*
s-Hypoxylon sp.	e🍽*Helvella macropus*	

Basidiomycetes

s- Agaricus praeclaresquamosus ☠	*e- Scleroderma sp.*	s☠**Pseudocolus fusiformis*
e☠🍽 *Amanita fulva*	s⊗*Trametes versicolor*	*s- Entoloma sp.*
e⊗*Astraeus hygrometricus*	s⊗*Tremella mesenterica*	e⊗*Entoloma versatile*
e🍽 *Cantharellus cibarius*	e☠*Inocybe geophylla*	s⊗*Geastrum coronatum*
s☠*Clavicorona pyxidata*	e☠*Inocybe lacera*	s⊗*Crepidotus cinnabarinus*
s⊗*Collybia confluens*	e🍽*Lactarius indigo*	s⊗*Dacrymyces palmatus*
s⊗*Collybia dryophila*	*e- Lactarius sp.*	s⊗*Schizophyllum sp.*
s-Collybia sp.	s⊗*Lenzites betulina*	e⊗*Scleroderma sp.*
s⊗*Coprinus subimpatiens*	s⊗**Leucoagaricus caerulescens*	e⊗**Setchelliogaster tenuipes*
s- Pseudohydnum gelatinosum	s⊗*Lycoperdon perlatum*	s⊗*Steccherinum ochraceum*
e☠*Ramaria stricta*	*s- Lycoperdon sp.*	s⊗*Hymenochaete sp.*
e⊗*Russula foetens*	s⊗*Lycoperdon umbrinum*	s⊗**Stereum ochraceoflavum*
e⊗*Russula laurocerasi*	s⊗*Marasmius androsaceus*	s⊗*Stereum sp.*
e- Russula sp1	s⊗**Marasmius plicatulus*	s⊗**Stereum subtomentosum*
e- Russula sp2	s🍽*Melanoleuca melaleuca*	e⊗*Suillus granulatus*
s⊗*Schizophyllum commune*	s⊗*Panus crinitus*	s⊗*Tapinella atrotomentosa*
e⊗*Scleroderma albidum*	s⊗*Pluteus ephebeus*	s⊗*Trametes hirsuta*
e⊗*Scleroderma areolatum*	s⊗*Polyporus tricholoma*	s⊗*Trametes villosa*
e⊗*Scleroderma cepa*	s⊗*Psathyrella candolleana*	

s⊗*Trichaptum abietinum*	s🍽*Pleurotus ostreatus*	*e-Lactarius sp*
s⊗*Trichaptum laricinium*	s⊗*Pluteus Secc.Hispidoderma*	s⊗*Lentinula boryana*
s⊗*Tricholoma melanoleuca*	s⊗*Postia sp*	*s-Agaricus sp*
s⊗*Volvopluteus sp.*	s⊗**Coprinopsis aff pachyderma*	s🍽*Agaricus silvaticus*
e🍽*Xerocomellus aff chrysenteron*	s⊗**Crepidotus eucalyptorum*	s☠*Agaricus xanthodermus*
s⊗**Xylodon paradoxus*	s⊗*Cryptoporus volvatus*	s⊗**Antrodia aff carbonica*
s⊗*Lentinus arcularius*	s⊗*Daedalea quercina*	s⊗*Apioperdon pyriforme*
s⊗**Leucocoprinus cygneus*	s⊗*Deconica coprophila*	s⊗*Baeospora myosura*
s⊗*Lycoperdon perlatum*	s⊗*Galerina sp*	s⊗*Bovista sp1*
s⊗*Lycoperdon sp.*	s⊗*Geastrum saccatum*	s⊗*Bovista sp2*
s⊗**Marasmius splachnoides*	s⊗*Gloeophyllum sepiarium*	s⊗*Cerrena unicolor*
s⊗*Mycena corticola*	s⊗*Gloeoporus dichrous*	*e- Lactarius sp*
s⊗*Mycena flavoalba*	s⊗*Gymnopus sp*	s⊗*Clitocybe fragrans*
s⊗*Mycena sp*	s⊗**Heliocybe sulcata*	s⊗*Clitocybe harperi*
s⊗*Mycena sp2*	s⊗*Hexagonia tenuis*	s⊗**Collybiopsis biformis*
s⊗*Panus sp*	s⊗**Hohenbuehelia atrocaerulia*	s⊗*Conocybe apala*
s⊗**Parasola leiocephala*	s⊗**Holocotylon brandegeeanum*	s⊗*Coprinellus morfo1*
s⊗*Parasola plicatilis*	s⊗*Hymenochaete tabacina*	s⊗*Coprinellus morfo2*
s⊗**Parasola schroeteri*	s🍽*Infundibulicybe gibba*	s⊗**Coprinellus xanthothrix*
p⊗*Phellinus everhartii*	s⊗*Irpex lacteus*	s⊗**Coprinopsis cothurnata*
p⊗*Phellinus sp*		s⊗*Coprinopsis sp.*

Myxomycetes

s⊗*Reticularia intermedia*

Figura 1. *Listado de especies. ☠ - tóxico, 🍽 - comestible, * - nuevo registro, ⊗ - sin valor culinario; s – saprobio, e – ectomicorrízico, p – parásito.*

CONCLUSIONES. De acuerdo con la relación entre los diferentes grupos tróficos, se considera que el área se encuentra degradada, debido al alto numero de especies saprobias y bajo numero de especies ectomicorricicas (Fellner, 1993). El presente trabajo contribuye al conocimiento de la diversidad fúngica, como son los nuevos registros, y asimismo, en conocer el papel funcional de los hongos que genera información para la conservación de los bosques y para la restauración del área mediante el uso de las especies micorrícicas. Aún son escasos los estudios acerca de macrohongos en el país y de igual forma los trabajos taxonómicos, existen muchas especies que están sin descubrir o sin registrar y que se encuentran en áreas naturales protegidas como el Punhuato, y que en este caso a partir de los resultados, es un sitio perturbado, a pesar de que es uno de los pocos sitios que tiene Morelia que amortiguan la isla de calor que genera la ciudad.

REFERENCIAS.

1. M. Gómez-Peralta, V.M. Gómez-Reyes. (2005). Hongos y líquenes. La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado, pp. 64-67
2. Gómez-Reyes, V. M., Tinoco-Molina, O. y Leyva-Morales, R. (2012). LISTADO TAXONÓMICO DE MACROHONGOS DEL PARQUE ESTATAL CERRO DEL PUNHUATO (Informe inédito). Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
3. Fellner R. 1993. Air pollution and mycorrhizal fungi in Central Europe. In: Fungi on Europe. Investigation, recording and conservation. Pegler D.N., Boddy L., Ing B. y Kirk P.M. (Eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, Pp: 239-250.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124118

MASTOFAUNA DEL BOSQUE "UAKUSI"

Ruben Isaac Gómez Gómez[1], María Concepción Apátiga Castelán[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 201088f@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; maria.apatiga@umich.mx

Palabras Clave: listado, mamíferos, Cerro del Águila.

RESUMEN. El bosque Uakusi se ubica en el cerro del Águila en el municipio de Morelia, cuenta con una superficie de 16 hectáreas y fue declarado como área voluntaria para la conservación (AVC) por su importancia como zona de recarga de agua para los mantos acuíferos para la ciudad de Morelia, además por la presencia de distintas especies aportadoras de servicios ecosistémicos. El presente estudio registra la diversidad de especies de mamíferos mediante un inventario taxonómico de campo para ello se han aplicado métodos directos que consisten en instalación de trampas para captura, cámaras trampa, recorridos diurnos y nocturnos y puntos de observación; y métodos indirectos que incluyen la búsqueda e identificación de rastros que dejan los animales tales como huellas, excretas, pelo o restos óseos. Hasta el momento se han obtenido 243 registros de mamíferos mediante capturas, identificación de excretas, huellas, pelo, restos óseos y madrigueras, avistamientos y videos. Los registros se clasificaron en dos ordenes y cuatro familias, siendo el orden Carnivora con mayor número de especies registradas. Este trabajo es el primer estudio a detalle sobre inventario mastofaunístico en el bosque Uakusi y representa un aporte de información sobre los mamíferos de la zona.

INTRODUCCIÓN. Los mamíferos son un grupo de animales los cuales constan de algunas características biológicas particulares de su taxón, como es que sean animales placentarios, lo cual nos indica de la capacidad de desarrollo dentro del cuerpo de la madre, con la excepción del orden Monotrema, el cual continúa siendo ovíparo. La presencia de glándulas mamarias, esto permite alimentar con leche materna a la cría mientras es jóven. Presentan heterodoncia, con algunas excepciones dentro del orden Cetacea, un mayor desarrollo del cerebro comparándolo con otros grupos animales, provocando el desarrollo de órganos sensoriales (oído, olfato, tacto, vista, gusto), permitiéndoles recabar información del entorno, optimo para la cacería (Hickman et al., 1998). México tiene el tercer lugar con diversidad de mamíferos únicamente superado por Brasil e Indonesia tomando en cuenta la superficie del país (Núñez, 2005), el número de especies y especies endémicas. Se pueden encontrar 535 especies en 12 ordenes, 47 familias, 192 géneros. (Ceballos, 2005) y (Conabio, 2022). El estado abarca el 32 % de la mastofauna presente en el país (Monterrubio–Rico et al., 2014) y siendo el 12 % de los mamíferos a nivel mundial (Conabio, 2022). Los listados e información que se encuentra del cerro del águila son muy pocos, en el área de zoología solo se han reportados pocos trabajos relacionados a insectos o aves, esta poca información presente actualmente es debido a que lleva poco tiempo como una reserva estatal (Zamora, 2014) y (Salgado, 2023). En el caso del bosque Uakusi, 16 hectáreas de bosque que se convirtió en AVC (Área Voluntaria para la Conservación) en noviembre del 2022 (SECMA,2024).

ANTECEDENTES. Silva (2013), Diversidad, distribución y abundancia de mamíferos terrestres grandes y medianos del ANP Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc, Temascaltepec, Estado de México. Rodríguez (2016), Mastofauna terrestre del municipio de Churumuco, Michoacán, México. Rivero y Medellín, (2015) MAMÍFEROS DE CHIAPAS Guevara-Carrizales. (2016). Mamíferos de Baja California, México: mamíferos terrestres de las ecorregiones áridas del estado de Baja California. López-González, (2024) Mammals of the Sierra Madre Occidental, Mexico: megadiversity in an area of high environmental complexity. Medinilla, (1998). Mamíferos de la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas. Gallardo (2020). Evaluación de efectos antropizados en los ensambles de mamíferos medianos y grandes de bosques templados de la región y aguacatera de Michoacán. En estos estudios han realizado con diversas técnicas para lograr sus conocer los mamíferos de sus respectivos sitios utilizaron métodos tanto de tipo directo e indirecto.

OBJETIVO. Elaborar un listado de la mastofauna silvestre que habita en el “Bosque Uakusi” en el cerro del Águila, Morelia, Mich.

OBJETIVO PARTICULARES. Elaborar un inventario de campo de la mastofauna silvestre del “Bosque Uakusi”. Determinar aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059.

MATERIALES Y MÉTODOS. El área de estudio se encuentra en la ladera norte del cerro del Águila, a una altura entre 2600 y 2700 msnm aproximadamente, se ubica al poniente de la ciudad de Morelia y a 5.8 Km. al sur del municipio de Tacícuaro. Se presentan composiciones basáltica-andesítica y basálticas (Garduño-Monrroy, 2014). En general podemos encontrar suelo de tipo Andosol Ócrico, una vegetación de bosque de pino, encino y transiciones de pino-encino y encino-pino (SECMA,2023). Durante el año se presentan principalmente un clima subhúmedo con lluvias (Cw) con algunas zonas con temporadas aún más húmedas (Cw2), tiene precipitaciones entre 700 y 1000 mm anuales con más continuidad de junio a septiembre y con temperatura promedio anuales 18.7°C siendo mayo el mes más caluros con registros de 39°C (IMPLAN, 2021) (García, 2004). Primeramente, se realizó una salida preliminar para la selección de los sitios de muestreo, posteriormente se hicieron salidas mensuales con duración de cinco días cada una en donde se aplicaron los métodos directos e indirectos para el registro de mamíferos. Los métodos indirectos consistieron en la búsqueda de rastros como huellas, excretas, mechones de pelo, restos óseos, marcas en árboles, madrigueras o echaderos. Todos los rastros encontrados fueron registrados y se tomaron fotografías (Silva, 2013) (Aranda, 2012). Los métodos directos consistieron en registrar a las especies mediante observación o captura, para ello se colocaron trampas Sherman para pequeños mamíferos, trampas Tomahawk para mamíferos medianos, redes de niebla para murciélagos y cámaras trampas, además se establecieron estaciones de observación y recorridos diurnos y nocturnos (Monroy-Vilchis et al., 2010) (PÉREZ, 2004).

RESULTADOS. Hasta el momento hemos obtenido 243 registros correspondientes a cinco especies, (Urocion cinereoargenteus, Canis latrans, Procyon lotor, Sciurus aureogaster, Peromyscus sp.) ubicados en los ordenes Canivora y Rodentia. El método con el cual se obtuvo el mayor número de especies fue Cámara-trampa.

CONCLUSIONES. Hasta el momento el Bosque Uakusi cuenta con una presencia importante de mamíferos silvestres, de los cuales el orden mejor representado es Carnivora ya que se registraron más especies dentro de éste taxón.

REFERENCIAS.

1. Aranda, S., J., M. 2012. Manual para el rastre de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México D.F. 260 pp. ISBN: 978-607-7607-69-4
2. Ceballos, G. y Olivia. G. 2005. Los mamíferos de México. CONABIO- Fondo de Cultura Económica. México D.F. 988 pp.
3. Conabio. (2022, 25 octubre). ¿Cuántas especies hay? | Biodiversidad Mexicana. Biodiversidad Mexicana. Recuperado 2 de febrero de 2024, de https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp
4. García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. (6): 97 pp. ISBN: 970-32-1010-4
5. Garduño-Monroy, V.H., Giordano N., Ávila-Olivera J.A., Hernández-Madrigal V.M., Sámano-Nateras A., Díaz-Salmerón J.E. y Larrazábal, A. 2014. Estudio hidrogeológico del sistema acuífero de Morelia, Michoacán, para una correcta planificación del territorio. In: Vieyra A., Larrazabal A. (eds). Urbanización, Sociedad y Ambiente. Michoacán, México. UNAM Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, pp 197-222.
6. Hickman, C. P., Roberts, L. S., y Larson, A. 1998. Principios integrales de zoología. In: Pardos F. (eds). Los mamíferos. McGraw-HILL-INTERAMERICANA. Madrid. España. pp 601-629.
7. Instituto Municipal de Planeación de Morelia (IMPLAN). 2021. Estudio técnico justificativo del polígono denominado “Cerro del Águila” como propuesta para su declaratoria como área natural protegida. Morelia, Michoacán, México. 107 pp. Recuperado de: https://implanmorelia.org/site/proyectos/estudios-tecnicos-justificativos-de-anp/
8. Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., & Urios, V. (2010). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. Revista de Biología Tropical, 59(1). https://doi.org/10.15517/rbt.v59i1.3206
9. Monterrubio–Rico, T. C., Medellín, J. F. C., Colín-Soto, C. Z., y Paniagua, L. L. 2014. LOS MAMIFEROS DE MICHOACÁN. Revista mexicana de mastozoología, (4) 2: 1 pp. doi: https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2014.4.2.193
10. PÉREZ, A. R. (2004). Análisis mastofaunístico de la zona sujeta a conservación ecológica Laguna Bélgica, Chiapas, México. Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología, 75(2), 363-382.
11. Rodríguez, Y. R. R. 2016. Mastofauna terrestre del municipio de Churumuco, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO. 32 pp.
12. Salgado O. J., Arteaga S. B. E., y Villaseñor G. J. F. 2023. Avifauna del área natural protegida “Reserva estatal Cerro del Águila”, Municipio de Morelia, Michoacán. Ciencia Nicolaita (89): 21. doi: https://doi.org/10.35830/cn.vi89.723
13. •Secretaria del Medio Ambiente (SECMA). 2023. Estudio técnico justificativo del área natural protegida con el carácter de reserva estatal, con la subcategoría de reserva de captación y recarga de mantos acuíferos, denominada "Cerro del Águila". 94 pp. Recuperado de: https://medioambiente.michoacan.gob.mx/estudio-tecnico-justificativo-del-area-natural-protegida-cerro-del-aguila/
14. Secretaria del Medio Ambiente (SECMA). 2024. Bosque Uakusi es una reserva de gran valor ecológico para Morelia. Michoacán. Recuperado de: https://medioambiente.michoacan.gob.mx/uncategorized/bosque-uakusi-es-una-reserva-de-gran-valor-ecologico-para-morelia/
15. Silva, M. S. S. 2013. Diversidad, distribución y abundancia de mamíferos terrestres grandes y medianos del ANP Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc, Temascaltepec, Estado de México. Tesis de licenciatura. UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO. 62 pp.
16. Zamora-Vuelvas, M. C., Ponce-Saavedra, J., y Deloya-López, A. C. 2014. Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) capturados con trampas en el cerro “El Águila”, Municipio de Morelia, Michoacán. Entomología Mexicana, (1): 519-524.
17. Gallardo Tallez, E. G. G. T. (2020). Evaluacion de efectos antropizados en los ensambles de mamíferos medianos y grandes de bosques templados de la region y aguacatera de Michoacan [Tesis de maestria, Universidad Michoacan de San Nicolás de Hidalgo]. https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Gallardo-Tellez/publication/362405423_Evaluacion_de_efectos_de_antropizacion_en_los_ensambles_de_mamiferos_medianos_y_grandes_de_bosque_templado_de_la_region_aguacatera_de_Michoacan/links/62e845997782323cf193a5c2/.pdf

18. Guevara-Carrizales A. A, G. Ruiz-Campos, J, Escobar-Flores, & R. Martínez-Gallardo. (2016). Mamíferos de Baja California, México: Mamíferos terrestres de las ecorregiones áridas del estado de Baja California. ResearchGate, 1 Priemra edicion, 63-89. https://mamiferosmexico.org/books/Riqueza_estatal_AMMAC.pdf
19. López-González, C., García-Mendoza, D. F. (2024) Mammals of the Sierra Madre Occidental, Mexico: megadiversity in an area of high environmental complexity. Acta Zoológica Mexicana (n.s.), 40, 1–35.
20. Medinilla, E. E., Dadda, A. A., & Aldan, E. C. (1998). Mamíferos de la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas. Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época), 3(1), 79-75.
21. Rivero, M., & Medellín, R. A. (2015). MAMÍFEROS DE CHIAPAS. Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Epoca), 5(2), 23. https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2015.5.2.212

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124120

ECOLOGÍA REPRODUCTIVA Y ASPECTOS ALIMENTARIOS DEL PEZ BLANCO Chirostoma humboldtianum EN UN MANANTIAL DEL CENTRO DE MÉXICO

Alejandro Díaz Flores, Arely Ramírez García, Omar Domínguez Domínguez

Palabras Clave: Pez blanco, manantial, especie nativa, alimentación, reproducción.

RESUMEN. La Zarcita es uno de los manantiales que alimentan a la Laguna de Zacapu, un cuerpo de agua ubicado en el sistema Lerma-Chapala, una zona con condiciones que favorecen la especiación de la fauna íctica por lo que cuenta con una gran cantidad de especies endémicas y nativas, una de estas es Chirostoma humboldtianum, una especie con una gran relevancia cultural y ecológica pero actualmente amenazada por la antropización de sus hábitats. El presente estudio tiene como objetivo proporcionar información sobre los hábitos alimenticios y reproductivos de la especie para su conservación. Se llevó a cabo una colecta de ejemplares de manera bimestral durante un ciclo anual entre febrero y diciembre del 2023, sin afectar la población y con un tamaño de muestra total de 190 peces, en cuatro sitios del manantial mediante arrastre con una red de tipo chinchorro y con ayuda de pescadores locales, los ejemplares fueron fijados e identificados y posteriormente disectados en el laboratorio, donde se obtuvieron medidas como la longitud patrón, el peso total y eviscerado, estadio gonadal, longitud y peso del intestino y presencia / ausencia de parásitos. Posteriormente se observó el contenido estomacal y se identificaron los artículos alimenticios presentes. Se calculó la proporción de sexos mediante una prueba de chi cuadrado, el índice gonadosomático, la estructura de tallas y fecundidad en el caso de los análisis de reproducción, así como el nivel trófico, el número y la proporción de artículos alimenticios en el caso de los análisis alimenticios. Los resultados preliminares sugieren un pico reproductivo en el mes de junio, así como un tipo de crecimiento alométrico en ambos sexos y una proporción sexual de 1:1 excepto en agosto cuando es de 3:1 siendo las hembras más abundantes. El nivel trófico obtenido sugiere que la especie es un consumidor secundario principalmente carnívoro y el artículo alimenticio más abundante fueron restos de insectos. Los esfuerzos de conservación de esta especie en el manantial deben centrarse sobre todo en su temporada reproductiva cuando individuos sexualmente maduros son más abundantes y es vital controlar a las especies exóticas presentes, las cuales compiten por los mismos recursos que C. humboldtianum.

INTRODUCCIÓN. Michoacán se encuentra en la zona de transición mexicana, lugar donde especies ícticas de diferentes orígenes convergen y cuya diversidad de hábitats ha propiciado la especiación de diferentes familias como Goodeidae, Poecilidae y Atherinopsidae (De la Vega-Salazar, 2003). Los aterinópsidos son un grupo de peces óseos de origen marino, pero con representantes dulceacuícolas en el continente americano entre los que destacan las especies del género Chirostoma, conocidos como charales o peces blancos, los cuales cuentan con una gran importancia económica y cultural desde tiempos

prehispánicos por los pueblos originarios (Kobelkowsky, 2018). La especie C. humboldtianum es la primera especie íctica descrita en México en un ámbito científico, así como la más ampliamente distribuida de su género, extendiéndose desde el Valle de México hasta Nayarit en cuerpos de agua como lagos y lagunas entre los 2170 y los 3552 msnm y a muy variables temperaturas (Hernández-Rubio, 2006). Entre los lugares donde la especie se encuentra de manera nativa se encuentra el municipio de Zacapu, Michoacán, más específicamente en la laguna del mismo nombre y sus numerosos manantiales, entre los que se encuentra el manantial La Zarcita. En la actualidad C. humboldtianum se encuentra en categoría de riesgo por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) debido a diversos factores que incluyen la degradación y contaminación de sus hábitats, la sobrepesca y la introducción de especies invasoras (Soto-Galera, 2019). La Laguna de Zacapu y sus manantiales fueron declarados sitios RAMSAR en 2004 y Área Natural Protegida en 2005 y a pesar de la existencia de un plan de manejo, la conservación del área y de sus numerosas especies ha sido un reto debido a la constante explotación de sus recursos, el uso agrícola e industrial del suelo en los alrededores, la introducción de especies invasoras y el rápido crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Zacapu que contaba con más de 76,000 habitantes en 2020 (Moncayo-Estrada, 1996). Debido a lo anterior es crucial tomar medidas para la protección y conservación de la especie, para ello la realización de estudios de alimentación y reproducción es fundamental, ya que de esta manera se puede entender la dinámica y el flujo energético de la especie en su ecosistema (Rodríguez-Robles, 2006), así como su ciclo de vida, temporadas de reproducción y su capacidad de adaptación al coexistir con especies exóticas que compiten por los mismos recursos (Navarrete y Sánchez, 1991).

ANTECEDENTES. Aguilar-Ponce en 1993 estudio la reproducción y el crecimiento de C. humboldtianum en un embalse del Estado de México, encontró que la especie presenta crecimiento isométrico la primera mitad del año y alométrico la segunda, la época reproductiva está marcada por el aumento de la temperatura y la talla mínima reproductiva fue de 5.7 cm. Moncayo-Estrada en 1996 analizó la estructura y función de la comunidad de peces de la Laguna de Zacapu, así como los hábitos alimenticios de las poblaciones, en este estudio se demostró que C. humboldtianum consume principalmente organismos presentes en el zooplancton y el perifiton como copépodos, cladóceros, insectos y chironomidos. Ramírez-García y colaboradores en el 2023, analizaron la estructura trófica de los peces de la laguna de Zacapu mediante isotopos estables y contenido estomacal, en este estudio C. humboldtianum fue catalogado dentro del grupo de los omnívoros-carnívoros siendo sus principales presas invertebrados como copépodos, ostrácodos, Hyalella sp. así como como otros peces. En 1993 Hernández-Ortiz evaluó la reproducción de C. jordani en el embalse Macua en el Estado de México obteniendo un promedio de 858 células reproductivas, hembras más abundantes que machos en época reproductiva que alcanza su pico entre abril y agosto.

OBJETIVO. Evaluar la dieta y los aspectos reproductivos de la especie Chirostoma humboldtianum en el manantial “La Zarcita”, Zacapu, Michoacán México.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se llevó a cabo en el manantial La Zarcita, ubicado al suroeste de la Laguna de Zacapu y dentro de la subcuenca del Río Ángulo en el sistema Lerma-Chapala al norte de Michoacán (Zubieta Rojas *et al*., 2004). (Figura 1).

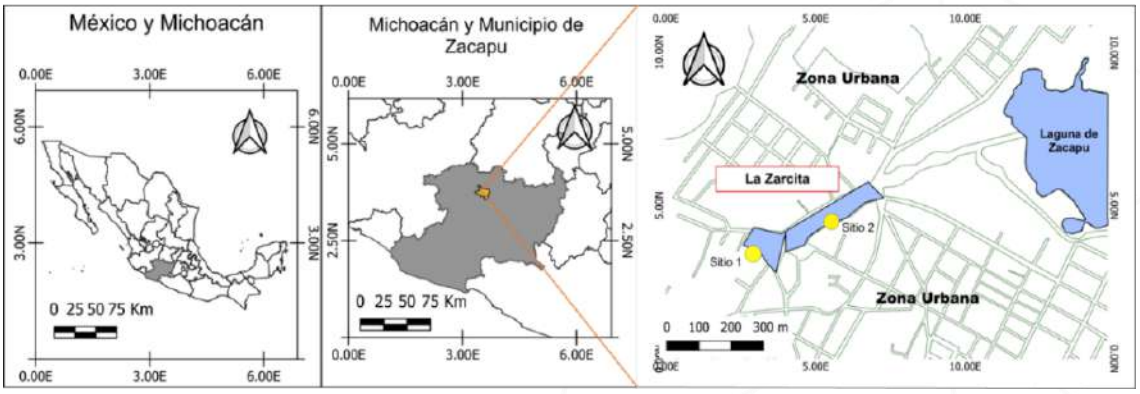


Figura 1: *Ubicación geográfica del manantial "La Zarcita".*

Los métodos se dividieron en trabajo de campo y trabajo de laboratorio. El trabajo de campo consistió en la colecta de los ejemplares en muestreos bimestrales durante un año, mediante una red de tipo chinchorro de 25 metros de largo con abertura de malla de 5 mm con ayuda de pescadores locales, posteriormente los ejemplares fueron identificados y preservados en formol al 10 %. Además de la colecta de los ejemplares, se tomaron variables ambientales mediante una sonda multiparamétrica YSI EXO2.
El trabajo de laboratorio consistió en primera instancia en el lavado de los individuos colectados para su manipulación y procesado. Posteriormente se realizaron biometrías a cada uno de los individuos para obtener datos como la longitud patrón, el peso completo, eviscerado, del intestino lleno y vacío, del hígado y las gónadas, así como su estadio de madurez y la presencia de parásitos. Con el contenido estomacal se prepararon laminillas que serían observadas mediante microscopio para identificar los artículos alimenticios.
Los análisis estadísticos fueron divididos en aspectos tróficos y reproductivos, se evaluó la importancia de presa especifica (PSIRI) para identificar la dominancia de las presas, el índice de amplitud de dieta de Levin para obtener la amplitud de nicho. Por su parte los análisis estadísticos de reproducción se calculó la fecundidad, así como la obtención de la estructura de tallas de acuerdo a Sturges, 1926, además se obtuvo la talla de primera madurez tanto de machos como de hembras aplicando un modelo de regresión logística. Se obtuvieron también el índice gonadosomático (IGS) de acuerdo a Vargas y Sostoa, 1996, el factor de condición mediante la fórmula de Fulton, la proporción de sexos con el conteo de machos y hembras y por último el tipo de crecimiento mediante la fórmula W = aLb.

RESULTADOS. El índice de presa específica (Figura 2) demuestra que las presas más importantes para *C. humboldtianum* por porcentaje son RI (Restos de insectos) con 51.26%, seguido por Det (Detritus) con 24.14% y RV (Restos Vegetales) con 12.06%, en menor medida se encuentra Chir (Chironomidos) con 3.46% y en conjunto Esc (Escamas) y RP (Restos de pez) con 3.2%, así como Cop (Copépodos) y Ost (Ostrácodos) con 2.72 y 1.92% respectivamente. Por su parte el índice de amplitud de nicho de Levin coloca a la especie como un organismo especialista, con una baja amplitud de dieta.

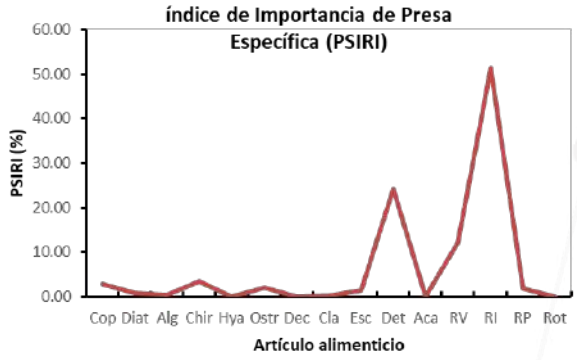


Figura 2: *Índice de presa especifica de C. humboldtianum en el manantial La Zarcita.*

La fecundidad osciló entre 31 y 725 huevos con un promedio anual de 240 huevos, el mes con los valores mas altos fue abril con 385 huevos, mientras que octubre obtuvo los valores mas bajos con 129 huevos. En cuanto a la estructura de tallas los machos obtuvieron una longitud patrón mínima de 38.95 mm y una máxima de 110.26 mm con una media de 77.33 mm, mientras que las hembras tuvieron una longitud mínima de 38.95 mm y una máxima de 125.11 mm con un promedio de 85.34 mm. (Figura 3). La talla de primera madurez obtenida para machos y para hembras fue de 83.27 mm y 76.78 mm respectivamente.

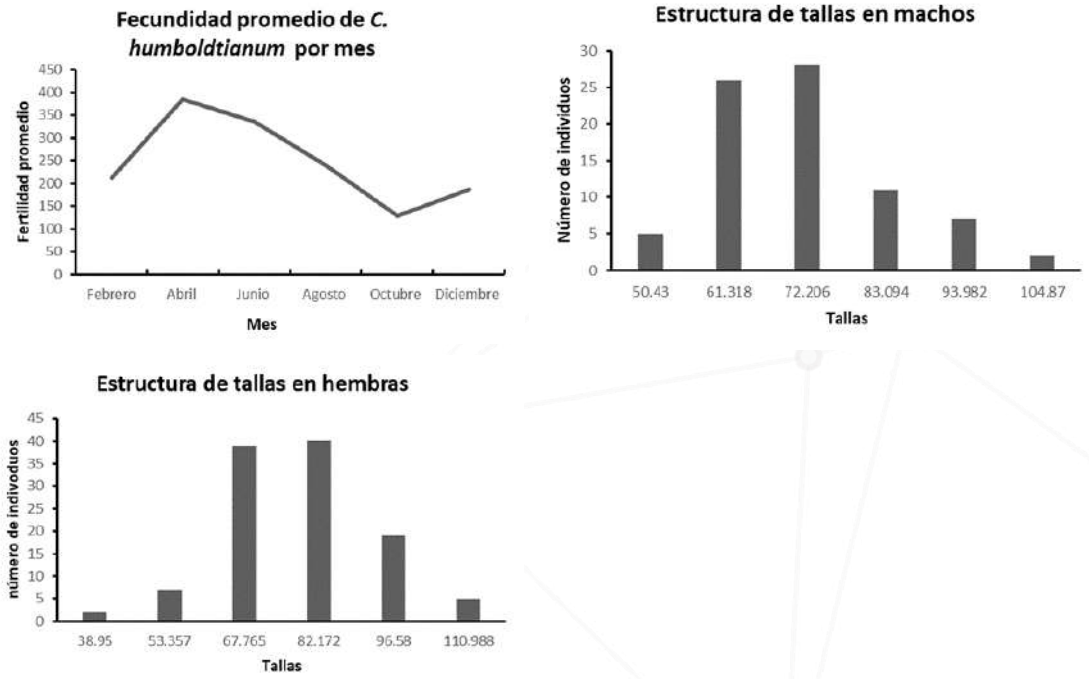


Figura 3. *Promedio de fecundidad por mes y estructura de tallas de hembras y machos de C. humboldtianum en el manantial La Zarcita.*

El índice gonadosomático (IGS) en el caso de las hembras mostraron un pico reproductivo en abril (IGS de 4.57) y un mínimo durante octubre (IGS de 1.33) mientras que en los machos no es tan evidente un pico a lo largo del año, pero con mayores valores en abril y

junio (IGS de 1.75 y 1.73 respectivamente) y un mínimo en octubre (IGS de 0.62). El factor de condición (k) muestra un comportamiento parecido al IGS con valores máximos para las hembras durante abril y un mínimo en agosto, mientras que en machos se mantiene constante con un valor ligeramente mayor durante diciembre (Figura 4). El tipo de crecimiento de *C. humboldtianum* en el manantial fue alométrico positivo para ambos sexos. (Tabla 1).

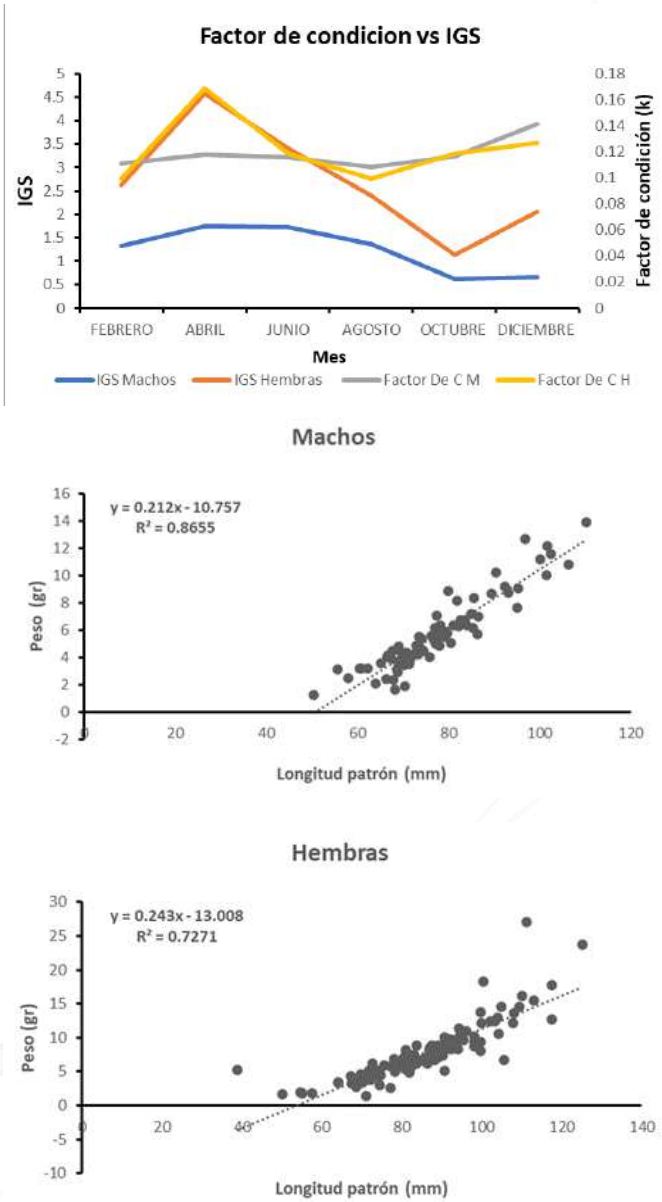


Figura 4. *Factor de condición e IGS y Regresión lineal entre peso (gr) y longitud patrón (mm) de machos y hembras de C. humboldtianum durante un ciclo anual.*

	Long promedio (mm)	Desviación estándar	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	a	B	R2

Machos	77.3321519	11.86358473	50.43	110.26	0.212	10.757	0.8655
Hembras	85.34799107	14.84541264	38.95	125.11	0.243	13.008	0.7271

Tabla 1. *Análisis de regresión lineal por sexo de C. humboldtianum*

CONCLUSIONES. C. humboldtianum se alimenta principalmente de insectos y detritus, así como de invertebrados del zooplancton como copépodos y ostrácodos. Presenta un pico reproductivo entre los meses de abril y junio, coincidiendo con las máximas temperaturas, su fecundidad promedio anual de 240 huevos. La talla mínima reproductiva de hembras y machos fue de 76.78 mm y 83.27 mm respectivamente. Las tallas medias fueron las más abundantes tanto en hembras como en machos. El crecimiento de C. humboldtianum fue alométrico positivo para ambos sexos.

REFERENCIAS.

1. Aguilar Ponce, J. F. (1993). Crecimiento, supervivencia y reproducción del charal Chirostoma humboldtianum en el embalse San Felipe Tiacaque, Edo. De México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México
2. De la Vega Salazar, M. Y. (2003). Situación de los peces dulceacuícolas de México. Ciencias 72, 20-30.
3. Hernández Ortiz, F. (1993). Evaluación de algunos aspectos de Alimentación y Reproducción del Charal Chirostoma jordani (Woolman) en el Embalse “MACUA” Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México
4. Hernández-Rubio, M., Figueroa-Lucero G., Barriga-Sosa I., Arredondo-Figueroa J. y Castro-Barrera T. (2006). Early development of the shortfin silverside Chirostoma humboldtianum (Valenciennes 1835) (Atheriniformes: Atherinopsidae). Aquaculture, 1440-1446, 261(4).
5. Kobelkowsky, A. y Lucero, G. (2018). Anatomy of the digestive system of Shortfin Silverside Chirostoma humboldtianum (Teleostei: Atherinopsidae). Hidrobiológica, 37-50, 28(1).
6. Moncayo Estrada, R. (1996). Estructura y función de la comunidad de peces de la Laguna de Zacapu, Michoacán, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional.
7. Navarrete, S. N. y R. Sánchez, M. (1991). Variaciones alimenticias de los peces del embalse Danxhó, en tres épocas del año. (Resumen). II Cong. Nal. de Ictiología. Monterrey Nuevo León. 2 – 50 pp
8. Ramírez-García, A., Jeppesen, E., Moncayo-Estrada, R., Mercado-Silva, N. y Domínguez-Domínguez, O. (2023). Diet and Trophic Structure of the Fish Community in a Small Sub-Tropical Lake in central Mexico. Water. 15,1301. https://doi.org/10.3390/w15071301
9. Rodríguez Robles J.L. (2006). Espectro trófico de Chirostoma humboldtianum (Valenciennes); (Pisces: Atherinopsidae) en el estanque JC en Soyaniquilpan, Edo. De México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
10. Soto Galera, E. (2019). Chirostoma humboldtianum. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019 3.RLTS.T191154A1971329.en.
11. Sturges H. (1926). The choice of a class interval. Journal of the American Statistical Association, 21(153), pp.65-66. Tradition: redefining measures for diet description with a case of study of the Aleutian York: Harper & Row.
12. Vargas, M. J., y De Sostoa, A. (1996). Life history of Gambusia holbrooki (Pisces, Poecilidae) in the Ebro delta (NE Iberian peninsula). Hydrobiologia, 341 (3), 215-224.
13. Zubieta Rojas T., Medina Nava M. y Segura García M.V. (2004). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124121

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN UN MANANTIAL PRIORITARIO PARA LA CONSERVACIÓN PECES DE LA FAMILIA GOODEIDAE, EN MÉXICO

Adilene Chávez-Campos[1], Arely Ramírez-García[1], Michael Köck[1], Omar Domínguez-Domínguez[1]

1 Laboratorio de Biología Acuática, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 58000. Morelia, Michoacán. México.

1719777d@umich.mx. arelyr@umich.mx, characodon68@gmail.com, omar.dominguez@umich.mx.

Palabras Clave: ICA, Conservación, Goodeidae.

RESUMEN. En 2023 se presentó un plan de acción para la conservación de peces de la familia Goodeidae en México, se identificaron 20 sitios prioritarios en el centro de México, donde habita gran parte de las especies de esta familia. Uno de estos sitios es el manantial La Mintzita, que forma parte de la subcuenca del Lago de Cuitzeo, la cual desafortunadamente se ve afectada por la antropización y las actividades humanas, la conservación de un cuerpo de agua depende en gran medida de su nivel de contaminación, lo cual es crucial para la supervivencia de las especies que lo habitan. El objetivo de este trabajo es evaluar la calidad del agua de un manantial prioritario para la conservación de los goodeidos. El muestreo se realizó en la temporada de secas del año 2024, se tomaron 6 réplicas de alrededor del manantial La Mintzita de las cuales se evaluaron 17 variables ambientales (pH, TDS (mg/L), OD (mg/L), salinidad (mg/L), conductividad eléctrica (mg/L), DQO (mg/L), alcalinidad (ppm), nitratos (mg/L), nitritos (µg/L), fósforo total (mg/L), cloruros (mg/L), dureza total (mg/L), amonio (mg/L), sulfato (mg/L), turbiedad (cm), coliformes fecales y coliformes totales (NMP/100 mL)) con las cuales se realizó el Índice de Calidad del Agua (ICA) propuesto por SEMARNAT en 2007. Los resultados muestran que el ICA en el manantial La Mintzita se encuentra dentro de la categoría de aguas poco contaminadas ($50 < ICA \leq 70$), aunque se encontró la presencia de coliformes fecales. Se concluye que es importante realizar evaluaciones periódicas de la calidad del agua en los sitios prioritarios, ya que un entorno acuático saludable es esencial para la preservación de los recursos hídricos y la conservación de los goodeidos, así como asegurar la supervivencia y bienestar de estos peces nativos.

INTRODUCCIÓN. En México, la cuenca del río Lerma-Chapala es una de las áreas más densamente pobladas y contaminadas del país (Cotler et al., 2015). Las actividades humanas y económicas han sobreexplotado y contaminado sus aguas, afectando a especies de peces endémicas como los goodeidos. La alteración del hábitat ha reducido la distribución de estas especies y la mayoría se encuentra en peligro de extinción (Domínguez-Domínguez y Pérez Ponce de León, 2007). Los estudios de calidad del agua son esenciales para describir las características físicas, químicas y biológicas de un cuerpo de agua, así como su estado de salud. En el caso de los manantiales, aunque el agua subterránea se filtra naturalmente, no es pura, ya que recoge minerales, material orgánico y microorganismos durante su paso por el suelo (SEMARNAT, 2007). Los estudios sobre

los efectos de la contaminación del agua en los goodeidos son escasos, por lo que en 2023 se elaboró una lista preliminar de 20 sitios importantes para la conservación de los goodeidos mexicanos, considerando factores como el número de especies presentes, el número de especies endémicas y el estado de conservación de las especies (Bamford et al., 2023). Con el objetivo de realizar estudios del estado de salud de estos sitios, en este trabajo se seleccionó uno de esos sitios el manantial la Mintzita, que se ubica en las afueras de la ciudad de morelia, como uno de los sitios prioritarios para realizar análisis de calidad de agua y así saber el grado de contaminación de agua donde se encuentran los gooodeidos.

ANTECEDENTES. El sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago, es crucial para la diversidad ictiológica del país, sufre de sobreexplotación y es una de las cuencas más contaminadas del mundo debido a la extracción de agua y la presencia de industrias y zonas agropecuarias. La calidad del agua ha disminuido debido a diversas actividades humanas (Domínguez-Domínguez y Pérez Ponce de León, 2007). El estado de Michoacán, especialmente la ciudad de Morelia, depende en gran medida de fuentes de agua como la Presa Cointzio y los manantiales San Miguel y La Mintzita. Más del 77% del agua utilizada proviene de fuentes superficiales, mientras que el 23% restante es de aguas subterráneas. La mayor parte del agua se destina a la agricultura (89.43%), seguida del abastecimiento público (7.05%), las termoeléctricas (0.92%) y la industria (2.60%) (CONAGUA, 2013). Según Lyons et al., (2020) las amenazas más comunes para las especies de goodeidos incluyen presas y uso del agua, especies exóticas invasoras y aguas residuales domésticas y urbanas. Estas amenazas han llevado a la extinción de algunas especies de goodeidos y han puesto a muchas otras en peligro crítico. La contaminación del agua por fertilizantes agrícolas y la fragmentación del hábitat son causas principales del deterioro en cuencas cercanas a este manantial, como el lago de Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén y Chapala.
Los estudios de calidad del agua incluyen diversas variables físicas, químicas y biológicas para describir la presencia de contaminantes. El Índice de Calidad de Agua (ICA) agrupa estas variables para expresar de manera simplificada la calidad del agua en un sitio. Este índice se basa principalmente en parámetros fisicoquímicos como pH, demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fósforo total, SDT y turbiedad. Según la clasificación de contaminación del agua en México, usando la DQO como indicador, podemos encontrar aguas excelentes, de buena calidad, aceptables, contaminadas y fuertemente contaminadas. Utilizando todos los parámetros del índice, las aguas se pueden clasificar como excelentes, aceptables, poco contaminadas, contaminadas y altamente contaminadas (SEMARNAT, 2007).

OBJETIVO. Evaluar la calidad del agua de un manantial prioritario para la conservación de los goodeidos

MATERIALES Y MÉTODOS. De los 20 sitios propuestos como prioritarios en el *Action Plan for the Conservation of Mexico's Goodeid Fishes 2023 – 2033* (Bamford et al., 2023), se seleccionó el manantial La Mintzita, con el objetivo de incluir la mayor diversidad de especies nativas catalogadas en peligro de extinción. La Mintzita se localiza al suroeste de la ciudad de Morelia, Michoacán. Las coordenadas extremas del polígono son 19° 37' 39.4" - 19° 40´ 1.4" de latitud norte y 101° 15´ 22.2" - 101° 17´ 00" de longitud oeste. Forma parte de la subcuenca del Lago de Cuitzeo, tributario de la Cuenca Lerma-Chapala en el estado

de Michoacán, México. Pertenece al municipio de Morelia y se ubica al suroeste de la ciudad del mismo nombre, en la Tenencia de La Mintzita.

Especies de goodeidos presentes y su categoría de riesgo: *Alloophorus robustus* (VU, nativa), *Allotoca dugesii* (EN, nativa), *Goodea atripinnis* (LC, nativa), *Hubbsina turneri* (CR, nativa), *Neotoca bilineata* (EN, nativa), *Skiffia lermae* (EN, nativa), *Xenotoca variata* (LC, nativa), *Zoogoneticus quitzeoensis* (EN, nativa) (CEPUM)

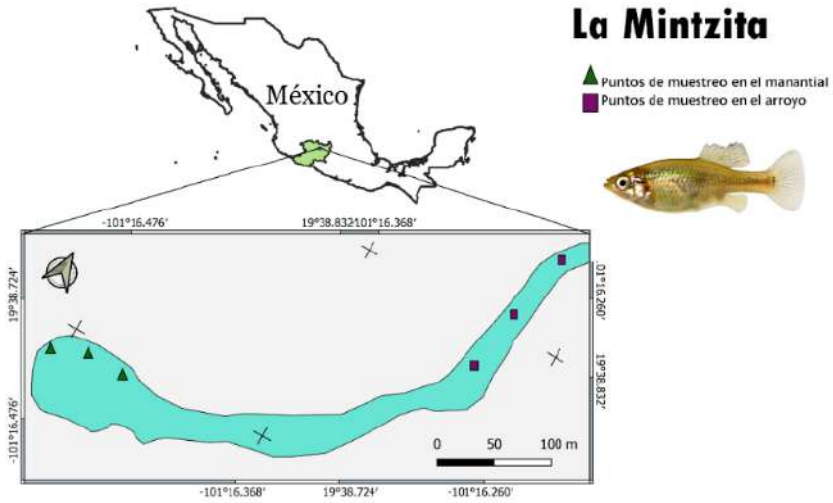


***Figura 1**.- mapa de localización de los puntos de muestreo.*

Muestreo de las variables fisicoquímicas del agua. Para este estudio se realizó un muestreo en el mes de junio, se seleccionaron tres puntos de muestreo en el manantial La Mintzita y tres en la parte del arroyo donde desemboca el manantial, esto con la finalidad de saber si la calidad de agua cambiaba agua abajo. Para la toma de variables ambientales se utilizó una sonda multiparamétrica HANNA (H1 9828), para medir pH, sólidos disueltos totales (TDS, mg/L), oxígeno disuelto (O_2, mg/L), salinidad (mg/L) y conductividad eléctrica (mg/L). Los análisis de demanda química de oxígeno DQO (mg/L) se realizaron de acuerdo al método de digestión Hach de rango bajo (0-150 mg/L), para realizar las variables de alcalinidad (ppm), nitratos (mg/L), nitritos (µg/L), fósforo total (mg/L), cloruros (mg/L), dureza total (mg/L), amonio (mg/L) y sulfato (mg/L), se tomó una muestra de agua en frascos de polietileno en cada punto elegido y se midieron utilizando los métodos del fotómetro de campo HANNA HI83300. La turbiedad (cm) se midió con un disco secchi. Para los coliformes totales (NMP/100mL) y coliformes fecales (NMP/100mL) se colectaron muestras de agua en bolsas WHILRL-PAK y se realizaron en un tiempo no mayor a 24 hrs de acuerdo con el método de número más probable establecido por la norma oficial mexicana NMX-AA-042-SCFI-2015, para la prueba de presuntiva de coliformes.

Análisis de datos.

Calidad del agua de acuerdo con los resultados de DQO (mg/L)

Excelente (DQO ≤ 10)
Buena calidad (10 < DQO ≤ 20)
Aceptable (20 < DQO ≤ 40)
Contaminada (40 < DQO ≤ 200)
Fuertemente contaminada (DQO > 200)

Índice de Calidad de Agua. Se realizo el Índice de Calidad del Agua (ICA) para cada sitio considerando 17 parámetros fisicoquímicos.

$$ICA = n \sum i=1 \, IiWin \sum i=1 \, Wi$$

De donde:
ICA = índice de calidad del agua
Ii = índice de calidad del parámetro i
Wi = Coeficiente de ponderación del parámetro i
n = número del total de parámetros
El valor del ICA se mide en una escala de 0 a 100 puntos de acuerdo a los resultados obtenidos:

- Aguas Excelentes (85<ICA≤100)
- Aguas Aceptables (70<ICA≤85)
- Aguas Poco contaminadas (50<ICA≤70)
- Aguas Contaminadas (30<ICA≤50)
- Aguas Altamente contaminadas (0<ICA≤30)

RESULTADOS. Se tomaron muestras de agua en seis puntos: tres en la parte del manantial y tres en el arroyo donde desemboca el manantial.
Según la demanda química de oxígeno (DQO) (Tabla 1), en la parte del manantial se registró una DQO de 17.3 mg/L, clasificando estas aguas como de buena calidad. En el arroyo, la DQO fue de 31.6 mg/L, lo que las clasifica como aguas aceptables.

	DQO	*Categoría*	
Arroyo	31.6	Aceptable	
Manantial	17.3	Buena calidad	

Tabla 1.- *Clasificación de la calidad de agua de acuerdo con la DQO en La Mintzita.*

Además, los resultados del Índice de Calidad de Agua, que considera 17 parámetros fisicoquímicos y biológicos, clasifican las aguas de La Mintzita como poco contaminadas (Tabla 2).

	Valor del ICA	*Categoría*	
Arroyo	62.25	» Aguas Poco contaminadas (50<ICA≤70)	
Manantial	61.14	» Aguas Poco contaminadas (50<ICA≤70)	

Tabla 2.- *Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) en La Mintzita*

CONCLUSIONES. Estos resultados destacan la importancia de monitorear y gestionar adecuadamente las fuentes de agua para preservar su calidad y proteger el ecosistema acuático de La Mintzita, que alberga ocho especies de goodeidos. La buena calidad del agua en el manantial proporciona un hábitat adecuado para la supervivencia y reproducción de estas especies nativas y endémicas. Sin embargo, la calidad aceptable del agua en el arroyo indica la necesidad de un monitoreo continuo para evitar un deterioro que podría afectar negativamente a las poblaciones de goodeidos. La preservación de la calidad del agua es crucial para mantener la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos en La Mintzita.

REFERENCIAS.

1. Bamford, P., Baltzer, M., Contreras-MacBeath, T., Domínguez-Dominguez O., Goodwin, R., Edmondstone, M., Hernández Valencia, F., Köck, M., Patricio, H. y Ramírez-García, A. (2023). Action plan for the Conservation of Mexico's Goodeid Fishes. IUCN SSC Freshwater Conservation Committee and Universidad MIchoacana San Nicolás de Hidalgo. 58 p.
2. CONAGUA. (2013). Estadísticas del agua en México. Secretaria de Gobernación, Comisión Nacional del Agua. D. F., México.
3. Cotler, H., Garrido, A., Bunge, V., Cuevas, M. L. (2015). Las Cuencas Hidrográficas de México. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/priorizacion.pdf
4. Domínguez-Domínguez, O. y G. Pérez Ponce de León. (2007). Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. CONABIO. Biodiversitas 75:12-15
5. SEMARNAT. (2007). Dirección General de Estadística e Información Ambiental. México.
6. Lyons, J., Máiz-Tomé, L., Tognelli, M., Daniels, A., Meredith, C., Bullock, R. and Harrison, I. (eds.), Contreras-MacBeath, T., Hendrickson, D.A., Arroyave, J., Mercado Silva, N., Köck, M., Domínguez Domínguez, O., Valdés González, A., Espinosa Pérez, H., Gómez Balandra, M.A., Matamoros, W., Schmitter-Soto, J.J., Soto-Galera, E., Rivas González, J.M., Vega-Cendejas, M.E., Ornelas-García, C.P., Norris, S. y Mejía Guerrero, H.O. (2020). The status and distribution of freshwater fishes in Mexico. Cambridge, UK and Albuquerque, New Mexico, USA: IUCN and ABQ BioPark.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124122

EFECTO DE LA URBANIZACIÓN EN LA DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS URBANOS, MORELIA, MICHOACÁN

Rebeca Selene Miguel Méndez[1], Alejandro Salinas Melgoza[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2220103x@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandro.salinas@umich.mx

Palabras Clave: Grabaciones, Luz artificial, Ruido urbano

RESUMEN. Se ha documentado que la diversidad de murciélagos en las ciudades tiende a disminuir, esto podría deberse a algunos elementos urbanos como lo son la luz artificial y el ruido urbano. El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto de estos elementos urbanos en la diversidad de murciélagos en la ciudad de Morelia. Se obtuvieron 36 358 registros, correspondientes a 19 especies y un fonogrupo. La actividad en la ciudad fue mayor en Parques Urbanos (ZU=7399 registros, PU=20501 registros, ZP=1305 registros), siendo la especie Molossus molossus la mejor representada en las 3 zonas (ZU= 3 833, PU= 1 468, ZP=1 305). Los números de Hill muestran una riqueza menor (Q0) en la Zona centro (ZU= 19 especies, PU=20 especies, ZP=20 especies), para los Parques Urbanos se encontró un número mayor de especies comunes (Q1) (ZU= 10.61, PU=10.65, ZP= 10.03), mientras la Zona Urbana presentó la mayor dominancia (Q2) (ZU=9.18, PU= 8.99, ZP= 8.29). Los resultados muestran que no hay un efecto claro de la urbanización en la diversidad de murciélagos, sin embargo, las condiciones generadas por los Parques Urbanos podrían tener un gran valor para la permanencia de las especies de murciélagos dentro de las ciudades.

INTRODUCCIÓN. El orden Chiroptera es uno de los grupos más diversos de mamíferos que habitan la tierra, ya que las especies que lo componen se distribuyen prácticamente en todo el mundo a excepción de los polos (Ceballos y Oliva, 2005). Los hábitats donde se les puede encontrar incluye las ciudades (Ávila-Flores y Fenton 2005, Bunkley et al. 2015, Rodríguez-Aguilar et al. 2017, Lewanzik y Voigt 2017, Ferreyra-García 2020). La UICN identifica como principales amenazas para este grupo el cambio de uso del suelo, la ganadería, plantaciones y por supuesto la urbanización (Voigt y Kingston 2015). Se considera que las urbanizaciones regularmente ocasionan una disminución en la riqueza y diversidad de los grupos de fauna, incluyendo a los murciélagos (McKinney 2008, Faeth et al. 2011), mientras que algunas especies pueden presentarse en mayor abundancia y dominancia (Ávila-Flores y Fenton 2005, Lewanzik y Voigt 2017). El impacto de la urbanización sobre los murciélagos podría explicarse por diversos factores, como lo son el ruido urbano y la luz artificial, que pueden afectar a los murciélagos en diferente medida, dependiendo de sus características intrínsecas y susceptibilidad.

ANTECEDENTES. Se ha observado que el ruido urbano puede afectar a especies de murciélagos insectívoras que ecolocalizan a frecuencias bajas (<35 KHz). Esto puede

ocasionar que se interfiriera en la percepción de su entorno y detección sus presas, en especial aquellas especies que realizan las capturas a nivel del sustrato (Bunkley et al. 2015, Moretto y Francis 2017). Por otra parte, la contaminación lumínica en las ciudades, ocasionada principalmente por las farolas en las calles, afecta principalmente a las especies nocturnas, por lo que puede ser otro factor que influya en la diversidad de murciélagos (Stone et al. 2015). Estas farolas pueden tener la función de un filtro, que podría favorecer a algunas especies de murciélagos y afectar negativamente otras (Rodríguez-Aguilar et al. 2017). Se ha observado que la familia Molossidae aumenta su abundancia cuando lo hace el número de farolas (Rodríguez-Aguilar et al. 2017). Además, individuos de los géneros Eptesicus, Nyctalus, Pipistrellus y Vespertilio se alimentan alrededor de éstas (Lewanzik y Voigt, 2017) contribuyendo así a un aumento en su abundancia en las ciudades (Ávila-Flores y Fenton 2005, Russo y Ancilotto, 2015). Por otro lado, la luz también puede influir negativamente en algunas especies de murciélagos, por ejemplo, el género Myotis, evitan acercarse a lugares muy iluminados (Lewanzik y Voigt 2017). Esto sugiere que la contaminación lumínica en las ciudades puede representar barreras y ocasionar cambios en la estructura de las comunidades animales que pueden fluctuar de forma espacial por las barreras que pueden generarse.

OBJETIVO. Por lo que el siguiente estudio se enfoca en evaluar la influencia del ruido urbano, la luz artificial y la disponibilidad de recursos alimenticios en la riqueza, abundancia y diversidad de murciélagos insectívoros.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se seleccionaron nueve sitios en total a lo largo de un gradiente de urbanización, divididos en tres sitios, en tres diferentes zonas en la ciudad de Morelia, Michoacán. Los tipos de urbanización, en un orden de disminución de la urbanización serán a) Zona Urbana sin vegetación (ZU), b) Parque Urbano (PU), c) Zonas en la Periferia de la ciudad (ZP). De cada sitio se obtendrán mediciones de intensidad de luz (Lux) y ruido de fondo (Decibeles), para caracterizar los sitios de muestreo.
Para analizar la diversidad y abundancia de murciélagos se muestrearán los nueve sitios, durante 12 meses. Se realizarán grabaciones utilizando detectores ultrasónicos autónomos (Song Meter SM4BAT FS) durante 8 horas, iniciando 1 hora antes del anochecer. La identificación de las especies de murciélagos a partir de las vocalizaciones se realizará de manera automatizada, utilizando el análisis RandomForest. La diversidad de murciélagos se evaluará mediante los tres números de Hill (Hill 1973). Para analizar el grado de similitud de la de diversidad entre las zonas se calcularon la Distancia de Bray-Curtis y el índice de Jaccard; finalmente, se utilizaron pruebas Anova y Tukey, para evaluar las diferencias entre los niveles de luz y ruido entre las zonas.

RESULTADOS. De las grabaciones realizadas durante los 12 meses se obtuvieron 36 358 registros, correspondientes a 19 especies de murciélagos insectívoros y un fonogrupo, el cual engloba especies del género *Myotis,* esto debido a que su identificación es complicada a causa de la similitud en sus vocalizaciones. La mayoría de especies se compartieron entre las tres zonas, a excepción del fonogrupo *Myotis*, el cual no se registró en la Zona Urbana (ZU) (Tabla1).

Acrónimo	Especie	ZU	PU	ZP
Balpli	*Balantiopteryx plicata*	*	*	*
Cormex	*Corynorhinus mexicanus*	*	*	*
Cortow	*Corynorhinus townsendii*	*	*	*

Eptbra	*Eptesicus brasiliensis*	*	*	*
Eptfur	*Eptesicus furinalis*	*	*	*
Eptfus	*Eptesicus fuscus*	*	*	*
Eumund	*Eumops underwoodi*	*	*	*
Idiphy	*Idionycteris phyllotis*	*	*	*
Lascin	*Lasiurus cinereus*	*	*	*
Molmol	*Molossus molossus*	*	*	*
Molruf	*Molossus nigricans*	*	*	*
Molsin	*Molossus sinaloae*	*	*	*
Mormeg	*Mormoops megalophylla*	*	*	*
Myotis	*Myotis*		*	*
Natmex	*Natalus mexicanus*	*	*	*
Procen	*Promops centralis*	*	*	*
Pteful	*Pteronotus fulvus*	*	*	*
Ptemex	*Pteronotus mexicanus*	*	*	*
Ptepsi	*Pteronotus psilotis*	*	*	*
Tadbra	*Tadarida brasiliensis*	*	*	*

Tabla 1. *Listado de especies registradas para la Zona Urbana (ZU), Parque Urbano (PU) y Zona Periférica (ZP) en la ciudad de Morelia, Michoacán.*

Se reportó un mayor número de registros en la zona de Parques Urbanos con 20 501 registros, a comparación de la Zona Centro con 7 399 y la Zona Periferica con 8 457. En cuanto a las especies, *Molossus molossus* tiene un mayor número de registros en las 3 zonas (ZU= 3 833, PU= 1 468, ZP=1 305), mientras que las especie con menos registros es *Eptesicus brasiliensis* con 17 registros (Figura 1).

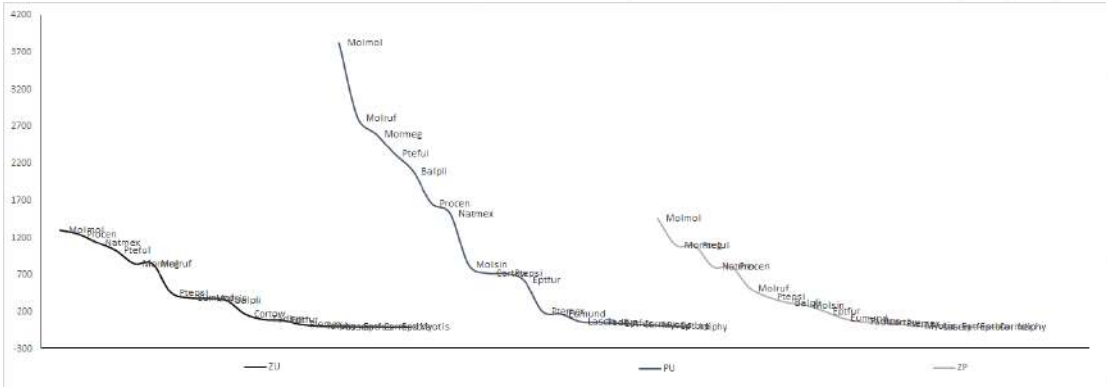


Figura 1*. Registros de las especies por zonas (Zona Urbana = ZU, Parque Urbano= PU, Zona Periférica= ZP)*

Se obtuvieron los tres números de Hill, con los cuales se observó una menor riqueza de especies (Q0) para la Zona Urbana (ZC=19) debido a la exclusión del fonogrupo Myotis, mientras que la riqueza en las zonas de Parques Urbanos y zona periféricas es la misma (PU= 20, ZP= 20). Los Parques Urbanos presentaron un mayor número de especies efectivas (Q1) (ZU= 10.61, PU= 10.75, ZP= 10.03), mientras la Zona Urbana presentó una mayor dominancia de especies (Q2) (ZC= 9.18, PU=8.99, ZP= 8.29) (Figura 2).

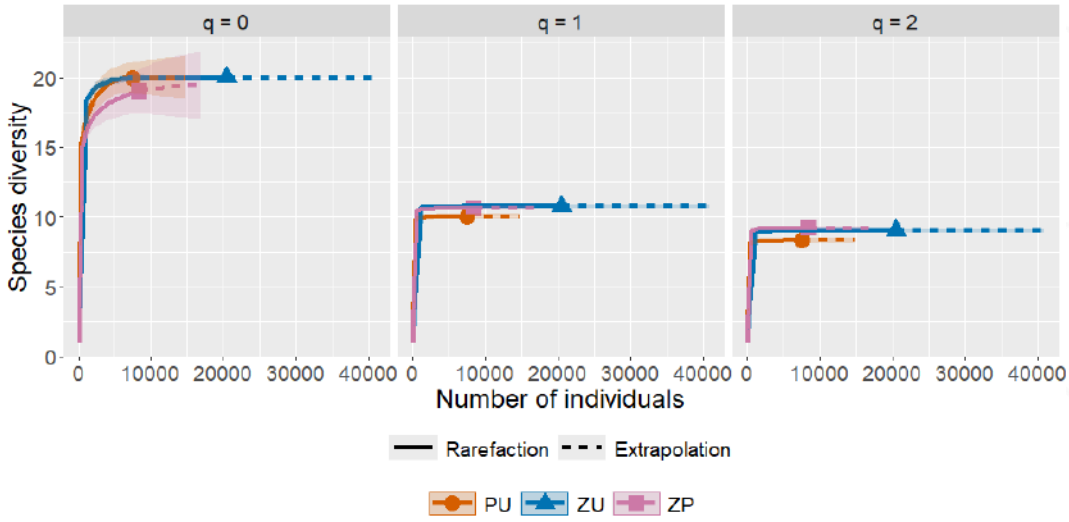


Figura 2. *Curvas de rarefacción de la diversidad de las especies por zona (Zona Urbana = ZU, Parque Urbano= PU, Zona Periférica= ZP).*

El índice de Jaccard indica que hubo un recambio de especies entre las zonas (B_{tur}= 0.0), pero se presenta anidamiento entre las Zona Urbana con Parques Urbanos (B_{jnes}= 0.05), y con la Zona Periférica (B_{nes}= 0.05), sin embargo las zonas son muy parecidas, difiriendo únicamente en un 5% (B_{jac}=0.05). En cuanto al análisis de Distancia de Bray-Curtis, se observó una mayor diferencia entre la Zona Urbana con la Zona Periférica (0.14), mientras que los parques urbanos (PU) son más parecidos con la Zona Periférica de la ciudad (0.47) y en segundo lugar con la Zona Urbana (0.43). Finalmente, las pruebas de Anova y Tukey muestran que los niveles de luz son diferentes entre los tres sitios (9.753E-80) , mientras que para el ruido urbano, hay diferencias significativas entre la Zona Urbana con las otras dos zonas (PU= 2.342E-06, ZP= 4.286E-08), sin embargo no hay diferencias entre los Parques urbanos y la zona periférica de la ciudad (0.6446) (Figura 3).

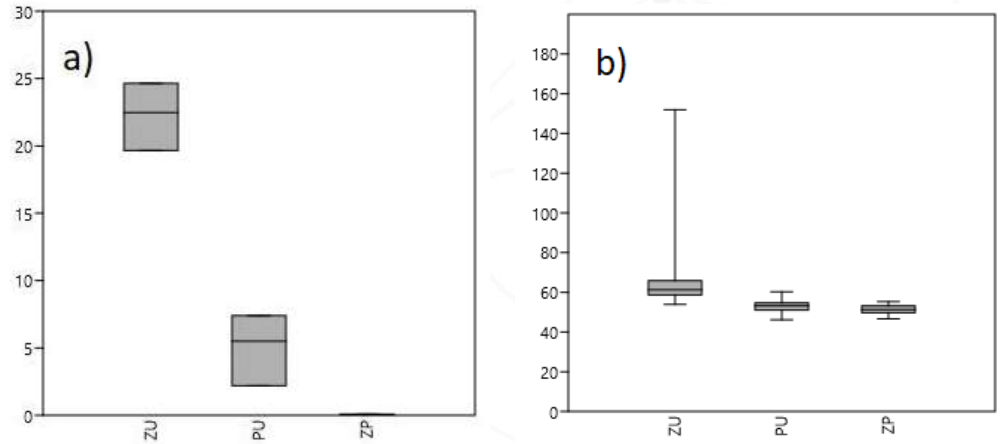


Figura 3. *Niveles de luz (a) y niveles de ruido (b) por zona (Zona Urbana = ZU, Parque Urbano= PU, Zona Periférica= ZP).*

CONCLUSIONES. Se presenta similitud en el número de especies en las tres zonas de la ciudad (Zona Urbana, Parque Urbano y Zona periférica) sin embargo las especies del

género Myotis no están presentes en la zona urbana, probablemente porque esta zona presenta mayores niveles de luz. A pesar de que la diversidad entre las zonas es muy parecida, se observa un mayor número de registros en los Parques urbanos, probablemente porque estos sitios, a pesar de estar en medio de la ciudad, presentan características que amortiguan los niveles de luz y sonido.

REFERENCIAS.

1. Avila-Flores, R., & Fenton, M. B. (2005). Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. Journal of mammalogy, 86(6), 1193-1204.
2. Bunkley, J. P., McClure, C. J., Kleist, N. J., Francis, C. D., & Barber, J. R. (2015). Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls. Global Ecology and Conservation, 3, 62-71.
3. Rodríguez-Aguilar G, Orozco-Lugo CL, Vleut I et al (2017) Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats. Urban Ecosyst 20:477–488
4. Lewanzik, D., & Voigt, C. C. (2017). Transition from conventional to light-emitting diode street lighting changes activity of urban bats. Journal of Applied Ecology, 54(1), 264-271.
5. Ferreyra García, D. (2020). ¿ Son los ríos urbanos más usados por murciélagos insectívoros que otros hábitats lineales urbanos?. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
6. Voigt, C. C., & Kingston, T. (2015). Bats in the anthropocene. Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world, 1-9.
7. McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. Urban ecosystems, 11(2), 161-176
8. Faeth, S. H., Bang, C., & Saari, S. (2011). Urban biodiversity: patterns and mechanisms. Annals of the New York Academy of Sciences, 1223(1), 69-81.
9. Moretto L, Francis CM (2017) What factors limit bat abundance and diversity in temperate, North American urban environments? J Urban Ecol 3:510–543
10. Stone, E. L., Harris, S., & Jones, G. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. Mammalian Biology, 80(3), 213-219.
11. Russo, Danilo; Ancillotto, Leonardo (2015). Sensitivity of bats to urbanization: a review. Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde, 80(3), 205–212. doi:10.1016/j.mambio.2014.10.003

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124123

EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LA DIFUSIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD TÉRMICA EN HIDROGEL DE POLIACRILAMIDA

Elí Chagolla Inzunza, Pablo Genaro Martínez Torres, Laura Alicia Ibarra Bracamontes3

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1137626b@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pablo.martinez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; laura.ibarra@umich.mx

Palabras Clave: Tamaño de partícula, poliacrilamida, hidrogel, difusividad, conductividad.

RESUMEN. Se midió la difusividad térmica de hidrogel de poliacrilamida (PAAm) utilizando la técnica fototérmica del resonador de ondas. Para estudiar el efecto del tamaño de las partículas, los gránulos de PAAm se procesaron mediante un método de molino de bolas, generando cuatro grupos de partículas de diferentes tamaños. Los tamaños de las partículas se analizaron mediante microscopía óptica y se calcularon los diámetros equivalentes de cada grupo utilizando un software de procesamiento de imágenes. Las mediciones de la difusividad térmica se realizaron variando el tamaño de las partículas de PAAm, lo que permitió obtener un conjunto de datos experimentales. A partir de estos datos, se calculó la conductividad térmica efectiva del hidrogel. Los resultados demostraron que la conductividad térmica del hidrogel de poliacrilamida aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas. Finalmente, se compararon los resultados experimentales con los modelos analíticos de Lewis-Nielsen y Jang & Choi para validar las observaciones obtenidas y evaluar la precisión de estos modelos en la predicción del comportamiento térmico de hidrogeles PAAm con diferentes tamaños de partícula. A través de esta comparación, se concluyó que ambos modelos respaldan la observación de que la conductividad térmica aumenta al disminuir el tamaño de las partículas, lo cual se atribuye a que las partículas más pequeñas generan una mayor área de transferencia de calor. Sin embargo, se encontró que estos modelos no predicen con precisión el comportamiento del hidrogel PAAm. En el caso del modelo de Lewis-Nielsen, se observó que este no considera el tamaño de las partículas como un parámetro específico, sino que se enfoca en la forma de las partículas y su orientación en la mezcla, lo que limita su aplicabilidad al sistema. Por otro lado, aunque el modelo de Jang & Choi sí incorpora el diámetro de las partículas, se basa en el movimiento browniano, que incluye el desplazamiento aleatorio de las partículas en el fluido debido a las colisiones térmicas, un parámetro que no fue considerado en los experimentos.

INTRODUCCIÓN. Los hidrogeles de PAAm son materiales poliméricos que han ganado considerable atención en la investigación y la industria debido a su capacidad de retener grandes cantidades de agua y su biocompatibilidad. Estos materiales están compuestos por una red tridimensional de cadenas poliméricas que pueden absorber y retener agua, convirtiéndose en estructuras altamente hidratadas. Debido a estas propiedades, los hidrogeles de PAAm se utilizan en aplicaciones que van desde la ingeniería de tejidos y la

liberación controlada de fármacos hasta la fabricación de dispositivos médicos y sensores biomédicos (Caló y Khutoryanskiy, 2015; Ahmed, 2015). En la sociedad actual, donde la demanda de materiales avanzados y biocompatibles está en constante crecimiento, los hidrogeles de PAAm juegan un papel crucial en el desarrollo de tecnologías que imitan o mejoran las funciones biológicas, subrayando su relevancia en la medicina y la biotecnología modernas. La incorporación de materiales a escala micro o nanométrica en una matriz polimérica es una estrategia bien establecida para mejorar diversas propiedades físicas y mecánicas del material base. Por ejemplo, la adición de nanopartículas a polímeros puede aumentar la resistencia mecánica, mejorar la estabilidad térmica y aumentar la conductividad eléctrica, lo que es fundamental para aplicaciones en electrónica, energía y medicina (Gong et al., 2003; Shariatinia y Jalali, 2018). En el caso del agua, la adición de un polímero como la PAAm transforma el comportamiento del agua dentro del hidrogel, estructurándola de manera que puede ser controlada y utilizada eficientemente en aplicaciones específicas, como la liberación de fármacos o la ingeniería de tejidos.
Una de las propiedades más críticas que se ve afectada por la adición de partículas es la conductividad térmica. La capacidad de un material para conducir calor es esencial en una variedad de aplicaciones, desde la gestión térmica en dispositivos electrónicos hasta la fabricación de tejidos artificiales, donde es necesario replicar el comportamiento térmico de los órganos naturales (Xu et al., 2016). La difusividad térmica, que describe la velocidad con la que un material puede igualar las temperaturas dentro de su volumen, también se modifica significativamente con la inclusión de estas partículas. El tamaño y la disposición de las partículas dentro de la matriz polimérica son factores determinantes en la modificación de la conductividad y difusividad térmica. Estudios han demostrado que partículas más pequeñas pueden proporcionar una mayor área superficial para la transferencia de calor, lo que mejora significativamente la conductividad térmica del material compuesto (Ren, 2009). Además, una distribución homogénea de las partículas asegura que estas mejoras sean consistentes en todo el material, lo cual es crucial para aplicaciones en las que el control térmico es prioritario, como en la fabricación de dispositivos electrónicos de alto rendimiento, sistemas de enfriamiento eficientes y materiales para la gestión térmica en aplicaciones aeroespaciales (Gonzales, 2019).

ANTECEDENTES. Kim et al. (2007) investigaron la conductividad térmica de nanofluidos que contenían nanopartículas de óxidos metálicos, descubriendo que la conductividad aumentaba al reducir el tamaño de las partículas. Además, demostraron que la irradiación con láser podía fragmentar las partículas y mejorar aún más la conductividad térmica, sugiriendo que las técnicas de tratamiento de partículas pueden ser clave para optimizar las propiedades térmicas de los nanofluidos. Saterlie et al. (2011) estudiaron la conductividad térmica de nanofluidos con nanopartículas de cobre sintetizadas mediante reducción química, evaluando cómo el tamaño y la dispersión de las partículas afectan esta propiedad. Encontraron que la adición de nanopartículas bien dispersas, incluso en bajas concentraciones, mejora significativamente la conductividad térmica del fluido, con un aumento de hasta un 48% cuando las partículas eran de menor tamaño y estaban homogéneamente distribuidas. Tessema y Kidane (2014) exploraron la conductividad térmica de nanocompuestos poliméricos reforzados con partículas de sílice, encontrando que la fracción volumétrica tiene un mayor impacto en la conductividad térmica que el tamaño de las partículas. Utilizando el modelo de Lewis-Nielsen, lograron predecir de manera razonable el comportamiento térmico observado, destacando que la dispersión y

funcionalización de las partículas son cruciales para maximizar la eficiencia térmica de estos materiales.
Zhou et al. (2020) utilizaron una estrategia para demostrar que se podía potenciar la conducción de calor en polímeros amorfos ajustando sus interacciones intermoleculares. Utilizando el hidrogel polivinilalcohol (PVA) como sistema modelo, demostraron cómo las fuerzas intermoleculares dinámicas, que se rompen y se vuelven a formar constantemente, también pueden mejorar el transporte térmico.

OBJETIVO. Determinar el efecto del tamaño de partículas en la difusividad y conductividad térmica en hidrogel de poliacrilamida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Preparar hidrogeles con diferentes tamaños de partícula a partir de PAAm. Determinar la difusividad térmica del hidrogel PAAm mediante técnicas experimentales (resonador de ondas térmicas). Aplicar modelos efectivos para describir el comportamiento de los datos experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS. El principal reactivo utilizado en esta investigación fue el polímero de poliacrilamida/acrilato, fabricado por el laboratorio Goodfellow y suministrado por Sigma-Aldrich. Para lograr la reducción del tamaño de las partículas del polímero, se empleó un método de molienda mediante molino de bolas, obteniendo así distintas distribuciones de tamaño de partículas. A partir de estas partículas de tamaño reducido, se prepararon muestras de hidrogel con una fracción volumétrica de 0.1%.

RESULTADOS. Al utiliza el molino de bolas para obtener un tamaño de partículas más pequeño es necesario introducir dos parámetros a la máquina: frecuencia (Hz) y tiempo (min). Se variaron estos dos parámetros y se obtuvieron tres diferentes tamaños de partícula, véase Tabla 1. Para identificar los diferentes tamaños de partícula de una manera más sencilla se les llamo G1, G2, G3, G4 donde la G viene de grano y mientras más grande es el número más pequeño es el tamaño de las partículas. G1 es el tamaño original de las partículas de PAAm y las otras son tamaños obtenidos después del proceso de molienda.

Nomenclatura	Frecuencia, Hz	Tiempo, min	Tamaño prom. de partícula, mm	Desviación estándar, mm
G1	Tamaño original	Tamaño original	1.63	0.21
G2	10	1	0.21	0.12
G3	20	1	0.15	0.09
G4	25	2	0.07	0.04

Tabla 1. *Parámetros utilizados para la obtención de diferentes tamaños de las muestras PAAm en molino de bolas y promedio de tamaño de partícula obtenido.*

Se realizaron experimentos para determinar la difusividad térmica del hidrogel PAAm a cuatro muestras al 0.1% de fracción volumétrica de PAAm a 22°C variando su tamaño de partícula y a partir de estos resultados con la ecuación de difusividad térmica se obtuvo la conductividad térmica de las cuatro muestras del hidrogel PAAm. Al ir disminuyendo el

tamaño de las partículas, se observó un incremento en la conductividad térmica de los hidrogeles (Figura 1). Estos resultados experimentales se compararon con las predicciones proporcionadas por los modelos teóricos de Lewis-Nielsen (L-N) (Figura 2). Por otro lado, aunque se utilizó el modelo de Jang & Choi para introducir las conductividades del agua y la PAAm, no se realizó una comparación directa con los resultados experimentales debido a la falta de datos específicos sobre las velocidades del movimiento de las partículas. Para este modelo, los otros parámetros utilizados fueron asumidos, lo que limita su aplicabilidad en la validación de los datos experimentales obtenidos en este estudio.

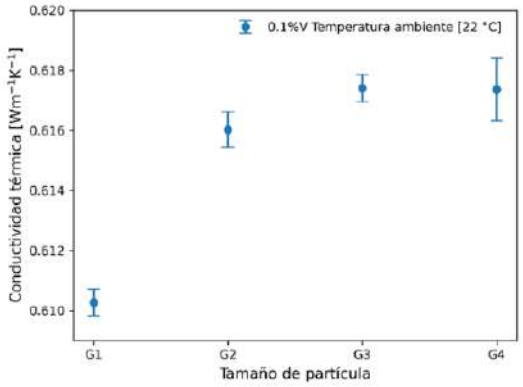


***Figura 1**. Conductividad térmica del hidrogel PAAm de muestras obtenidas a partir de diferentes tamaños de partícula.*

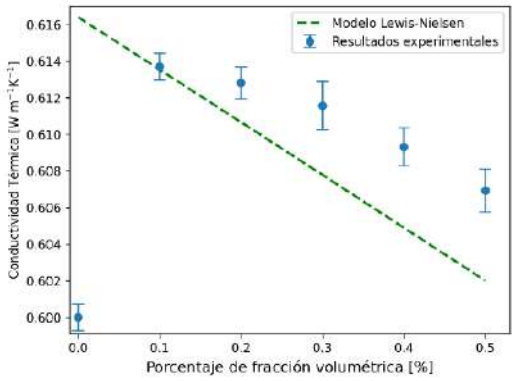


***Figura 2.** Conductividad térmica del hidrogel PAAm a diferentes fracciones volumétricas para valores experimentales y el modelo de Lewis-Nielsen.*

CONCLUSIONES.

Impacto del tamaño de partícula: A menor tamaño de las partículas en el hidrogel de PAAm, se observó una mayor conductividad térmica.

Aplicabilidad del modelo de Lewis-Nielsen: Este modelo es útil para predecir la conductividad térmica en un rango limitado de fracción volumétrica (0.1 a 0.5), mostrando disminución de conductividad térmica con el aumento en la fracción volumétrica del hidrogel PAAm al igual que en los datos experimentales, aunque su ajuste a los datos experimentales no es ideal.

Limitaciones del modelo de Jang & Choi: No se pudo aplicar el modelo de Jang & Choi debido a la falta de parámetros como la velocidad de partícula y la viscosidad. Sin embargo,

cualitativamente, respalda la observación de que un mayor tamaño de partícula resulta en menor conductividad térmica.

REFERENCIAS.

1. Ahmed, E. M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. Journal of Advanced Research, 6(2), 105-121. https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006
2. Caló, E., & Khutoryanskiy, V. V. (2015). Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. European Polymer Journal, 65, 252-267. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.11.024
3. Gong, J. P., Katsuyama, Y., Kurokawa, T., & Osada, Y. (2003). Double-network hydrogels with extremely high mechanical strength. Advanced Materials, 15(14), 1155-1158. https://doi.org/10.1002/adma.200304907
4. Gonzales, J. E. (2019). Thermal management in electronics: A review of existing and emerging technologies. Journal of Electronic Materials, 48(7), 4059-4073. https://doi.org/10.1007/s11664-019-07213-9
5. Jang, S. P., y Choi, S. U. (2004). Role of Brownian motion in the enhanced thermal conductivity of nanofluids. Applied physics letters, 84(21), 4316-4318. https://doi.org/10.1063/1.1756684
6. Ren, X. (2009). Heat transfer in nanofluids: A review. Journal of Nanomaterials, 2009, 1-17. https://doi.org/10.1155/2009/879483
7. Shariatinia, Z., & Jalali, A. M. (2018). A review on the synthesis and properties of chitosan-based hydrogels for tissue engineering applications. Carbohydrate Polymers, 196, 397-417. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.05.021
8. Xu, X., Jha, A. K., Harrington, D. A., Farach-Carson, M. C., & Jia, X. (2016). Hyaluronic acid-based hydrogels: From a natural polysaccharide to complex networks. Soft Matter, 8(12), 3280-3294. https://doi.org/10.1039/c1sm06404a

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124124

NANOCRISTALES DE PLATA CON DIFERENTES FORMAS UTILIZANDO EXTRACTOS DE HOJAS DE *Equisetum hyemale*

***Luis Gerardo García Velázquez*[1], *Gerardo Antonio Rosas Trejo*[1]**
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; grtrejo@umich.mx, 2016957c@umich.mx

Palabras Clave: AgNPs, esferas, dendríticas, Equisetum hyemale.

RESUMEN. Este estudio presenta la síntesis de diferentes morfologías de plata, incluyendo nanopartículas de plata (AgNPs), dendritas y esferas, utilizando extractos de hojas de Equisetum hyemale. La morfología de las nanoestructuras de Ag estuvo influenciada por la variación en la concentración de sales precursoras (AgNO3), la cantidad de extracto acuoso, la temperatura y la exposición a la luz solar. Los productos de Ag obtenidos se caracterizaron mediante espectroscopía UV-vis, microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión, difracción de rayos X y espectroscopía FT-IR. Por lo general, las AgNPs se formaron utilizando bajas concentraciones de AgNO3 y el extracto de la planta. Además, se sintetizaron estructuras dendríticas de Ag a 50 °C con altas concentraciones de AgNO3. Además, la relación volumétrica del extracto acuoso con respecto al AgNO3 determinó la formación y el tamaño de las esferas de Ag.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, la síntesis de AgNPs ha despertado un gran interés debido a sus propiedades únicas, como la alta superficie y las dimensiones a nanoescala (<100 nm), lo que conduce a efectos de tamaño cuántico. Las AgNPs encuentran aplicaciones en diversos campos, como la electrónica, la catálisis y, en particular, como agentes antibacterianos. Las AgNPs se pueden preparar utilizando varios métodos, como la precipitación química, la reducción asistida por microondas, las técnicas electroquímicas y los procesos químicos ecológicos. En comparación con los métodos físicos o químicos tradicionales, la síntesis verde que utiliza fuentes biológicas es de bajo costo, sencilla, no tóxica y adecuada para la producción a gran escala.
Los extractos de plantas son particularmente favorecidos en la síntesis verde debido a su simplicidad y amplia disponibilidad ya que contienen compuestos bioactivos, como polifenoles, alcaloides, flavonoides, lignanos y terpenos, que actúan como agentes reductores y estabilizadores, facilitando la reducción química de los iones a NPs.

ANTECEDENTES. Estudios recientes han demostrado que los métodos ecológicos pueden producir NPs metálicas con diversas morfologías, incluidas esferas, estructuras similares a flores y formaciones fractales. Por lo general, las nanoestructuras de Ag se han obtenido a través de enfoques convencionales y exhiben propiedades fisicoquímicas interesantes para aplicaciones en catálisis, medicina, sustratos de dispersión Raman mejorada en superficie (SERS) y etiquetado e imágenes biológicas.
Sin embargo, la mayoría de los estudios que utilizan procedimientos de síntesis verde informan principalmente de la formación de AgNPs, con sólo unos pocos relatos de síntesis de esferas y estructuras fractales utilizando el mismo extracto de planta.

OBJETIVO. Evaluar la síntesis verde de AgNPs, esferas y dendritas a temperatura ambiente utilizando extracto acuoso de Equisetum hyemale, variando sistemáticamente las condiciones experimentales para obtener cada morfología.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Preparación de soluciones y síntesis de nanoestructuras de plata. Los extractos de hojas de Equisetum hyemale se prepararon pesando diferentes cantidades (1, 2, 3 y 4 g) e hirviéndolos en 50 ml de agua reactiva a 50 °C con agitación magnética durante 15 minutos. Posteriormente, la mezcla se filtró usando papel de filtro Whatman Nº 2. La sal precursora, nitrato de plata ($AgNO_3$, ≥99.9%, Sigma-Aldrich), se preparó en concentraciones de 8 a 10 mM. Las nanoestructuras de plata se sintetizaron añadiendo el extracto acuoso al $AgNO_3$ en diferentes proporciones volumétricas, de 1:1 a 1:12, a temperatura ambiente y sin agitación. El color de la solución cambió de amarillo a marrón oscuro en 2 minutos, indicando la formación de partículas de plata. Las NPs formadas se centrifugaron y recolectaron para análisis posteriores.

Caracterización estructural. La morfología, distribución de partículas y composición química de las nanoestructuras se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido (MEB, JEOL JSM-7600F) y espectroscopía de dispersión de energía (EDS). Las características cristalinas se identificaron utilizando difracción de rayos X (XRD, Bruker D8 Advance) con radiación Cu Kα (λ = 0.1542 nm). Los tamaños y la morfología de las partículas se evaluaron por microscopía electrónica de transmisión (MET, Philips Tecnai F20) operada a 200 kV. La presencia de nanoestructuras de plata se confirmó con espectroscopía de absorción UV-vis (Ocean-Optics USB 4000) en el rango de 300-700 nm.

RESULTADOS. La Figura 1a muestra los espectros UV-Vis variando desde 9 mM a 12 mM de AgNO3 y utilizando 1 g/ml de extracto de Equisetum hyemale. Esto confirma la reducción de los iones Ag de acuerdo con la existencia de la banda de resonancia de plasmón de superficie (SPR) de las AgNPs. Esta banda, que se encuentra en el rango aproximado de 400 a 500 nm, aumenta en intensidad con la concentración de AgNO3, lo que indica un mayor número de nanoestructuras formadas.

La Figura 1b muestra los espectros UV-Vis de los iones de plata reducidos utilizando cantidades variables de extracto (que van de 1 a 4 g en 100 mL). La banda SPR solo es evidente cuando se utiliza 1 g de extracto. Sin embargo, cuando se utilizan 2,5 g, la SPR es de baja intensidad y desaparece por encima de este valor. Esta tendencia indica que el extracto de la planta tiene sustancias activas por debajo de 2,5 g para reducir los iones de plata y convertirlos en sólidos. Sin embargo, un aumento en la concentración del extracto conduce a una disminución y desaparición de la SPR, lo que sugiere que los productos crecen más allá del rango nanométrico esperado.

La Figura 1c ilustra la variación de la SPR sobre la relación entre el volumen de extracto y sal de 1:1 a 1:12. A medida que se añaden más mililitros de sal precursora a la reacción, se produce una reducción en la intensidad del pico plasmónico, acompañada de un cambio hacia longitudes de onda más largas. Estos resultados se pueden atribuir a la insuficiencia del agente desaglomerante que estabiliza las NPs, provocando su crecimiento más allá del rango nanométrico, que la técnica UV-vis no puede detectar. Finalmente, como se muestra en la Figura 1d, el SPR aumenta con temperaturas más altas, lo que indica una mayor cantidad de nanoestructuras reducidas. Además, su posición se desplaza hacia el rojo, lo que indica un tamaño de partícula más grande.

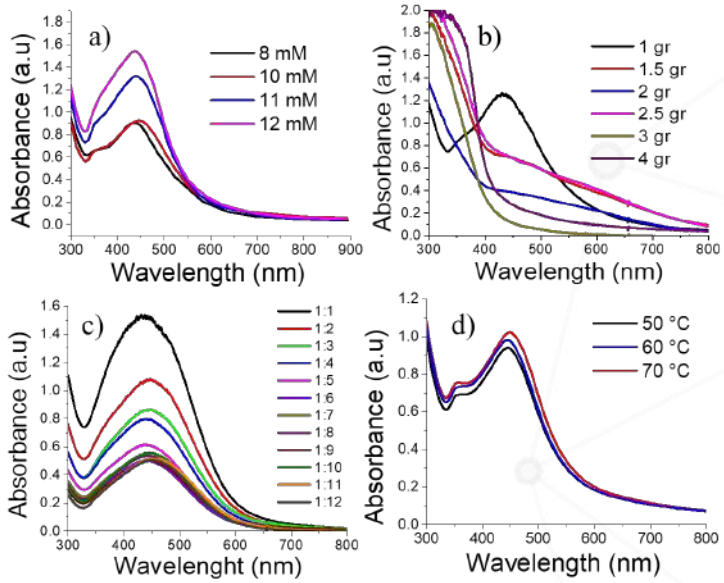


Figura 1. *Espectros uv-vis para diferentes condiciones de reacción de síntesis. (a) concentración de $AgNO_3$, (b) concentración de extracto de Equisetum hyemale, (c) relación volumétrica y (d) temperatura de reacción.*

En la Figura 2a, una micrografía SEM de la muestra a 1 g de extracto de planta y 8 mM muestra una alta densidad de NPs bien dispersas, cada una de las cuales mide menos de 25 nm. En la Figura 2b, el análisis químico EDS correspondiente revela la presencia de Ag de las AgNPs y otros elementos como el C, que están relacionados con los residuos orgánicos de la planta, así como Cu del portamuestras. Estos resultados confirman la reducción de los iones Ag por el extracto acuoso de *Equisetum hyemale*.

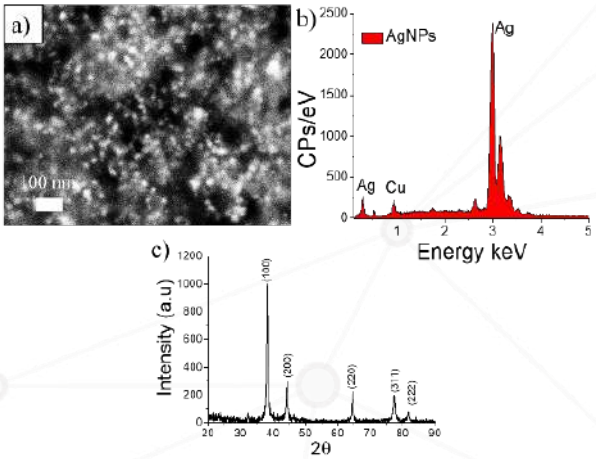


Figura 2: *Caracterización estructural de las AgNPs: (a) micrografía SEM, (b) análisis químico EDS y (c) patrón XRD.*

Los experimentos se llevaron a cabo mediante difracción de rayos X para verificar la estructura cristalina de los sólidos sintetizados, como se muestra en la Figura 2c. Se puede ver en el patrón XRD que los picos existentes se pueden indexar con la tarjeta de rayos X (JCPDS n.º 87-0720), lo que nuevamente confirma la reducción de iones de plata a plata

cristalina del sistema fcc cúbico. A través del pico medido en el máximo de anchura directa (FWHM) a lo largo de la ecuación de Debye-Sherer, el tamaño del cristal se determina con un valor de 20 nm.

Las imágenes SEM verificaron directamente los resultados (Figs.3a), correspondientes a 1:12. Muestran el crecimiento excesivo de AgNPs de acuerdo con los hallazgos de UV-vis, formando las llamadas esferas de Ag, donde el tamaño y la cantidad aumentan con el aumento. La Fig. 3c muestra el análisis del mapa de rayos X, revelando que la esfera tiene Ag completamente distribuido a través de las nanoestructuras. La figura 3e muestra el XRD de las esferas, lo que confirma nuevamente la presencia de plata del fcc cúbico según la tarjeta (JCPDS nº 87-0720). El FWHM junto con la ecuación de Debye-Sherer, muestra un valor de 46 nm. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con UV-vis, lo que sugiere el número limitado de sustancias estabilizadoras en el extracto de la planta. En algunos experimentos de reacción se varió la temperatura (50, 60 y 70 °C) para conocer su influencia en la cinética y las características morfológicas de los productos de reducción. Estos experimentos se realizaron con 1 g de extracto vegetal y 12 mM de $AgNO_3$. Cuando se realizó el estudio UV-Vis, hubo cambios mínimos en respuesta a las fluctuaciones de temperatura, con solo un ligero aumento en la cantidad de productos. En la Figura 3b se presentan las imágenes SEM de las nanoestructuras obtenidas a 70 °C. Las imágenes muestran estructuras en forma de fractal que aumentan en cantidad con el aumento de la temperatura de reacción. El análisis químico EDS, que revela la presencia de Ag. C aparece de los residuos orgánicos de la planta, y el Cu proviene del portamuestras. Además, el análisis del mapa de rayos X (Fig. 3d) de las dendritas reveló la presencia de Ag en su distribución espacial. La Fig. 3f muestra el patrón XRD de las dendritas que muestra la plata fcc (JCPDS no. 87-0720). Las mediciones del tamaño del cristalito a partir de la FWHM y la ecuación de Debye-Sherer, muestran un valor de 36 nm. Los resultados de los valores de tamaño del cristalito indican que las dendritas pueden ser más activas que las esferas.

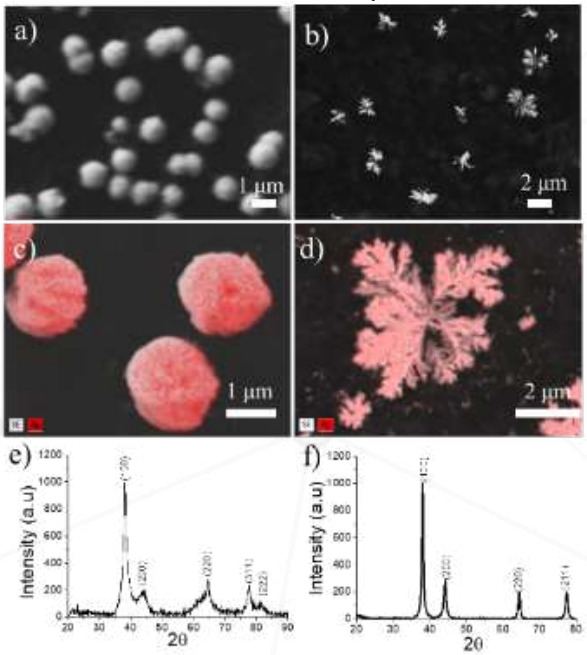


Figura 3. *SEM, EDS y XRD de los productos de reacción. (a) (c) y (e) Esferas de Ag, y (b) (d) y (f) Dendritas de Ag.*

En la Figura 4a (extracto), los espectros muestran la línea de absorción vibracional a 3396 cm^{-1}, característica del grupo OH fenólico. La banda a 2926 cm^{-1} se asocia con el grupo C = O que se encuentra en los flavonoides en el extracto de cola de caballo. A 2300 cm^{-1}, indica la presencia del grupo alquilo, mientras que el valor a 1619 cm^{-1} sugiere la presencia del grupo carbonilo, mostrando la existencia de ácido carboxílico en el extracto [6_3]. Las bandas de absorción agudas a 1445, 1377 y 1365 cm^{-1} corresponden a los grupos C-C. La banda observada a 1210 cm^{-1} es característica de los fenoles, y a los 1050 cm^{-1}, pertenece al grupo de los alcoholes, mientras que las bandas a 771 cm^{-1}, 650 cm^{-1} y 463 cm^{-1} corresponden respectivamente a los grupos de C-Cl, C-Br y C-I. En la Figura 4b (AgNPs), se observa que la banda característica de los flavonoides (OH) se suprime, junto con las bandas del grupo alquilo, fenoles y finalmente C-Cl. Por lo tanto, la formación de $AgNO_3$ se puede atribuir a estos compuestos. Sin embargo, los grupos funcionales predominantes se pueden encontrar en la superficie de las AgNPs, contribuyendo a su estabilización.

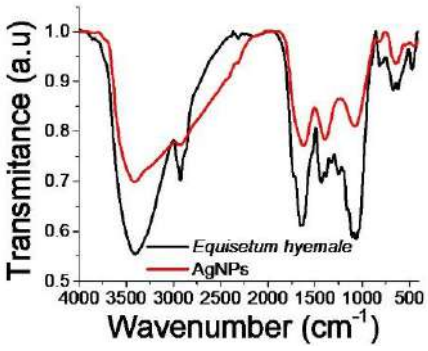


Figura 4. *Espectroscopía FTIR. a) Extractos de Equisetum hyemale y b) AgNPs.*

CONCLUSIONES. En resumen, habíamos implementado un método verde simple y fácil utilizando extractos de hojas de Equisetum hyemale para la preparación de diferentes morfologías de plata como NPs, dendritas y esferas. Los resultados se probaron mediante espectroscopía UV-vis, microscopía electrónica de barrido, microscopía electrónica de transmisión, difracción de rayos X y espectroscopía FTIR. Las técnicas EDS, XRD y HRTEM sondearon la composición química y la estructura cristalina de las morfologías de plata sintetizadas. SEM y TEM muestran AgNPs obtenidos utilizando baja concentración tanto de AgNO3 como de extracto vegetal. Del mismo modo, las dendritas de Ag se pueden obtener con temperaturas de síntesis de hasta 70 °C y altas concentraciones de AgNO3. Además, las esferas de Ag dependen de la variación de las relaciones volumétricas de extracto acuoso-AgNO3. En general, estas importantes morfologías de Ag son fáciles de obtener mediante un método de síntesis ecológico.

REFERENCIAS.

1. Shaheen, T. I., & Fouda, A. (2018). Green approach for one-pot synthesis of silver nanorod using cellulose nanocrystal and their cytotoxicity and antibacterial assessment. International journal of biological macromolecules, 106, 784-792.
2. Thirumagal, N., & Jeyakumari, A. P. (2020). Structural, optical and antibacterial properties of green synthesized silver nanoparticles (AgNPs) using Justicia adhatoda L. leaf extract. Journal of Cluster Science, 31(2), 487-497.
3. Ojo, O. A., Oyinloye, B. E., Ojo, A. B., Ajiboye, B. O., Olayide, I. I., Idowu, O., ... & Adewunmi, F. (2018). Green-route mediated synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) from Syzygium cumini (L.) Skeels polyphenolic-rich leaf extracts and investigation of their antimicrobial activity. IET Nanobiotechnology, 12(3), 305-310.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124125

GESTIÓN DEL RESIDUO CENIZA VOLANTE MEDIANTE UN PROCESO DE GEOPOLIMERIZACIÓN EN MEDIO ALCALINO

Nadia Isabel Flores Jacobo[1], Deisy Ramírez Vinasco[2], Carlos Alberto León Patiño[3] [1]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2330903c@umich.mx
2 CONAHCYT- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; deisy.ramirez@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; caleon@umich.mx

Palabras Clave: Gestión de residuos, cenizas volantes, geopolímeros

RESUMEN. La creciente preocupación por el medio ambiente y la necesidad de reducir el impacto negativo causado por las actividades antropogénicas en el planeta, han motivado la búsqueda de tecnologías emergentes que permitan la correcta gestión de residuos. Uno de los desafíos más apremiantes es la gestión de residuos industriales, como la ceniza volante, un subproducto de la combustión del carbón en las centrales termoeléctricas. En este trabajo se analiza la formación de geopolímeros a partir de ceniza volante como una solución innovadora y ecológica para la gestión de este residuo. En la síntesis del geopolímero se utilizó una solución alcalina constituida por 10 M de hidróxido de sodio (NaOH) y metasilicato (Na2SiO3) al 37% para disolver la ceniza y lograr la formación del geopolímero. Los resultados obtenidos en la caracterización física, química y microestructural del material precursor indicaron que la ceniza volante está constituida principalmente por fases de óxidos que corresponden a 57.7% de SiO2, 17.7% de Al2O3, 11.9% de Fe2O3 y 4.53% de CaO y presenta morfología esférica. Los resultados de infrarrojo confirman la presencia de grupos funcionales de aluminosilicatos hidratados como producto de la reacción de geopolimerización mientras que la morfología del consolidado consiste en una red tridimensional continua y coherente independiente del tiempo de agitación empleado.

INTRODUCCIÓN. Las cenizas volantes son un subproducto de la combustión del carbón en centrales termoeléctricas para la producción de energía eléctrica y representan un residuo de volumen considerable [1]. Una de las alternativas más prometedoras es su utilización en la síntesis de geopolímeros, materiales sintetizados por una fuente rica de aluminosilicatos y un medio alcalino proporcionado propiedades mecánicas y químicas similares al cemento, pero con un menor impacto ambiental [2,3].
El presente trabajo plantea la síntesis de un ecomaterial mediante el proceso de geolipomerización utilizando la ceniza volante como materia prima. La investigación busca evaluar tres tiempos de agitación con la finalidad de determinar el tiempo óptimo para una buena homogeneización de la mezcla.

ANTECEDENTES.

Título del trabajo	Autor	Año
A review on the effect of fly ash characteristics and their variations on the synthesis of fly ash based geopolymer [4].	n., A. Wattimena., H. Djwantoro.	2017
Comparative study on synthesis and properties of geopolymer fine aggregate from fly ashes [5].	S. Sethu Parvathy., A. Kumar Sharma., K.B. Anand	2019
Synthesis, characterization and properties of fly ash based geopolymer materials [6].	D.Dipankar y R. Prasanta Kumar	2021

OBJETIVO. Realizar la síntesis de geopolímeros a partir de cenizas volantes y contribuir a una gestión sostenible de residuos para disminuir su impacto ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS. La materia prima empleadas en este trabajo es ceniza volante procedente de una central termoeléctrica mexicana. La composición química se determinó por espectroscopia de fluorescencia de rayos X (XRF) en un equipo Bruker S8 Tiger. La morfología fue evaluada en un microscopio electrónico de barrido por emisión de campo JEOL JMS-7600F. El tamaño y distribución de partícula se determinó mediante un equipo Beckman Coulter LS. 100. Las fases presentes en las cenizas volantes se caracterizaron por difracción de rayos X utilizando radiación monocromática de Cu con longitud de onda λ = 1.54056 Å en el difractómetro D2 PHASER BRUKER. Los grupos funcionales fueron identificados por espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) en un equipo Tensor 27 Bruker en el rango de longitud de onda de 4000 a 400 cm-1. Para determinar los metales pasados se empleó el procedimiento de lixiviación característico de toxicidad (método EPA TCLP 1311 [7]. Para la extracción, el líquido de preparo disolviendo 5.7 ml de ácido acético en 1 L de agua destilada. El líquido de extracción en conjunto con las cenizas volantes se mezcló con una relación de S/L de 20:1, seguido de una rotación continua a 30 rpm por 18 h. El licor obtenido fue cuantificado por el método de Espectroscopía de masas con fuente de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), modelo iCAP QR marca Thermo Scientific. La síntesis de los geopolímeros se realizó en un medio alcalino compuesto por 10 M de NaOH y una solución al 37% de Na2SiO3 en una relación de 1:2.5 en peso. Para formar las pastas, la ceniza se mezcló con el medio alcalino en una relación de sólido-líquido de 1:0.35 en peso y se evaluaron tres tiempos de agitación de 5, 10 y 20 min. Posteriormente, la pasta fue agitada por 5 min a 250 rpm para eliminar burbujas y se vació en moldes de acero rectangulares de 30 x 30 x 30 mm para ser curados durante 24 h a temperatura de 60°C. Los geopolímeros fueron caracterizados por microscopia e infrarrojo.

RESULTADOS.

Caracterización microestructurales y física de cenizas volantes. Los principales elementos obtenidos por fluorescencia de rayos X se presentan en forma de óxidos en la Tabla 1. Es indiscutible la gran presencia SiO2, Al2O3 y Fe2O3, los cuales en conjunto suman alrededor del 87% de la composición total permitiendo clasificar estas cenizas como tipo F de acuerdo con la norma ASTM C-618 [8]. Cabe resaltar que el origen de estas cenizas se debe a la combustión de antracita o carbón subbituminoso.

***Tabla 1**: Composición química de las cenizas volantes (% en peso)*

SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	K2O	Na2O	SO3	MgO	TiO2	BaO	P2O5	V2O5	SrO	LOL
57.7	17.7	11.9	4.53	2.23	1.66	1.39	1.31	0.97	0.434	0.187	0.177	0.160	3.72

La Fig.1 muestra la morfología de la ceniza volante obtenida a diferentes magnificaciones. En la Fig.1a se muestra la morfología regular esférica, la cual es generada durante la combustión del carbón; los componentes minerales se funden formando una fase liquida viscosa y por efectos de tensión superficial se eliminan los bordes adoptando espontáneamente una forma esférica [9,10]. La figura también evidencia la amplia distribución de tamaños de partícula y una ligera aglomeración. En la Fig.1b se aprecian partículas sólidas y huecas, su origen depende de la liberación de elementos volátiles durante la combustión.

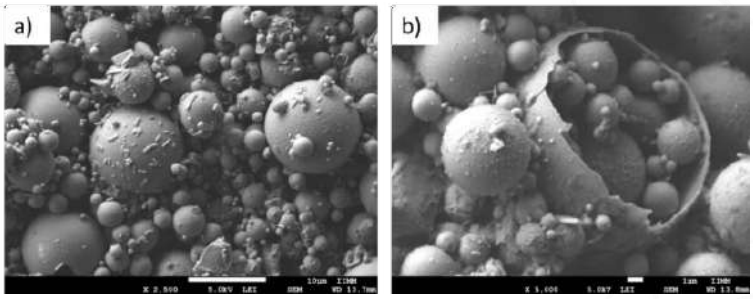


***Figura 1:** Micrografía electrónica de barrido de cenizas volantes. a) Morfología y distribución de tamaños de partículas y b).Partículas sólidas y huecas.*

La amplia distribución de partículas de cenizas volantes es confirmada por el histograma en la Fig. 2 (a), la cual se encuentra en un rango de 0.04 µm a 0.70 µm, con un tamaño medio D50 de 13.9 µm. Esta distribución presenta un comportamiento trimodal que se debe a la coalescencia aleatoria de gotas del mineral fundido durante la combustión. De acuerdo con el difractograma de la Fig.2(c), las fases detectadas son cuarzo (SiO2), mullita (Al6Si2O13) y hematita (Fe2O3), en donde la presencia de cuarzo es muy significante a diferencia de la mullita y hematita confirmando los resultados previos de fluorescencia. Los espectros de infrarrojo en la Fig.3 muestran las vibraciones moleculares de distintos enlaces. La banda de transmitancia a una longitud de onda de 3433 cm^{-1} corresponde a bandas $^{-}$OH mientras que las bandas a 1879 cm^{-1} y 1620 cm^{-1} son atribuidas las vibraciones de flexiones de H-O-H, todas estas por la vibración de moléculas de agua absorbida. La banda ancha con una longitud de onda de 1054 cm^{-1} se atribuyen a las vibraciones de estiramiento asimétrico de Si-O-SI y Si-O-Al, mientras que la banda a 775 corresponde a una vibración simétrica de Si-O. Para la banda 498 cm^{-1} está relacionada con las bandas asimétricas de estiramiento y flexión de Si-O, Al-O, Fe-O [6,10,].

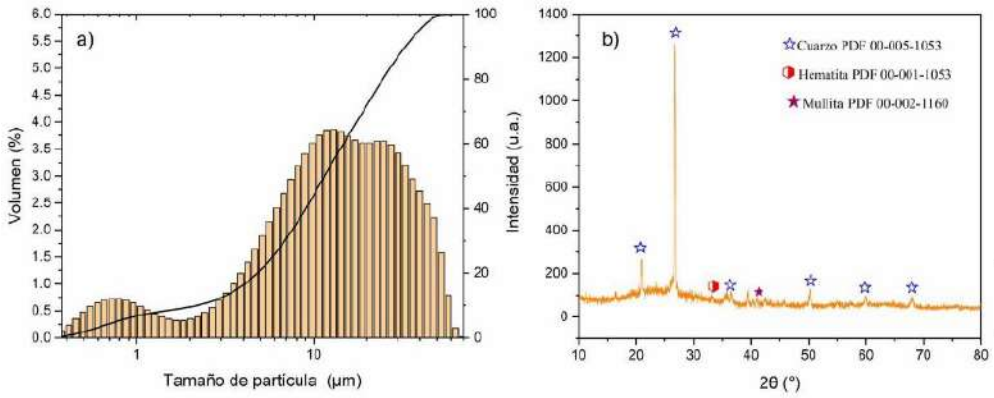


Figura 2. *a) distribución y tamaño de partícula de las cenizas volantes) difractograma de las cenizas volantes.*

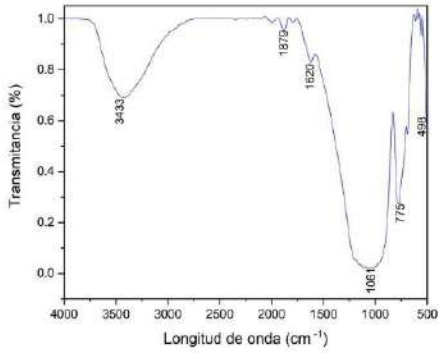


Figura 3. *FT-IR de las cenizas volantes*

Los resultados de los lixiviados obtenidos mediante el método TCLP EPA 1311 se muestran en la Tabla 2. En esta tabla se confirma la lixiviación de metales pesados en cenizas volates, lo cual es un peligro medio ambiental. Los metales presentes en orden descendente son Zn, Cu, Cr, Ni, As, Co y Pb. La genotoxicidad del lixiviado las de cenizas volantes de carbón provocan graves problemas en el cuerpo humano y al medio ambiente incluso si la concentración de contaminantes en el lixiviado es inferior a los límites permisibles que estable las normas correspondientes, el daño del lixiviado de las cenizas volantes sigue presente [11,12].

Elemento	Pb	Co	As	Ni	Cr	Cu	Zn
mg/L	0.0005	0.0560	0.2572	0.4328	0.6155	0.6912	1.5635

Tabla 2: Cuantificación de licores del lixiviado de cenizas volantes.

Formación de geopolímeros en medio alcalino. La Fig.4 muestra la superficie de fractura de los geopolímeros formados a distintos tiempos de agitación. En general se observa una matriz de gel continúa producida por la reacción de los aluminosilicatos presentes en las cenizas volantes y el activador alcalino, este tipo de estructura es característica de los geopolímeros y se conoce como gel amorfo hidratado de aluminosilicatos de sodio (N-A-S-H) [10,13]. Los huecos grandes y esféricos en el gel en la Fig. 4 (a) y (b) se deben a la presencia de esferas fracturadas al fragmentar la muestra del geopolímero para el análisis. En la Fig. 5 se muestra la continuidad exitosa de la matriz polimérica, la distribución exitosa

gel N-A-S-H y cenizas volantes (SI y AI). Por otra parte, es importante mencionar que los tiempos cortos empleados este trabajo permitieron una mayor trabajabilidad de las pastas y por ende lograr una estructura uniforme en los geopolímeros debido a la aceleración de las reacciones poliméricas y de condensación [14]. Según X. Gao y col. [15], mencionan que los tiempos de agitación cortos permiten una cinética de reacción rápida y suelen desarrollar una resistencia más alta.



Figura 4: *Morfologías de la superficie de fractura de geopolímeros en función del tiempo de agitación. a) 5 min, b) 10 min y c) 20 min.*

Los resultados obtenidos por espectroscopía de infrarrojo de los geopolímeros se muestran en la Fig.5, los espectros confirman la reacción alcalina de las cenizas volantes con el medio alcalino para la formación de geopolímeros, ya que al comparar con el espectro FT-IR de las cenizas (Fig.3) con el de los geopolímeros (Fig.5), se aprecia un rompimiento de los enlaces que presentes en las cenizas y por ende la intensidad original de la banda 498 cm-1 disminuyo. La vibración de estiramiento Si-O-Si de las cenizas volantes cambia a un número de onda más bajo de 975 cm-1 en los geopolímeros, lo que se atribuyó a la sustitución de Al3+ por Si4+ en la estructura uniforme de la cadena Si-O- Si [10,16,17]. La intensidad de las bandas localizadas inicialmente en 3433 cm−1 de las cenizas volantes aumentó notablemente después de la geopolimerización, bandas que confirman mayor absorción de agua en el gel. Los resultados obtenidos corroboran el éxito de la síntesis del geopolímero a partir de la materia prima ceniza volante independientemente del tiempo de agitación, lo que conduce a la formación de la fase N- A-S-H deseada.

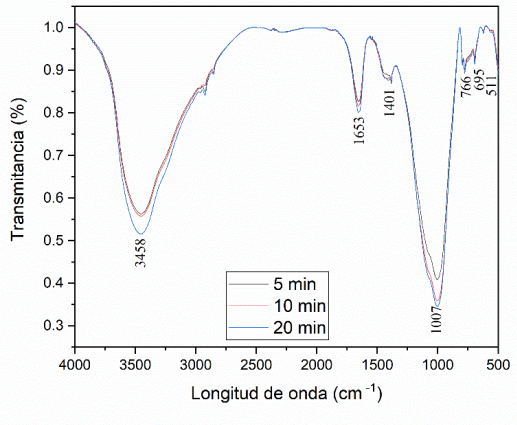


Figura 5*: FT-IR de los geopolímeros*

CONCLUSIONES. Las características microestructurales y químicas de las cenizas volantes permitieron utilizar este residuo como materia prima en la síntesis de geopolímeros debido que son ricas en aluminosilicatos ya que contienen 57.7% de SiO2 y 17.7% de

Al2O3. Las cenizas volantes contienen metales pesadosad tóxicos como el Zn, Cr, Cu, Ni, As, CO y Pb por lo que la formación del ecomaterial promueve un avance significativo en la gestión sostenible de residuos industriales e impulsa alternativas amigables con el medio ambiente. Los tiempos de agitación empleados no mostraron diferencia en las pastas formadas, las cuales tienen una estructura continua y uniforme de gel N-A-S-H como fue confirmado por estudios de infrarrojo.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán por el apoyo recibido para la realización de este proyecto PICIR 090.

REFERENCIAS.

1. Samuel Huaquisto Cáceres, G. B. (2018). Use of the flying ash in the dosing of the concrete as a substitute for the cement. Revista de Investigaciones Altoandinas , 225-234.
2. Yanguang Wua, B. L. (2019). Geopolymer, green alkali activated cementitious material: Synthesis,.
3. Construction and Building Materials , 930-949.
4. Marija Ivanović, L. K. (2020). The Effect of the Concentration of Alkaline Activator and Aging . Science of Sintering, 219-229.
5. Oswyn k., W., Antoni, & Hardjito, D. (2017). A review on the effect of fly ash characteristics and their varations on the synthesis of fly ash based geopolymer. . AIP Conference Proceedings , 1-12
6. Sethu Parvathy S, A. K. (2019). Comparative study on synthesis and properties of geopolymer fine.
7. Construction and Building Materials 198 , 359-357.
8. Dipankar Das y Prasanta Kumar Rout. (2021). Synthesis, Characterization and Properties of Fly Ash based geopolymer materials . JMEPEG , 3213-3231.
9. United States Environmental Protection Agency, W-846 Test Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure, 1992. 21.
10. American Society for Testing and Materials, Standard Specifica tion for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, 2010
11. Chao-qiang Wanga, b. K.-m.-j. (2022). Utilization of fly ash as building material admixture: Basic propierties and heavy metal leaching. CaseStudiesinConstructionMaterials17 01422, 14-22.
12. Carlos Alberto León Patiño, D. R. (2024). Physicochemical characterization and toxicity of coal fly ash leaching from a termoelectric power plant and its final disposal as geopolymers . MRS Advances, 1-6.
13. Lei Zhao, Shefeng Dai, Robert B, Finfelerman. (2020). Leaching behavior of trace elements from fly ash from five Chinese coal-fired power plants. International Journal of coal Geology , 103381.
14. Nannan Wanga, Xiyu Sunb, Qiang Zhaoc, Ying Yanga, Peng Wangb,. (2020). Leachability and adverse effects of coal fly ash: A review. Journal of Hazardous Materials , 122725.
15. Qian Wan, Feng Rao, Shaoxian Song, Ramiro E. García, Ricardo M. Estrella, Carlos. (2017). Geopolymerization Reaction, Microstructure and Simulation of Metakaolin-based geopolymers at extended Si/Al ratios . Cement and Concrete Composites, 1-9.
16. Aziz Hasan Mahmood, Stephen J. Foster, Arnaud Castel. (2021). Effects of mixing duration on engineering properties of geopolymer concrete . Construction and Building Materials, 124449.
17. X. Gao, Q.L. Yu, H.J.H. Brouwers. (2015). Reaction kinetics, gel character and strength of ambient temperature cured alkali activated slag-fly ash blends. Construction and Building Materials, 105- 115.
18. S.K. Natha, S. Maitrab, S. Mukherjeec, Sanjay Kumar. (2016). Microstructural and morphological evolution of fly ash based geopolymers. Construction and Building Materials, 758-765.
19. Piotr Rożek, Magdalena Król, Włodzimierz Mozgawa. (2018). Spectroscopic studies of fly ash-based geopolymers. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy , 1386-1425.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124127

OBTENCIÓN DE UN NANOCOMPUESTO DE ÓXIDO DE ZINC/PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO (ZNO/CQDS) POR UN MÉTODO HIDROTERMAL Y MEDICION DE SUS PROPIEDADES FOTODEGRADANTES

Josué Blancas López[1], Gerardo Antonio Rosas Trejo[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Sintesis verde, Degradación, Nanocompuesto, Caracterización.

RESUMEN. En el presente trabajo se sintetizó y caracterizó un nanocompuesto de puntos cuánticos de carbono (CQDs, por sus siglas en inglés) con nanopartículas de óxido de zinc (ZnONPs) para evaluar sus propiedades fotodegradantes, además se consiguieron ZnONPs homogéneas de ~ 30 nm, con el fin de determinar una comparativa de dichas propiedades entre ambos materiales. Por otra parte, el nanocompuesto fue obtenido por un método hidrotermal. Las caracterizaciones se llevaron a cabo por medio de las técnicas de difracción de rayos X (DRX) método de polvos, obteniendo la estructura tipo wurtzita característica del ZnO y el tamaño de cristal, en ~ 17 nm. Mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), se observó una morfología tipo flor de agregados del nanocompuesto. A través de espectroscopía ultravioleta visible (UV–Vis) se midieron los picos excitónicos en ~ 360 nm correspondiente al ZnO y ~ 299 nm correspondiente a los CQDs. Además, por espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier (FTIR), fueron identificados los grupos funcionales, del nanocompuesto. Una vez aplicadas las técnicas se procedió a realizar las pruebas de degradación del Azul de Metileno (AM), comparando el nanocompuesto con el ZnO por individual, donde se observó un menor tiempo de degradación del nanocompuesto en comparación con el ZnO por individual.

INTRODUCCIÓN. En las últimas décadas se ha observado incremento en la contaminación, ya sea debido al consumo de combustibles para la obtención de energía eléctrica, o la contaminación excesiva de los ríos y lagos, por los desechos colorantes, por lo cual, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías capaces de solucionar estas problemáticas, siendo amigables con el medio ambiente. El semiconductor ZnO es muy reconocido para la fotogeneración de electrones, debido a sus excelentes propiedades [1-3]. Sin embargo, presenta escasa eficiencia de conversión fotovoltaica por la rápida recombinación de electrones y huecos fotogenerados [4], limitando su aplicación. Se ha informado de varios métodos para reducir la recombinación de portadores de carga usando agentes captadores de electrones, con nanomateriales de carbono [5, 6], los cuales tienen una excelente capacidad de transferencia de electrones, buena estabilidad y dispensabilidad, bajo costo y baja citotoxicidad. Los puntos cuánticos de carbono (CQDs) tienen excelentes propiedades que podrían usarse para la transferencia de energía para satisfacer las demandas de uso eficiente de la luz solar. También, los CQDs presentan la característica de transferencia de electrones fotoinducida [7-9]. Sin embargo, en

comparación con otros nanomateriales de carbono, como los puntos cuánticos de grafeno o C60, los CQDs tienen un costo menor y una mejor disolubilidad en agua, y se pueden obtener a través de diversos métodos, ya sean de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo [10-13].

ANTECEDENTES. Existen trabajos anteriores donde fue obtenido este nanocompuesto por medio de diferentes métodos y condiciones, por ejemplo, Alarfaj y col. [14] emplearon ZnO/CQDs por un método verde, con el fin de obtener una solución inmunosensora con fluorescencia altamente sensible para la detección en etapas tempranas de cáncer de pulmón por medio del antígeno citoqueratina-19 (CYFRA 21-1) como marcador tumoral. Por último, Gao y col [15], sintetizaron ZnO/CQDs por método hidrotermal con glucosa y polietilenglicol, con el fin de medir la eficiencia antibacteriana del nanocompuesto contra S. aureus y E. coli bajo la irradiación con luz visible, donde se determinó que el ZnO decorado con CQDs puede mejorar la absorción de la luz y suprimir la recombinación de electrones y huecos fotogenerados, lo que da como resultado una mejora de las propiedades antibacterianas. Cabe mencionar que todas estas investigaciones realizaron las caracterizaciones pertinentes para determinar sus propiedades fisicoquímicas.

OBJETIVO. Sintetizar nanocompuestos de óxido de zinc/puntos cuánticos de carbono (ZnO/CQDs) por síntesis hidrotermal y medir sus propiedades fotodegradantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar los parámetros para la síntesis hidrotermal del nanocompuesto ZnO/CQDs. Caracterizar las muestras preparadas por medio de las técnicas de MEB, EDS, DRX, UV – Vis y FTIR. Medir la propiedad de eficiencia de degradación, de colorante azul de metileno en presencia de la luz solar, del nanocompuesto y el ZnO por individual.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Sintesis Hidrotermal de ZnO/CQDs. Para la síntesis en un solo paso, se vertieron 5 ml de la solución de nitrato de zinc al 0.2 M en el recipiente de teflón, además se agregaron 7 ml de la solución de hidróxido de sodio al 1 M, y 0.2 g de la flor de malva, previamente lavada, secada y triturada. Una vez vertidas estas cantidades en el teflón de 100 ml, se agregaron 28 ml de agua desionizada con el fin de completar el 40% del volumen total del teflón. Posteriormente, la solución se introdujo en una autoclave sellado, para someterlo a una temperatura de 170 °C por 24 h, en un horno eléctrico. Al cabo de ese tiempo, se dejó enfriar a temperatura ambiente, se recolectó la solución que posteriormente fue lavada y centrifugada con agua desionizada y etanol.

RESULTADOS. La Fig. 1 presenta las micrografías del ZnO/CQDs a diferentes magnificaciones (a), (b) y (c). En el apartado (a) se observan estructuras de tamaño homogéneo agregadas en forma de flores, sin embargo, en el inciso (b), estas tienen entre si agregados de NPs que, conformando cada flor individual, tal vez, debido a la alta reactividad provocada por su tamaño nanométrico. Por otra parte, en el apartado (c), pueden observarse partículas de tamaño inferior a los 20 nm, conformando cada uno de los pétalos en las flores formadas debido a la agregación de las mismas, por los que los agentes ligandos presentes en la flor de malva podrían estar involucrados en el proceso de crecimiento.

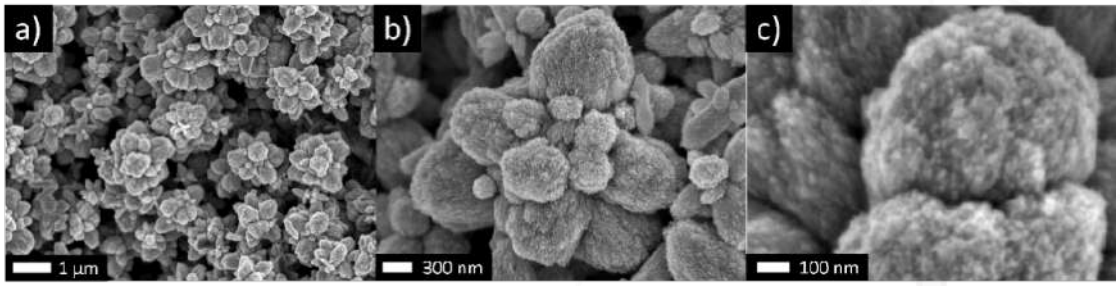


***Figura 1**. Micrografias MEB del nanocompuesto ZnO/CQDs por método hidrotermal.*

En la Fig. 2a se muestra el difractograma del ZnO/CQDs, donde se observan picos bien definidos en los ángulos 2θ = 31.88°, 34.58°, 36.39°, 47.74°, 56.80°, 63.15°, 66.63°, 68.23° y 69.36°, respectivamente, debido a la difracción de los planos (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112) y (201), característicos de la estructura cristalina hexagonal tipo wurtzita del ZnO cuyo grupo espacial y parámetros de red son P63mc (186) y a = 3.2417 Å, c = 5.1876 Å respectivamente, de acuerdo con la hoja de datos (JCPDS) N.º 01 079 0205. Por otra parte, se observa alta intensidad del plano (002), tal vez por la influencia de los CQDs en el proceso de crecimiento, además se determinó un tamaño de cristal de ~ 17 nm. Por otro lado, la Fig. 2b muestra el espectro FTIR del ZnO/CQDs, donde se observa una banda de absorción amplia cerca de 3410 cm^{-1} correspondiente a las vibraciones de estiramiento O – H. También, un pico a 1645 cm^{-1} atribuido al enlace C = C de los grupos aromáticos de los CQDs. En el espectro dos picos característicos típicos cerca de 436 y 553 cm^{-1} corresponden al enlace Zn-O de ZnO. Sin embargo, también existe un nuevo pico cerca de 900 cm^{-1} probablemente debido al enlace Zn-O-C. Los resultados anteriores indicaron la reacción del grupo carboxilo (CQDs) con el Hidroxilo (ZnO) durante el proceso de reacción. Por último, se muestra el espectro UV – Vis (Fig. 2c) del ZnO/CQDs, presentando un pico exitonico en ~ 299 y 360 nm, (Eg = 4.1 y 3.4 eV, respectivamente, aplicando la ecuación de Planck) los cuales corresponden a los materiales utilizados. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Bharathi y col [16], donde reportan picos de absorción en 290 y 350 nm, la contrastación de estos resultados nos indica la exitosa obtención del nanocompuesto ZnO/CQDs.

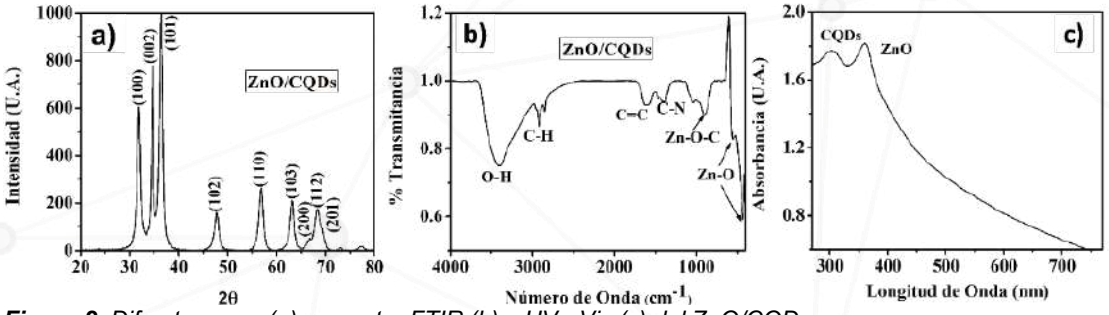


***Figura 2.** Difractograma (a), espectro FTIR (b) y UV - Vis (c) del ZnO/CQDs.*

La Fig. 3 muestra las gráficas de degradación de colorante AM, utilizando las (a) ZnONPs y el nanocompuesto (b) CQDs/ZnO bajo irradiación de luz sola. En la Fig. 3b se observa como primer indicativo del aumento de eficiencia, la solución ZnO/CQDs – AM, terminando en un tiempo promedio de 40 min antes que la solución de ZnONPs – AM (Fig. 3a). Esto en igualdad de condiciones de exposición. Por otra parte, en la Fig. 3b podemos observar

cómo se generó una mayor degradación en los primeros 20 min de exposición a la luz solar, y una posterior disminución en la velocidad de degradación pasado este tiempo, esto puede deberse a la adsorción del colorante en la superficie del material debido a la contaminación por la interacción de compuestos de carbon con los compuestos degradados en el medio, sin embargo, es notorio un aumento en la eficiencia de degradación en comparación con el ZnO por individual, (Fig. 3a) el cual tardó 2 h para obtener el mismo grado de degradación, mientras que mediante el uso del nanocompuesto degradó el mismo porcentaje en tan solo 1 h con 20 min. Con estos resultados podemos determinar que existe una disminución en el proceso de recombinación electron – hueco del ZnO, generando un mayor flujo de electrones y una mayor cantidad de especies reactivas en el caso de la fotodegradación.

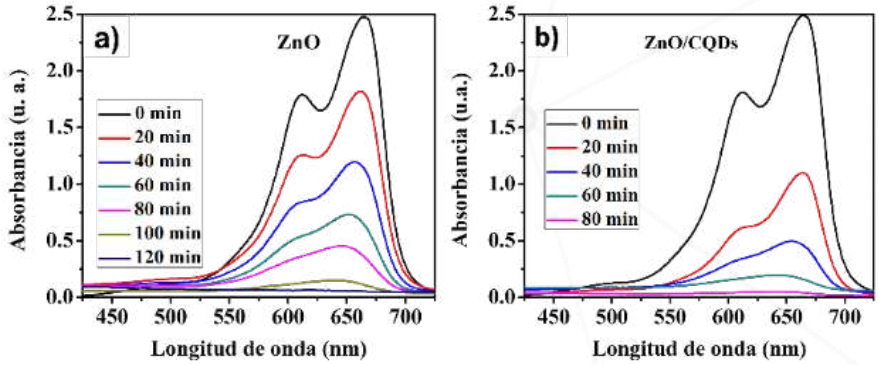


***Figura 3**. Degradación de colorante AM con el ZnO y el ZnO/CQDs.*

CONCLUSIONES. Fue posible obtener un nanocompuesto capaz de aumentar la eficiencia de las nanopartículas de óxido de zinc, esto por medio de un método sencillo y reproducible, lo que nos brinda una excelente opción para su futura aplicación en celdas fotovoltaicas.

REFERENCIAS.

1. troyuk, A. L., Shvalagin, V. V., & Kuchmii, S. Y. (2005). Photochemical synthesis and optical properties of binary and ternary metal–semiconductor composites based on zinc oxide nanoparticles. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 173(2), 185–194. doi: 10.1016/j.jphotochem.2005.02.
2. Mclaren, A., Valdes-Solis, T., Li, G., & Tsang, S. C. (2009). Shape and Size Effects of ZnO Nanocrystals on Photocatalytic Activity. Journal of the American Chemical Society, 131(35), 12540–12541. doi:10.1021/ja9052703.
3. Akyol, A., Yatmaz, H. C., & Bayramoglu, M. (2004). Photocatalytic decolorization of Remazol Red RR in aqueous ZnO suspensions. Applied Catalysis B: Environmental, 54(1), 19–24. doi: 10.1016/j.apcatb.2004.05.021.
4. Zhang, Z., Shao, C., Li, X., Zhang, L., Xue, H., Wang, C., & Liu, Y. (2010). Electrospun Nanofibers of ZnO−SnO2 Heterojunction with High Photocatalytic Activity. The Journal of Physical Chemistry C, 114(17), 7920–7925. doi:10.1021/jp100262q.
5. Fu, H., Xu, T., Zhu, S., & Zhu, Y. (2008). Photocorrosion Inhibition and Enhancement of Photocatalytic Activity for ZnO via Hybridization with C60. Environmental Science & Technology, 42(21), 8064–8069. doi:10.1021/es801484x.
6. Zhang, H., Zong, R., & Zhu, Y. (2009). Photocorrosion Inhibition and Photoactivity Enhancement for Zinc Oxide via Hybridization with Monolayer Polyaniline. The Journal of Physical Chemistry C, 113(11), 4605–4611. doi:10.1021/jp810748u.
7. Wang, X., Cao, L., Lu, F., Meziani, M. J., Li, H., Qi, G., … Sun, Y.-P. (2009). Photoinduced electron transfers with carbon dots. Chemical Communications, (25), 3774. doi:10.1039/b906252a
8. Liu, X., Zhang, J., Yang, T., Wang, L., Kang, Y., Wang, S., & Wu, S. (2012). Self-assembled hierarchical flowerlike ZnO architectures and their gas-sensing properties. Powder Technology, 217, 238–244. doi: 10.1016/j.powtec.2011.10.032

9. Li, Y., Zhang, B.-P., Zhao, J.-X., Ge, Z.-H., Zhao, X.-K., & Zou, L. (2013). ZnO/carbon quantum dots heterostructure with enhanced photocatalytic properties. Applied Surface Science, 279, 367–373. doi: 10.1016/j.apsusc.2013.04.114.
10.]Mehta, V. N., Jha, S., & Kailasa, S. K. (2014). One-pot green synthesis of carbon dots by using Saccharum officinarum juice for fluorescent imaging of bacteria (Escherichia coli) and yeast (Saccharomyces cerevisiae) cells. Materials Science and Engineering: C, 38, 20-27.
11. Zhou, J., Booker, C., Li, R., Zhou, X., Sham, T. K., Sun, X., & Ding, Z. (2007). An electrochemical avenue to blue luminescent nanocrystals from multiwalled carbon nanotubes (MWCNTs). Journal of the American Chemical Society, 129(4), 744-745.
12. Park, S. Y., Lee, H. U., Park, E. S., Lee, S. C., Lee, J. W., Jeong, S. W., ... & Lee, J. (2014). Photoluminescent green carbon nanodots from food-waste-derived sources: large-scale synthesis, properties, and biomedical applications. ACS applied materials & interfaces, 6(5), 3365-3370.
13. Wang, W., Ni, Y., & Xu, Z. (2015). One-step uniformly hybrid carbon quantum dots with highreactive TiO2 for photocatalytic application. Journal of Alloys and Compounds, 622, 303-308.
14. Alarfaj, N. A., El-Tohamy, M. F., & Oraby, H. F. (2020). New immunosensing-fluorescence detection of tumor marker cytokeratin-19 fragment (CYFRA 21-1) via carbon quantum dots/zinc oxide nanocomposite. Nanoscale research letters, 15(1), 1-14.
15. Gao, D., Zhao, P., Lyu, B., Li, Y., Hou, Y., & Ma, J. (2020). Carbon quantum dots decorated on ZnO nanoparticles: An efficient visible-light responsive antibacterial agents. Applied Organometallic Chemistry, 34(8), e5665.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124128

RESPUESTAS DE LA DIVERSIDAD DE HEMIPTEROS Y GREMIOS TROFICOS A LA CONVERSION DE BOSQUES TEMPLADOS A CULTIVOS DE AGUACATE EN MICHOACAN

María Guadalupe Zavala-Alejandre*[*1], Yurixhi Maldonado-López[2], Ken Oyama[3], Maurício Lopes de Faria[4], Pablo Cuevas-Reyes[1]

1 Laboratorio de Ecología de Interacciones Bióticas, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

2 Cátedras CONACYT-Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo. 3Escuela Nacional de Estudios Superiores, Campus Morelia, UNAM, México.

Palabras Clave: Fragmentación, bosques, insectos.

RESUMEN. La conversión de bosques templados a huertos de aguacate es de las principales causas de homogenización y fragmentación de ecosistemas forestales en México. Esta fragmentación afecta las interacciones bióticas, como la estructura de la comunidad de plantas y animales. Particularmente, los hemípteros son un grupo de insectos que muestra sensibilidad a una variedad de perturbaciones tanto naturales como antropogénicas como la fragmentación haciéndolos excelentes indicadores y una herramienta para evaluar los efectos de la fragmentación ocasionada principalmente por el cambio de uso de suelo a agrosistemas. Por lo que este estudio pretende determinar los cambios en la estructura y composición de las comunidades de hemípteros y gremios tróficos en sitios con diferente cobertura de bosque. Fueron seleccionados seis sitios con diferente cobertura de bosque-huertos de aguacate en Michoacán. En cada sitio, se realizaron cuatro transectos de 50 metros, colocando seis trampas de caída de tipo pitfall por transecto, además se utilizó un método complementario utilizando redes entomológicas. Los resultados mostraron diferencias en la diversidad de hemípteros entre las distintas proporciones de bosques y huertos de aguacate; encontrando una mayor abundancia y riqueza de hemipteros en sitios de mayor cobertura de bosque. Además, detectamos tres gremios tróficos donde los fitófagos fueron los más abundantes en las distintas proporciones de bosque. Se encontró que la composición de la comunidad hemipteros fue diferente entre los sitios de estudio. Lo que indica que la conversión de bosques templados a cultivos de aguacate modifica la composición de la comunidad de hemipteros, disminuyendo su diversidad en sitios con menos bosque. Por lo cual la pérdida de cobertura de bosques templados es un factor que afecta la comunidad de hemípteros y potencialmente las interacciones bióticas, destacando la necesidad de conservar ciertas proporciones de bosque en agrosistemas.

INTRODUCCIÓN. En México los bosques templados comprenden el 13% del territorio nacional y son fundamentales en la conservación de la biodiversidad (Manzo-Delgado et al. 2014). Los bosques templados en México, son importantes para la provisión de servicios ambientales como la captura de agua, captura y almacén de carbono (Navarro & García, 2024), regulación de la temperatura, además de ser un resguardo de la biodiversidad (Del-Val & Sáenz-Romero, 2017). Los bosques templados albergan una gran cantidad de

artrópodos representando una proporción importante de la biodiversidad global. Específicamente, el dosel de los bosques templados representa un hábitat para diversos gremios de artrópodos como los herbívoros (Ulyshen, 2011; Maldonado-López et al. 2018), depredadores, parásitos, parasitoides y detritívoros (Hamilton et al. 2010; Nakamura et al. 2017). Se estima que entre el 20 y 25% de artrópodos habitan en el dosel de los bosques templados (Ozanne et al., 2003). A pesar de esta gran diversidad, en México aproximadamente el 40% de la cobertura de los bosques templados se ha perdido generando un impacto negativo sobre la biodiversidad y la estructura de las comunidades naturales (Klooster y Masera, 2000; Esperón-Rodríguez y Barradas, 2015). De la misma manera, estos cambios antropogénicos han llevado a la transformación de los paisajes, aumentando la degradación y fragmentación de estos ecosistemas (Castro-Navarro, Sahagún-Sánchez, & Reyes-Hernández, 2017).

Se considera que la conversión de los bosques templados a huertos de aguacate es una de las principales causas de la homogenización y fragmentación de ecosistemas forestales en México (Esperón-Rodríguez y Barradas, 2015). Esta fragmentación del hábitat afecta las interacciones bióticas, así como la estructura de la comunidad de plantas y animales (Maguirre et al. 2016; Maldonado-López et al. 2016; Valdés-Correcher et al. 2019). En México, el aguacate es cultivado en los bosques templados, representando una superficie mayor de 241 mil 140 ha, una tasa de conversión de bosques templados a huertos de aguacate de más de 1.715 ha/año-1 y una producción de 206 mil 466 toneladas/año (González-Estudillo et al., 2017; Agricultura-Siap, 2020; Cho et al., 2021). La fragmentación y la pérdida de hábitat como resultado de la conversión de bosques templados a cultivos de aguacate son los procesos más relevantes a nivel de paisaje en el estado de Michoacán (Cho et al., 2021; Vaca-Sánchez et al. 2024). Por lo tanto, el estado de Michoacán es una de las regiones más amenazadas de México, caracterizada por la tasa más alta de cambio de uso de suelo de bosques templados a huertos de aguacate, lo que resulta en una alta fragmentación forestal y pérdida de hábitat (Mas et al., 2017). Este hecho representa serias amenazas a la biodiversidad y funcionamiento de los bosques templados considerando que los bosques de encino albergan una gran diversidad de plantas epífitas, artrópodos y vertebrados (Vaca-Sánchez et al. 2021; Pérez-Solache et al. 2022). De manera particular los hemipteros son un grupo de insectos que muestra sensibilidad a una variedad de perturbaciones tanto naturales como antropogénicas (Duelli y Obrist, 1998; Kruess y Tscharntke, 2002), como lo es la fragmentación del hábitat (Hines et al. 2005).La fragmentación a menudo tiene un efecto negativo en la diversidad de especies, con una disminución de la riqueza y abundancia de especies con el tamaño del parche (Tscharntke et. al., 2002; Tscharntke et. al., 2005; Albrecht et al., 2021). Los artrópodos responden de diferentes maneras a la fragmentación del hábitat (Cagnolo et al., 2009; Bagchi et al., 2018). Particularmente, los cambios en la estructura de la comunidad vegetal pueden alterar las interacciones de hemipteros con otros organismos y afectar las redes de herbívoros y depredadores (Siemann et al. 1998; Salomao et al. 2019). Por lo que, los hemipteros al ser un grupo sensible a diversas perturbaciones tanto naturales como antropogénicas (Kruess y Tscharntke, 2002), además de tener una vida útil corta que le permite una respuesta rápida al cambio (Jones, 2001)), y que responde a la fragmentación (Hines et al. 2005), y perturbaciones forestales, los hace excelentes indicadores y una herramienta para poder evaluar los efectos de la fragmentación ocasionada principalmente por el cambio de uso de suelo a zonas de cultivo.

OBJETIVO. Determinar los cambios en la estructura y composición de las comunidades de hemípteros en sitios con diferente cobertura de bosque nativo y huertos de aguacate.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio se realizó en la franja aguacatera del estado de Michoacán donde se eligieron seis sitios pertenecientes en los municipios de Tacámbaro y Acuitzio del Canje. Se seleccionaron dos sitios con mayor cobertura de bosque nativo y menor cobertura de huertos de aguacate (B>H): (i) Acuitzio, Rancho Agroecológico Llanitos: porcentaje de cobertura bosque/huerto: (84/16) y (ii) Acuitzio, La Yácata: porcentaje de cobertura bosque/huerto: (74/26): dos sitios con igual cobertura del bosque nativo y huertos de aguacate (B=H) : (i) Tacámbaro, Exhacienda porcentaje de cobertura bosque/huerto: (51/49) y (ii) Uruapan, Rancho el peral: porcentaje de cobertura bosque/huerto: (52/48) y dos sitios con menor cobertura de bosque nativo y mayor cobertura de huertos de aguacate (B<H): Tacámbaro, Rancho Las Joyas: porcentaje de cobertura bosque/huerto (35/65) y (ii) Tacámbaro, Caramecuaro: porcentaje de cobertura bosque/huerto (36/63).
Una vez establecidos los sitios de estudio la colecta de Insectos hemípteros se realizó mediante dos métodos complementarios. El primero utilizando trampas de caída (pitfall), para esto se trazaron en cada sitio de estudio 4 transectos de 50 x 2 m con una separación de 100 m. En cada transecto se colocaron seis trampas con una distancia entre trampas de 10 m iniciando en el metro 0. El segundo método será por colecta directa usando redes entomológicas durante recorridos de 8 horas por día en cada sitio. Finalmente, todos los ejemplares colectados se colocarán en recipientes de plástico con alcohol al 70% para su preservación, serán etiquetados para su posterior identificación al nivel taxonómico posible. Además, a cada especie se le fue asignado un gremio trófico (fitófagos, depredadores y hematófagos).

RESULTADOS. Se colectó un total de 1418 hemipteros asociados a los distintos sitios con diferentes proporciones de cobertura forestal, perteneciendo a 13 familias y 40 especies (Tabla 1).
Tabla 1. Abundancia (Número total de individuos) y riqueza (Número total de especies) de insectos hemípteros en sitios con distinta proporción de bosque y huertos de aguacate.
Se encontraron diferencias significativas en la abundancia y riqueza de hemipteros dentro de los sitios con distintos porcentajes de cobertura forestal y huertos de aguacate (χ^2 = 17.14; g.l. = 1; P = 0.0001) (χ^2 = 7.23; g.l. = 1; P = 0.0071), donde los sitios de mayor bosque presentaron mayor riqueza y abundancia (Fig. 1a, 1b).

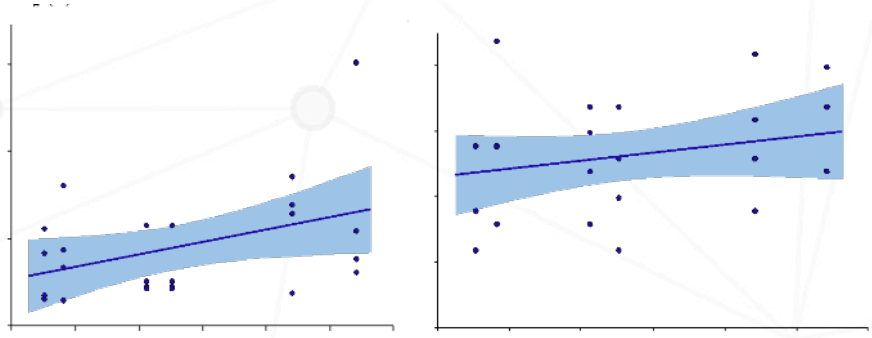


Figura 1. *Abundancia (a) y riqueza (b) de la comunidad de insectos hemípteros en relación con el porcentaje de cubierta forestal. Las áreas azules representan los intervalos de confianza del 95% de GLM.*

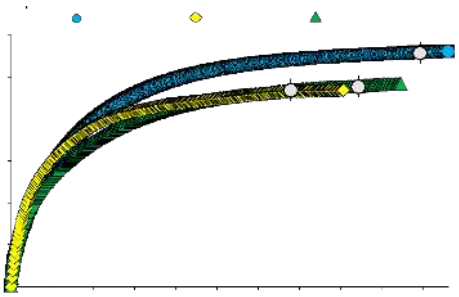


Figura 2. *Curvas de rarefacción de insectos hemípteros basado en el número de hemipteros en sitios con distinto porcentaje de cubierta forestal y huertos de aguacate.*

El análisis de rarefacción mostró diferencias donde la riqueza de especies de hemipteros fue mayor en los sitios con mayor cobertura de bosque que huertos de aguacate (Fig. 2)

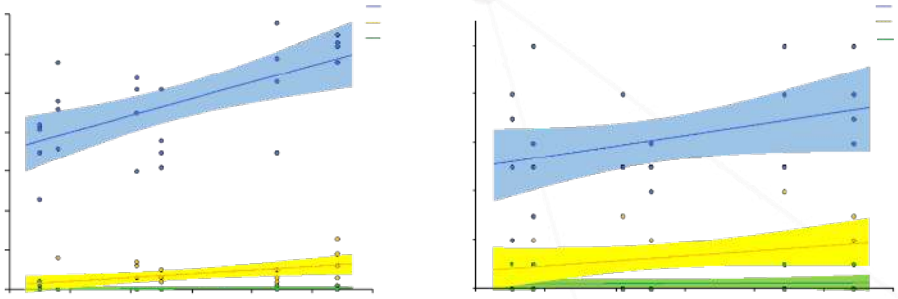


Figura 4. *Patrones de diversidad de gremios tróficos de hemípteros en distintas proporciones de bosque.*

Se identificaron de tres gremios tróficos diferentes: (i) depredadores; (ii) fitófagos; (iii) hematófagos (Tabla 3). La abundancia y riqueza de hemipteros difirió entre los distintos gremios tróficos (χ^2= 1939.37; g. 2 = 2; P= 0.0001) y entre las distintas coberturas con diferente proporción de bosque (χ^2 = 37.13; g.l. = 1; P= 0.0001). Particularmente, los fitófagos fueron el gremio más abundante para todos los sitios (Fig. 3 a,3b)

La composición de la comunidad de insectos hemipteros dentro de las distintas coberturas de bosque mostro diferencias significativas de acuerdo a la prueba ANOSIM (R2 = 0.4671; Stress = 0.2483; P < 0.0001), particularmente la cobertura de bosque mayor y bosque menor a huertos de aguacate tuvieron ensamblajes totalmente diferentes.

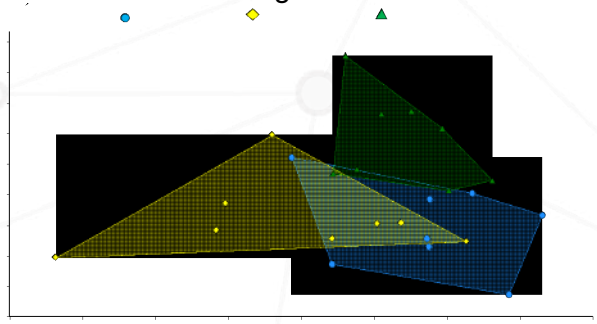


Figura 5. *Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) que muestra la similitud de la composición de la comunidad de insectos hemípteros entre sitios con distinto porcentaje de cobertura forestal.*

CONCLUSIONES. La conversión de los bosques templados a cultivos de aguacate modifica la composición de la comunidad de hemipteros y la estructura de sus gremios tróficos. Se observó una disminución en la diversidad en los sitios de menor cobertura de bosque y mayor cobertura de huertos de aguacate. Por lo que la pérdida de la cobertura de bosques nativos es un factor que modifica la composición de la comunidad de hemipteros de bosques templados, teniendo consecuencias importantes en las interacciones bióticas: planta-insecto e insecto-insecto. Lo cual resalta la necesidad de conservar ciertas proporciones de bosques nativos dentro de la franja aguacatera en Michoacán.

REFERENCIAS.

1. Esperón-Rodríguez, M., Barradas, V.L., 2015. Comparing environmental vulnerability inthe montane cloud forest of eastern Mexico: a vulnerability index. Ecol. Indic. 52: 300–310. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.019.
2. Manzo-Delgado, L., López-García, J., Alcántara-Ayala, I. 2014. Role of forest conservation in lessening land degradation in a temperate region: The Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico, Journal of Environmental Management. 138:55-66 0301-4797. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.017.
3. Pither, J y P.D. Taylor. (2000). Directional and fluctuating asymmetry in the black-winged damselfly Calopteryx maculata (Beauvois) (Odonata: Calopterygidae). Canadian Journal of Zoology 78(10): 1740-1748.
4. Román-Garrido, María Cristina, Chamorro-Pérez, Katherine, & Martínez-Hernández, Neis José. (2016). Diversidad de reduviidae (hemiptera: heteroptera) en tres fragmentos

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124131

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE POTENCIALIDAD (pIC50) EN UNA SERIE DE COMPUESTOS AZA-HETEROCICLOS COMO POSIBLES AGENTES ANTIBACTERIANOS

Karen Astrid Ortiz Vargas[1], Rsuini Uri Gutiérrez Aguilar[2], Judit Araceli Aviña Verduzco[3], Hugo Alejandro García Gutiérrez[4], Julio César Ontiveros Rodríguez[5], Rafael Herrera Bucio[6], Pedro Navarro Santos[7]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1718959h@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rsuini@yahoo.com.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jaavina@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; hgarcia@umich.mx

5 CONAHCYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; julio.ontiveros@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.herrera.bucio@umich.mx

7 CONAHCYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pedro.navarro@umich.mx

Palabras Clave: pIC_{50}, compuestos aza-heterociclos, análisis QSAR.

RESUMEN. La resistencia bacteriana es un desafío mundial actual, e.g., en el laboratorio del Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) cada cuatro horas se detecta un germen resistente y cada día mueren alrededor de 2000 personas por dicha resistencia; por lo que, la búsqueda y desarrollo de nuevos compuestos antibacterianos que puedan combatir las infecciones causadas por las bacterias es de suma importancia. En el desarrollo de nuevos compuestos, la química computacional ha contribuido enormemente a la predicción y obtención de propiedades de compuestos. Dentro de las principales propiedades farmacológicas, se tiene el índice de potencialidad (pIC50), el cual ayuda a determinar la potencia que pueden presentar dichos compuestos para inhibir alguna función biológica específica. En el presente trabajo, se realizó un análisis QSAR para la obtención del pIC50 de una serie de compuestos aza-heterociclos análogos estructurales al inhibidor INF55 usando diversos programas computacionales y bases de datos. Para ello, se comenzó con la obtención del IC50 de fármacos conocidos para tomarlos como referencia, se determinaron los LogP (coeficiente de reparto n-octanol/agua) y se calcularon las energías de los orbitales moleculares frontera HOMO y LUMO, mediante cálculos basados en la Teoría de los Funcionales de la Densidad, con el fin de obtener una ecuación con los parámetros anteriores que permita calcular el pIC50 para otras estructuras análogas a las estudiadas. Con la ecuación determinada para predecir el pIC50, se obtuvieron buenos resultados para varias de las moléculas propuestas, por lo que se consideran compuestos prometedores para inhibir diversas infecciones bacterianas, especialmente frente a la bacteria de Staphylococcus aureus resistente a la meticilina. Asimismo, la metodología se considera una herramienta fácil y útil de replicar para determinar el pIC50 para otros compuestos.

INTRODUCCIÓN. A lo largo de la historia, desde el descubrimiento de la penicilina en 1928 por Alexander Fleming, se han estudiado los mecanismos y causas que provocan la

resistencia de las bacterias hacia los fármacos. Poco después del inicio del uso de los antibióticos, se presentó la resistencia bacteriana, registrándose en 1962 la resistencia a la meticilina por el Staphylococcus aureus (Camacho Silvas, 2023). Actualmente, la resistencia bacteriana es un desafío mundial que continúa avanzando, por lo que el desarrollo y entendimiento del mecanismo de acción de nuevos fármacos que permitan combatir las bacterias resistentes a los antibióticos es un gran reto. El índice de potencialidad, pIC50, se define también como el logaritmo negativo del IC50 (mitad de la concentración inhibitoria máxima), que a su vez representa la cantidad necesaria de una sustancia inhibidora para poder interferir en un 50% con un proceso biológico o un componente biológico in vitro (Rahimifard & Haghi-Aminjan, 2024). El pIC50 es un valor importante debido a que permite determinar la potencia de un fármaco en particular frente a una variedad de dianas biológicas asociadas a la patogénesis de múltiples enfermedades y permite comparar diversos valores con un mejor enfoque y de una forma más entendible que el IC50, eliminando la posibilidad de errores en la representación y reproducibilidad de los datos (Thakur, Kumar, Sharma, & Mehta, 2022). Gracias al desarrollo continuo de la tecnología, el uso de las técnicas químico-computacionales ha permitido la optimización de tiempos y costos en el desarrollo de los fármacos. Asimismo, ha permitido la obtención de diversos parámetros e índices importantes en la búsqueda de sustancias activas que puedan combatir infecciones bacterianas, entre ellos el pIC50.

ANTECEDENTES. La búsqueda de nuevos fármacos es necesaria debido a la creciente resistencia a los antibióticos que presentan las bacterias. En 2018, Ousaa y colaboradores (Ousaa et al., 2018) realizaron un estudio QSAR (Relación cuantitativa estructura-actividad) para derivados de piperazinilo con el fin de predecir nuevos compuestos similares como agentes antileishmaniales, se utilizaron modelos de regresión lineal múltiple, regresión no lineal y red neuronal artificial para determinar la precisión y predictibilidad considerando 30 moléculas con sus pIC50 y obtuvieron la mejor relación para el pIC50 con las energías de los orbitales frontera HOMO (orbital molecular de mayor energía ocupado) y LUMO (orbital molecular de menor energía desocupado) y el LogP. Por otro lado, Kesuma y colaboradores (Kesuma et al., 2024) estudiaron la curcumina y ocho de sus derivados frente al Staphylococcus aureus por medio de un análisis QSAR. Por lo cual, comenzaron sintetizando los derivados de la curcumina y determinaron por ensayos in vitro su actividad antimicrobiana, para posteriormente realizar el análisis QSAR con modelos de regresión lineal múltiple, la correlación de Pearson y el valor de Z y obtener una ecuación que predijera los valores de pMIC (el logaritmo negativo de la concentración inhibitoria mínima) para futuros derivados a partir de diversos descriptores, encontrando que la energía de HOMO fue la que presentó una mejor relación con el pMIC. En 2024, Mahtal y colaboradores (Mahtal et al., 2024) realizaron un estudio para predecir la actividad antibacterial de moléculas derivadas del ácido hidroxámico usando el modelo de 2D-QSAR, donde se relacionó el pIC50 con 296 descriptores químicos significativos. Posteriormente, se obtuvo una ecuación predictora del pIC50, que permite ahorrar los costos y tiempos de producción en la búsqueda de compuestos con potencial actividad biológica, siendo uno de los cuatro descriptores seleccionados el LogP.

OBJETIVO. Calcular el índice de potencialidad (pIC50) de serie de compuestos tipo aza-heterociclos para su posible uso como agentes antibacterianos obtenidos mediante un análisis QSAR y cálculos químico-computacionales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Obtener el IC50 de fármacos conocidos frente a la bacteria de Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (SARM). Obtener el LogP de serie de compuestos aza-heterociclos y fármacos de referencia y realizar el cálculo de los orbitales frontera HOMO y LUMO de los mismos, empleando cálculos basados en la Teoría de los Funcionales de la Densidad (DFT). Calcular la ecuación que relacione el pIC50 con el LogP, la energía de HOMO y la energía de LUMO de compuestos conocidos para predecir los valores de pIC50 para compuestos aza-heterociclos propuestos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se emplearon las bases de datos ChEMBL (Davies et al., 2015; Mendez et al., 2019), SwissADME (Daina, Michielin, & Zoete, 2017) y PubChem (Kim et al., 2023) y los softwares Sanjeev's Lab (Selvaraj, Tripathi, Reddy, & Singh, 2011) y EasyQSAR (Bhusan, 2009) para el análisis QSAR, así como los programas Spartan20 (Wavefunction_Inc., 2020) y Gaussian 16 (Frisch et al., 2016) para la obtención de propiedades a nivel cuántico. Primeramente, se buscaron en SwissADME y ChEMBL, el LogP para los compuestos estudiados por el grupo de trabajo (Gutiérrez et al., 2013; Gutiérrez et al., 2015) y propuestos como inhibidores mostrados en la Fig. 1 y para antibióticos conocidos (oxacilina, mupirocina, penicilina G y penicilina V) y los valores del IC_{50} para los antibióticos mencionados y los compuestos **1** y **2** mostrados en la Fig. 1 frente a la bacteria de *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, respectivamente. Además, con los valores del IC_{50}, se obtuvieron los valores de pIC_{50} usando la plataforma Sanjeev's Lab. Enseguida, se obtuvieron las estructuras de PubChem para los fármacos conocidos y los compuestos propuestos **1** y **2**; mientras que, para los compuestos propuestos del **3** al **8** se realizó una búsqueda conformacional en Spartan20 para determinar las mejores conformaciones, considerando hasta 1,000,000 de conformaciones usando Mecánica Molecular y campo de fuerza MMFF. Después, se determinó la geometría a un nivel semi-empírico con PM6 y se hizo una selección de los mejores confórmeros dentro de un intervalo no mayor a 30 kcal mol^{-1} respecto al más estable. Luego, se obtuvieron las energías a nivel HF/3-21G considerando las 10 conformaciones energéticamente más estables de cada compuesto del **3** al **8** mostrados en la Fig. 1. Para las 10 mejores conformaciones anteriores, los fármacos conocidos y compuestos **1** y **2**, se les realizaron la optimización de su geometría empleando la Teoría de los Funcionales de la Densidad al nivel de teoría B3LYP/6-31G**, mediante el programa Gaussian 16. Posteriormente, una vez obtenidos los resultados de energía de todos los compuestos, se seleccionó la geometría de menor energía y se post-procesaron para la obtención de sus orbitales frontera empleando la teoría de perturbaciones de Møller Plesset de segundo orden con el conjunto base 6-31G**. Finalmente, se realizó un análisis QSAR con EasyQSAR para cada uno de los compuestos conocidos y se evaluó a partir de dicho análisis una ecuación que permitió determinar el pIC_{50} para las moléculas **1** a **8** de la Fig. 1 a partir de sus datos de LogP, energía de HOMO y energía de LUMO, considerando un porcentaje mínimo de concordancia para la ecuación del 50 % como criterio de validez.

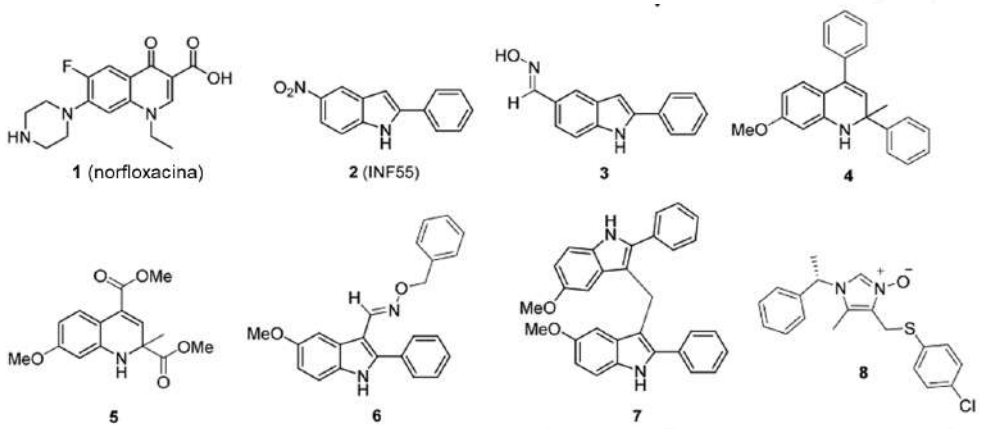


Figura 1. *Compuestos propuestos tipo aza-heterociclos análogos al INF55.*

RESULTADOS. Inicialmente, se obtuvieron los valores IC_{50} y pIC_{50} de ChEMBL y Sanjeev's Lab para los compuestos conocidos que se presentan en la Tabla 1.

Compuesto	IC_{50}	pIC_{50}	Valor obtenido del organismo
Norfloxacina (**1**)	3500	5.46	*Staphylococcus aureus*
Inhibidor INF55 (**2**)	9000	5.05	*Homo sapiens*
Oxacilina	1245.52	5.90	*Staphylococcus aureus*
Penicilina G	5980.86	5.22	*Staphylococcus aureus*
Mupirocina	279.65	6.55	*Staphylococcus aureus*
Penicilina V	1426.94	5.85	*Streptococcus pneumoniae*

Tabla 1*. IC_{50} (nM) y pIC_{50} de compuestos conocidos.*

Es importante resaltar que los valores obtenidos de la base de datos ChEMBL fueron rescatados de una lista para diferentes organismos. Se observa que la mupirocina tiene el mayor valor de pIC_{50} que se traduce como una mayor potencia para inhibir a la bacteria y todos los demás compuestos presentan valores entre 5.1 a 5.9. Después, para realizar el análisis QSAR se utilizó como actividad biológica el pIC_{50}, como descriptores, el valor de LogP y los valores de las energías de HOMO y LUMO y con el programa EasyQSAR se obtuvo la ecuación para determinar los pIC_{50} y los porcentajes de contribución de cada descriptor a la actividad, donde éstos deben ser mayores al 50 %, para que la ecuación sea buena descriptora, lo cual se observa que sí se cumple.

$$pIC50=-1.779771286111+6.105874965750\times10^{-1}LogP-9.455644056322\times10^{-1}EH_{OMO}-8.881095608665\times10^{-1}E_{LUMO} \quad (1)$$

Donde el porcentaje de concordancia es (LogP) = 63.45%, (E_{HOMO}) = 60.06% y (E_{LUMO}) = 69.99%. Posteriormente, se determinaron con la ecuación 1, los valores de pIC_{50} para las moléculas propuestas (**3** - **8**) de la Fig. 1, obteniendo los valores presentados en la Tabla 2. Se observan buenos resultados de pIC_{50} para los compuestos **7**, **6** y **8**, donde la molécula **7** presenta un valor superior a los fármacos de referencia y las moléculas **6** y **8** valores por debajo únicamente de la mupirocina. Además, se determinó el % de error relativo respecto al valor experimental considerando los valores de referencia de la Tabla 1, en donde se aprecia que todos los % de error son menores al 4.5 %.

Compuesto	Test			pIC_{50} calculado	% Error relativo
	LogP	E_{HOMO}	E_{LUMO}		
Norfloxacina (**1**)	2.16	-8.27	2.40	5.23	4.21
INF55 (**2**)	1.95	-7.78	1.72	5.24	3.76
Oxacilina	2.04	-9.82	3.22	5.89	0.17
Penicilina G	1.58	-10.00	3.66	5.40	3.45
Mupirocina	4.48	-10.95	5.32	6.58	0.46
Penicilina V	1.77	-10.10	3.56	5.69	2.74
3	3.43	-7.27	2.40	5.06	
4	5.3	-7.13	3.08	5.46	
5	2.12	-8.24	2.57	5.03	
6	5.22	-7.24	2.27	6.24	
7	7.36	-7.08	2.63	7.07	
8	4.74	-8.36	3.26	6.12	

***Tabla 2**. Descriptores de compuestos conocidos y propuestos de Fig. 1 (Log P, Energía de HOMO (eV) y Energía de LUMO (eV)) y pIC_{50} calculado con la ecuación 1.*

CONCLUSIONES. En este trabajo, se determinó el pIC50 para una serie de compuestos aza-heterociclos propuestos por medio de un análisis QSAR, obteniendo buenos resultados de pIC50 con los compuestos propuestos de la Fig. 1, siendo el mejor el compuesto 7, seguido de los compuestos 6, 8, 4, 3 y 5. No obstante, se observa que en general todos los compuestos del 3 al 8 presentan valores dentro del rango de los fármacos analizados. Asimismo, con el cálculo de los porcentajes de error relativo menores al 4.5 %, se confirma que la ecuación predice satisfactoriamente debido a que los pIC50 calculados son muy similares a los pIC50 experimentales reportados en las bases de datos. Adicionalmente, la metodología empleada es una herramienta sencilla y útil para proponer otras estructuras análogas y determinar su posible potencia para inhibir dianas moleculares de la bacteria estudiada, ahorrando tiempo y dinero en ensayos experimentales. Por tal motivo, se considera que los compuestos propuestos de la Fig. 1 son prometedores agentes antibacterianos para la posible inhibición del SARM, esperando que después de otras pruebas in-silico como acoplamiento y dinámica molecular, in vitro e in vivo, puedan ser compuestos con potencial actividad antibacteriana y ayuden a combatir las enfermedades causadas por el SARM.

REFERENCIAS.

1. Bhusan, K. K. (2009). EasyQSAR: A beginners tool for QSAR in Drug Designing (Free software for drug designing and QSAR). University of Hyderabad.
2. Camacho Silvas, L. A. (2023). [Bacterial resistance, a current crisis.]. Rev Esp Salud Pública, 97.
3. Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. 7(42717). doi:https://doi.org/10.1038/srep42717
4. Davies, M., Nowotka, M., Papadatos, G., Dedman, N., Gaulton, A., Atkinson, F., . . . Overington, J. (2015). ChEMBL web services: streamlining access to drug discovery data and utilities. Nucleic Acids Research, 43(W1). doi:https://doi.org/10.1093/nar/gkv352
5. Frisch, M. J., Trucks, G. W., Schlegel, H. B., Scuseria, G. E., Robb, M. A., Cheeseman, J. R., . . . Fox, D. J. (2016). Gaussian 16 Rev. C.01. Wallingford, CT.
6. Gutiérrez, R. U., Correa, H. C., Bautista, R., Vargas, J. L., Jerezano, A. V., Delgado, F., & Tamariz, J. (2013). Regioselective Synthesis of 1,2-Dihydroquinolines by a Solvent-Free MgBr2-Catalyzed Multicomponent Reaction. The Journal of Organic Chemistry, 78(19), 9614-9626. doi:10.1021/jo400973g
7. Gutiérrez, R. U., Rebollar, A., Bautista, R., Pelayo, V., Várgas, J. L., Montenegro, M. M., . . . Tamariz, J. (2015). Functionalized α-oximinoketones as building blocks for the construction of imidazoline-based potential chiral auxiliaries. Tetrahedron: Asymmetry, 26(4), 230-246. doi:https://doi.org/10.1016/j.tetasy.2015.01.011

8. Kesuma, D., Putra, G., Yahmin, Y., Sumari, S., Putri, A., Anwari, F., . . . Sulistyowaty, M. (2024). Hansch analysis by QSAR model of curcumin and eight of its transformed derivatives with antimicrobial activity against Staphylococcus aureus. J Pharm Pharmacogn Res, 12(5), 1008–1020.
9. doi:https://doi.org/10.56499/jppres24.1945_12.5.1008
10. Kim, S., Chen, J., Cheng, T., Gindulyte, A., He, J., He, S., . . . Bolton, E. (2023). PubChem 2023 update (Publication no. 10.1093/nar/gkac956).
11. Mahtal, A., Toufik, H., Akabli, T., Lamkadmi, H., Lahrache, A., & Lamchouri, F. (2024). Study of the antibacterial activity of molecules derived from hydroxamic acid by 2D-QSAR modeling. RHAZES Green and Applied Chemistry, 19, 59-69. doi:https://doi.org/10.48419/IMIST.PRSM/rhazes-v19.49142
12. Mendez, D., Gaulton, A., Bento, A., Chambers, J., De Veij, M., Félix, E., . . . Leach, A. (2019). ChEMBL: towards direct deposition of bioassay data. Nucleic Acids Research, 47(D1), D930-D940. doi:https://doi.org/10.1093/nar/gky1075
13. Ousaa, A., Elidrissi, B., Ghamali, M., Chtita, S., Aouidate, A., Bouachrine, M., & Lakhlifi, T. (2018). QSAR Study of (5-Nitroheteroaryl-1,3,4-Thiadiazole-2-yl) Piperazinyl Derivatives to Predict New Similar Compounds as Antileishmanial Agents. 2018(1), 2569129. doi:https://doi.org/10.1155/2018/2569129
14. Rahimifard, M., & Haghi-Aminjan, H. (2024). Levels of effect in toxicology assessment. In P. Wexler (Ed.), Encyclopedia of Toxicology (4th ed., pp. 813-815). Oxford: AP.
15. Selvaraj, C., Tripathi, S. K., Reddy, K. k., & Singh, S. K. (2011). Tool development for Prediction of pIC50 values from the IC50 values - A pIC50 value calculator. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy, 5(2), 1104-1109.
16. Thakur, A., Kumar, A., Sharma, V., & Mehta, V. (2022). PIC50: An open source tool for interconversion of PIC50 values and IC50 for efficient data representation and analysis.
17. Wavefunction_Inc. (2020). Spartan'20 (Version 20.1.3): Q-CHEM.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124132

RASGOS DE HISTORIA DE VIDA DE LAS ABEJAS EN MORELIA, MICHOACÁN

Aldo González Cisneros[1], Karina Sánchez-Echeverría[1*], Jorge Alfredo Mérida-Rivas[2], Yurixhi Maldonado-López[3], Ken Oyama[4], Pablo Cuevas-Reyes[4].

*1*Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Ecología de la Conducta. *Estancia Posdoctoral CONAHCYT. 2Centro de innovación para el Desarrollo Apícola Sustentable en Quintana Roo, Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo. Investigador por México-CONAHCYT. 3Cátedras CONACYT-Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 4Escuela Nacional de Estudios Superiores, Campus Morelia, UNAM, México.* aldogonci@gmail.com , kariecheverria@hotmail.com , jorgejoalmer@gmail.com , yurixhimaldonado@gmail.com , kenoyama@enesmorelia.unam.mx , pcragalla@gmail.com

Palabras Clave: Diversidad, Abejas, Urbanización.

RESUMEN. Las abejas son consideradas el polinizador más importante, ya que son dominantes realizando esta labor en una gran diversidad de ecosistemas y polinizan más plantas que cualquier otro grupo taxonómico. A pesar de esto, se ha documentado la disminución de sus poblaciones, dentro de las causas de esta perdida destaca el cambio de uso de suelo provocado por el aumento de las zonas urbanas, lo cual altera la composición de las comunidades bióticas y crea hábitats distintos a los naturales. El objetivo fue determinar la diversidad de abejas y sus rasgos de historia de vida a lo largo de un gradiente de urbanización en la ciudad de Morelia. Las abejas fueron colectadas en 12 sitios distribuidos dentro de la ciudad dividiéndolos en tres niveles de urbanización: alta, media y baja. Para la colecta de abejas se colocaron platos trampa de colores azul, blanco y amarillo, los cuales permanecieron activos durante 72 horas. Adicionalmente, se realizaron colectas manuales con redes entomológicas. Se colectó un total de 1,127 individuos de abejas pertenecientes a 112 especies, dentro de las cuales, la única especie exótica presente fue Apis melífera. Al comparar la composición de las especies en los tres niveles de urbanización se encontraron diferencias significativas (R2= 38.27, P= 0.0318). Se reporta una mayor riqueza (X2= 6.6090, P= 0.0367) y abundancia (X2= 66.6429, P= <.0001) de abejas en el nivel urbanización baja en contraste con los niveles más urbanizados. Los rasgos de historia de vida dominantes fueron las abejas generalistas, sociales y que anidan en el suelo. Concluimos que la diversidad de abejas dentro de la ciudad de Morelia está representada por una gran riqueza de especies, esto puede indicar que los sitios reminiscentes de vegetación y suelo desnudo son capaces de sustentar comunidades de abejas nativas dentro de la ciudad.

INTRODUCCIÓN. Los polinizadores proveen un importante servicio ambiental al polinizar cultivos agrícolas y plantas silvestres, se estima que entre el 74 y 84% de los cultivos utilizados como alimento en el mundo dependen en cierto grado de la polinización por animales para la producción de frutos y semillas (Williams 1994, Roubik 1995, Klein et al., 2007, Ashworth et al., 2009, Chacoff et al., 2010). Las abejas son consideradas el polinizador más importante, ya que son dominantes realizando ésta labor en una gran

diversidad de ecosistemas y polinizan más plantas que cualquier otro grupo taxonómico (Wardhaugh, 2015). A pesar de estos beneficios y de su importancia, durante varios años se ha documentado una disminución general de insectos polinizadores, siendo especialmente vulnerables las especies silvestres (Bennett et al., 2020). Globalmente las áreas naturales han sido degradadas dando como resultado la perdida de servicios ecosistémicos y de biodiversidad (Donkersley, 2019). Entre los factores identificados más importantes que afectan la diversidad y abundancia de polinizadores, se encuentra el cambio de uso de suelo (Brown & Paxton, 2009). El cambio de use de suelo provocado por el incremento de las zonas urbanas altera la composición de las comunidades bióticas y crea hábitats distintos a los naturales (Fitch et al., 2019). Estas modificaciones han afectado a los insectos polinizadores y en específico a las abejas generando la pérdida de su hábitat, el colapso de las relaciones mutualistas y un flujo de polen restringido entre fragmentos de hábitat (Donkersley, 2019). Otro efecto negativo es el aumento de especies exóticas en zonas urbanas, las cuales debido a que tienden a ser de hábitos de alimentación más generalistas pueden sobrevivir mejor en las ciudades (Fitch et al., 2019). Sin embargo, los centros urbanos también pueden proporcionar nuevos hábitats y algunos estudios revelan que los jardines, parques y prados pueden actuar como islas para los insectos (Garbuzov y Ratnieks, 2014).

ANTECEDENTES. El grupo Himenóptera, particularmente las abejas, han sido ampliamente estudiadas en su respuesta a los efectos de la urbanización en distintas localidades del mundo (McFrederick & LeBuhn, 2006). La urbanización se ha descrito como un filtro seleccionador de especies, debido a que suele favorecer a aquellas abejas que poseen ciertos rasgos de historia de vida que les permiten ser menos vulnerables a los ambientes perturbados (Wenzel et al., 2020). Estos rasgos se relacionan con la amplitud de la dieta (poliléctica, oligoléctica o monoléctica), estrategia de anidación (suelo o cavidades), comportamiento (solitario, social, parasito), entre otros (Williams et al., 2010). Varios estudios han reportado tendencias consistentes entre estos rasgos de historia de vida y la urbanización (Threlfall et al., 2016; Banaszak-Cibicka et al., 2018). El aumento progresivo de la población y la sustitución de las áreas verdes por zonas urbanas deja pocos espacio reminiscente, por ejemplo parques y terrenos baldíos que pueden ser aprovechados por las especies nativas (McFrederick & LeBuhn, 2006). Hostetler y McIntyre (2001) reportan para el sitio de Phoenix, Arizona una mayor abundancia y riqueza de especies de abejas en sitios desérticos en comparación con las zonas urbanas, la presencia de especies de abejas asociadas a arbustos y árboles nativos fue mayor en las zonas desérticas a diferencia de las especies de abejas asociadas a plantas exóticas dentro de las zonas residenciales. Por lo tanto, los autores concluyen que para las poblaciones de abejas del desierto de Arizona el desarrollo urbano produce una respuesta negativa detonando en una disminución en la diversidad de especies. Éste resultado no es un patrón general, debido a que el grado de urbanización varía en cada ciudad por lo que afecta de forma distinta a la fauna local provocando una variación en la abundancia y diversidad de especies encontradas (Zanette et al., 2005). En el Área Metropolitana de Raleigh-Durham, Carolina del Norte, Carper y colaboradores (2014) encontraron que existe una mayor abundancia de abejas en los bosques dentro del desarrollo suburbano en comparación con los bosques naturales, sugiriendo que la disponibilidad de diversos recursos florales en combinación con hábitats de espacios abiertos los sitios suburbanos son capaces de sustentar comunidades de abejas diversas y abundantes.

OBJETIVO. Determinar la diversidad de abejas y sus rasgos de historia de vida a lo largo de un gradiente de urbanización en la ciudad de Morelia.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó en la ciudad de Morelia, Michoacán; en el periodo de tiempo que abarcan los meses junio-noviembre del año 2021. Las abejas fueron colectadas en 12 sitios distribuidos dentro de la ciudad y sus alrededores dividiéndolos en tres niveles de urbanización: urbanización alta, media y baja. Para la colecta de abejas se trazaron 2 transectos de 3 x 50 metros en cada sitio donde se colocaron platos trampa de colores azul, blanco y amarillo, los platos permanecieron activos durante 72 horas. Adicionalmente, se realizaron colectas manuales con redes entomológicas. Los organismos fueron preservados en alcohol al 70% para su posterior procesamiento. Las abejas fueron identificadas a nivel de especie basado en los criterios de Michener (2007) y con la ayuda del Dr. Jorge Alfredo Mérida Rivas y el naturalista Phillipe Sagot curadores de la colección de abejas del Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas en Chiapas. El material colectado se encuentra depositado dentro la colección de abejas de ECOSUR. Los softwares utilizados para el análisis de los datos fueron Past 4.03 y JMP Pro13.0.0.

RESULTADOS. Se registraron un total de 1,127 individuos pertenecientes a 5 familias, 46 géneros y 112 especies, de las cuales 39 especies estuvieron representadas por un solo individuo y 53 especies estuvieron presentes en un solo sitio. La única especie exótica presente fue *Apis mellifera*. Las familias mejor representadas fueron Apidae (47 especies y 779 individuos) y Halictidae (28 especies y 215 individuos); en contraste la familia menos representada con el menor número de especies e individuos es Colletidae (6 especies y 17 individuos). La composición de la comunidad de especies de abejas difiere significativamente en los tres niveles de urbanización (R^2= 38.27, P= 0.0318; Fig. 1). Al comparar la abundancia y riqueza de especies de abejas entre los niveles de urbanización se encontraron diferencias significativas, el nivel “urbanización baja” presenta una mayor abundancia (X^2= 66.6429, P= <.0001; Fig.2) y riqueza de especies (X^2= 8.139, P= 0.0432; Fig. 3) en comparación con el nivel de urbanización media y alta.
Finalmente, los rasgos de historia de vida que encontramos dominantes a lo largo del gradiente de urbanización fueron abejas con hábitos alimenticios generalistas, comportamiento social y que anidan en el suelo (Tabla 1).

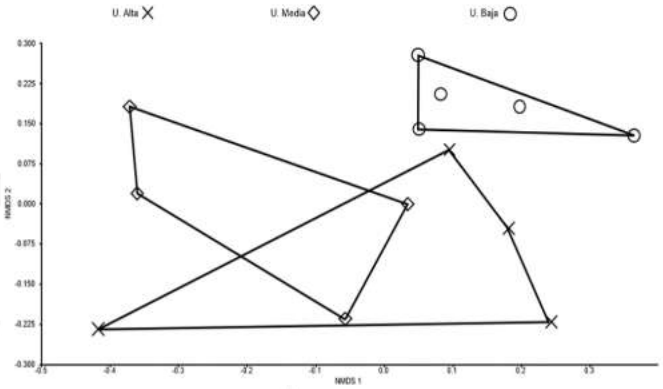


Figura 1. *Análisis NMDS realizado con la comunidad de abejas en el gradiente de urbanización.*

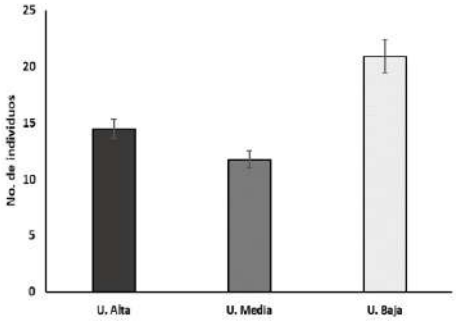


Figura 2. *Comparación de la abundancia de abejas en el gradiente de urbanización.*

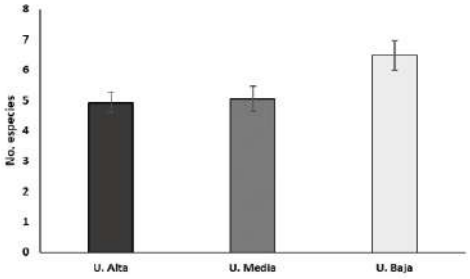


Figura 3. *Riqueza de especies de abejas en el gradiente de urbanización.*

Categoría	Tipo	No. De especies
Constancia floral	Polilécticas	**85**
	Oligolécticas	**27**
Formas de vida	Cleptoparasita	**2**
	Social	**31**
	Solitaria	**79**
Sitios de anidación	Cavidades preexistentes	**14**
	Madera	**15**
	Suelo	**83**

Tabla 1. *Rasgos de historia de vida de las abejas.*

CONCLUSIONES. Concluimos que la diversidad de abejas es afacetada por la urbanización, donde la zonas céntricas y periféricas de la ciudad de Morelia están representadas por una alta diversidad de especies de abejas, pero con una composición de especies diferente; también se observa una influencia en los rasgos de historia de vida, promoviendo ciertos rasgos y excluyendo otros aun así los resultados sugieren que los sitios reminiscentes de vegetación y de suelo desnudo son capaces de sustentar comunidades de abejas nativas.

REFERENCIAS.

1. Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., & Oyama, K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. Biological Conservation, 142(5), 1050-1057.
2. Bennett, J. M., Steets, J. A., Burns, J. H., Burkle, L. A., Vamosi, J. C., Wolowski, M., Arceo-Gómez, G., Burd, M., Durka, W., Ellis, A. G., Freitas, L., Li, J., Rodger, J. G., Ştefan, V., Xia, J., Knight, T. M., & Ashman, T. L. (2020). Land use and pollinator dependency drives global patterns of pollen limitation in the Anthropocene. Nature Communications, 11(1), 1–6. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17751

3. Brown, M. J. F., & Paxton, R. J. (2009). The conservation of bees: A global perspective. Apidologie, 40(3), 410–416. https://doi.org/10.1051/apido/2009019
4. Carper, A. L., Adler, L. S., Warren, P. S., & Irwin, R. E. (2014). Effects of suburbanization on forest bee communities. Environmental Entomology, 43(2), 253–262. https://doi.org/10.1603/EN13078
5. Chacoff, N. P., Morales, C. L., Garibaldi, L. A., Ashworth, L., & Aizen, M. A. (2010). Pollinator dependence of Argentinean agriculture: current status and temporal analysis.
6. Donkersley, P. (2019). Trees for bees. Agriculture, Ecosystems and Environment, 270–271(October 2018), 79–83. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.024
7. Fitch, G., Wilson, C. J., Glaum, P., Vaidya, C., Simao, M. C., & Jamieson, M. A. (2019). Does urbanization favour exotic bee species? Implications for the conservation of native bees in cities. Biology Letters, 15(12). https://doi.org/10.1098/rsbl.2019.0574
8. Garbuzov, M., & Ratnieks, F. L. W. (2014). Quantifying variation among garden plants in attractiveness to bees and other flower-visiting insects. Functional Ecology, 28(2), 364–374. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12178
9. Hostetler, N. E., & McIntyre, M. E. (2001). Effects of urban land use on pollinator (Hymenoptera: Apoidea) communities in a desert metropolis. Basic and Applied Ecology, 2(3), 209–218. https://doi.org/10.1078/1439-1791-00051
10. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the royal society B: biological sciences, 274(1608), 303-313.
11. McFrederick, Q. S., & LeBuhn, G. (2006). Are urban parks refuges for bumble bees Bombus spp. (Hymenoptera: Apidae)? Biological Conservation, 129(3), 372–382. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.11.004
12. Roubik, D. W. 1995 Pollination of cultivated plants in thetropics. Food and agriculture organization of the UnitedNations, Rome, Italy. Bull. 118.
13. Wardhaugh, C. W. (2015). How many species of arthropods visit flowers? Arthropod-Plant Interactions, 9(6), 547–565. https://doi.org/10.1007/s11829-015-9398-4
14. Williams, I. H. 1994 The dependences of crop production within the European Union on pollination by honey bees. Agric. Zool. Rev. 6, 229–257
15. Williams, I. H. 1994. The dependences of crop productionwithin the European Union on pollination by honey bees. Agric. Zool. Rev. 6, 229–257.
16. Zanette, L. R. S., Martins, R. P., & Ribeiro, S. P. (2005). Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. Landscape and Urban Planning, 71(2–4), 105–121.https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.02.003

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124133

DETERIORO DE LA IGNIMBRITA DEL ENTORNO URBANO HISTÓRICO DE MORELIA

Aldo Zamudio Pérez[1], Juan Alberto Bedolla Arroyo[2], Elia Mercedes Alonso Guzmán[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aldo.perez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alberto.bedolla@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; elia.alonso@umich.mx

Palabras Clave: Deterioro, Ignimbrita, Patrimonio.

RESUMEN. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) Morelia es una de las 11 ciudades inscritas dentro del programa internacional como Patrimonio de la Humanidad. Una de las características arquitectónicas de la Ciudad es la construcción de inmuebles con la integración de ignimbrita (cantería), material utilizado tanto en elementos ornamentales como estructurales. Luego de indicaciones, tendencias y/o modismos arquitectónicos y con el objetivo de observar la fábrica de construcción de los inmuebles ubicados dentro de la Zona de Monumentos Históricos de Moreira la ignimbrita ha permanecido expuesta directamente a la intemperie. La exposición del material ha ocasionado el estado de conservación que hoy en día se observa, la alteración es perceptible principalmente en la parte baja (zoclo) de las fachadas, lo anterior como resultado del mecanismo que aqueja al material entre el proceso de sequedad-humedad, contaminación ambiental y presencia de sales minerales. El objetivo de la investigación fue dictaminar el deterioro de la ignimbrita a través del análisis histórico del área y del estudio de las propiedades físico, químico y mecánicas de la ignimbrita. La metodología involucró la recolección de datos, análisis ambiental y urbano de la zona; y análisis en laboratorio al material pétreo. El material de análisis fue ignimbrita extraída de bancos utilizados históricamente para la edificación de inmuebles históricos y cantería del contexto urbano histórico. De acuerdo con la información arrojada, el deterioro de la ignimbrita es producto de la suma de factores tanto ambientales como de los elementos urbanos de la zona, circunstancia que modifica el comportamiento mecánico y físico del material pétreo, lo cual ha dejado como resultado un proceso acelerado de deterioro, mismo que afecta al patrimonio cultural. A pesar que la ignimbrita es un material resistente, es vulnerable frente al efecto del intemperismo.

INTRODUCCIÓN. Actualmente el análisis del deterioro de los materiales pétreos que conforman los cascos históricos ha volcado su mirada al fenómeno producido por el efecto que dejan el conjunto de factores físicos (fenómenos ambientales) sobre los materiales naturales de construcción, situación que repercute directamente en las propiedades físicas y mecánicas del material, visto desde la perspectiva que el mecanismo activo de deterioro terminará por transformar completamente la superficie del material. Los factores ambientales que con mayor grado de interacción afectan, cambian o transforman la estructura de los materiales pétreos son el conjunto y/o ciclo de procesos tales como: la precipitación pluvial, los cambios bruscos de temperatura, la pérdida y acumulación de

humedad, la presencia de vientos dominantes y la radiación solar. Sin embargo, no debemos perder de vista que los materiales pétreos tienen la capacidad de absorber o amplificar el daño; dicha situación se presenta de acuerdo con las propiedades que conforman a cada estructura en particular, es decir no podemos generalizar el problema. Por otra parte, no solo interviene el efecto de la carga ambiental sobre los materiales de construcción; las técnicas constructivas empleadas representan otra de los factores de alteración, para el caso del presente trabajo no se abordan procesos constructivos.

ANTECEDENTES. La Zona de Monumentos Históricos de Morelia es un área integrada por un conjunto de inmuebles histórico patrimoniales, constructivamente es común encontrar la ignimbrita como uno de los materiales de fábrica tanto en elementos estructurales como ornamentales y/o decorativos, siendo lo anterior una de las principales características arquitectónicas que definen la zona ver Fig. 01 y 02.



***Figura 1**. Calle nacional 1945 Morelia. Fuente: México en fotos.*



***Figura 2**. Calle Galeana, Centro Histórico Morelia. Fuente: Aldo Zamudio Pérez.*

El estado actual de conservación que presenta la ignimbrita integrada en las fachadas principales de los inmuebles que componen la Zona de Monumentos fue el interés principal por enfocar la presente investigación respecto los mecanismos de deterioro de la ignimbrita.

OBJETIVO. El objetivo de la presente investigación fue el análisis del deterioro de la ignimbrita presente en la Zona de Monumentos Históricos de Morelia y la evaluación de los daños en su estructura.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología de investigación comprendió diversas fases, en una primera etapa fue la prospección de la Zona de Monumentos Históricos de Morelia, la cual tuvo como objetivo observar el estado de conservación y el grado de deterioro de la ignimbrita integrada dentro de las mamposterías en las fachadas principales de los inmuebles de carácter histórico patrimonial dentro de la zona de monumentos dejando de lado etiquetas de estilos, temporalidades y usos. Se realizó el registro y monitoreo de las unidades de análisis seleccionadas con el objetivo de observar el comportamiento del material frente a factores ambientales como: vientos, asoleamientos, temperaturas, etc., así como de los elementos urbanos tales como: orientación de fachadas (ubicación de la mampostería), altura de humedades, carga vehicular, dimensión de vialidades y fachadas. Fueron seleccionadas canteras de extracción con el objetivo de llevar a cabo la caracterización física, mecánica y microestructural de los diferentes tipos de ignimbrita, lo cual permitió conocer las particularidades que cada cantera ostenta. Se llevo a cabo la recolección de ignimbritas de las unidades de análisis con el objetivo de realizar la

caracterización microestructural y observar los elementos depositados en la cantería deteriorada.

RESULTADOS. La ignimbrita naturalmente sufre determinado proceso de deterioro a partir de su extracción de la cantera, sin embargo, una vez que el material pétreo se integra dentro de las construcciones puede presentar alteraciones con mayores índices, lo cual se debe principalmente al tipo de material de acuerdo con sus características físicas, mecánicas y químicas, así como la interacción con el medio ambiente y su carga.



***Figura 3-4**. Estado actual de conservación de la ignimbrita Zona de Monumentos Históricos de Morelia. Fuente: Aldo Zamudio Pérez.*



***Figura 5**. Microscopia Óptica de ignimbrita en Zona de Monumentos Históricos de Morelia. Fuente: Aldo Zamudio Pérez.*

La ignimbrita utilizada en las mamposterías de los inmuebles históricos de Morelia con mayor exposición de deterioro principalmente se observa en la zona inferior de las mamposterías, comúnmente se le conoce como zócalo o zoclo ver Fig. 03. Se asume que el deterioro se debe al conjunto de situaciones, tales como: la presencia de humedad por capilaridad, humedad cíclica, por el efecto de la cristalización de las sales, así como por la absorción de agentes atmosféricos y las características urbanas encontradas en la zona. Cabe señalar que el deterioro con mayor presencia se localiza en el zoclo anteriormente en comparación con el resto de la mampostería ver Fig. 03. La ignimbrita es un material que, con una diversidad de características, las cuales serán factores decisivos para que el material pétreo logre su permanencia bajo situaciones agresivas, naturalmente uno de los distintivos del material es su estructura porosa; situación que repercute en la absorción de humedad, contaminantes y sales, por lo cual una vez que los ciclos se repiten logran la alteración del estado físico para luego presentar la perdida paulatina del material pétreo.

CONCLUSIONES. El comportamiento de la ignimbrita se presenta de forma heterogénea al igual que su composición estructural, determinar la vulnerabilidad que cada elemento representa en una fachada principal es una tarea difícil, hablando del total de inmuebles catalogados dentro de la Zona de Monumentos Históricos de Morelia. Sin embargo, de acuerdo con los datos obtenidos de las unidades de análisis podemos concluir que el deterioro que presenta la ignimbrita utilizada dentro de los inmuebles de carácter histórico patrimonial se debe al conjunto de factores tanto ambientales como urbanos. Una vez que la ignimbrita se integra en las construcciones y al no existir elementos de protección en sus caras comienzan a presentarse una diversidad de alteraciones, lo cual deja como resultado el cambio de sus propiedades mecánicas y físicas. El hecho de que las construcciones continúen en pie se debe principalmente a las características mecánicas que presenta la ignimbrita, lo anterior como respuesta a la capacidad de resistencia, sin embargo, no

debemos perder de vista que el material poco a poco se degrada, lo cual origina que su estructura sea vulnerable.

REFERENCIAS.

1. González Trujillo, Mayelin, et al, “Variables ambientales y la relación capilaridad-deterioro: viviendas coloniales del centro histórico de Santiago Cuba” en Arquitectura y Urbanismo, vol. 34, no. 3, septiembre-diciembre 2013.
2. Sanz, Teresa Palomar, et al, “Patologías y estudio analítico de materiales procedentes de mosaicos de Carmona Itálica” en Materiales de Construcción, vol. 61, no. 304, octubre-diciembre 2011.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124135

DIVERSIDAD DE MACROLÍQUENES ASOCIADOS A BOSQUES DE PINO-ENCINO EN EL SUR DE MORELIA

Enrique Sánchez Gaona, Violeta Rangel Osornio1, Víctor M. Gómez Reyes1

Palabras Clave: Forófito, comunidades liquénicas, ecosistemas forestales, perturbación.

RESUMEN. El presente trabajo tuvo como objetivo conocer la diversidad de macrolíquenes asociados a bosques de pino-encino en el sur de Morelia. Para ello, se recolectaron líquenes foliosos y fruticosos de árboles de pino y encino en dos áreas cercanas a la localidad de Ichaqueo. Como principales resultados, se registran 55 especies de líquenes pertenecientes a 22 géneros y seis familias. La riqueza de especies asociada a encinos fue de 34 especies incluidas en cinco familias, siendo la más representativa la familia Parmeliaceae, seguida de Physciaceae. Por su parte, en pinos se registraron 21 especies de líquenes y cuatro familias, de igual forma Parmeliaceae fue la mejor representada. Las diferencias observadas respecto a la diversidad de líquenes encontrada en los dos forófitos fueron asociadas con el grado de conservación de los bosques estudiados.

INTRODUCCIÓN. Los líquenes son asociaciones simbióticas entre un hongo (micobionte) y uno o más organismos fotosintéticos (fotobionte) como algas verdes y/o cianobacterias (Barreno y Pérez-Ortega, 2003). Esta relación da origen a un talo liquénico con características particulares y que puede presentar diferentes formas de crecimiento (Hawskworth et al. 2005). Los líquenes son de gran importancia en los ecosistemas al ser unos de los primeros colonizadores de ambientes terrestres en las primeras etapas de la sucesión ecológica, ayudan a la formación de suelo mediante la degradación de rocas, proporcionan alimento y refugio para otros organismos, participan en el ciclo de nutrientes y son ampliamente utilizados como bioindicadores (Aspliud y Wardle, 2016).

ANTECEDENTES. A nivel mundial se calculan entre 13 500 y 20 000 especies de líquenes, cifra que podría alcanzar las 30 000 especies al existir algunas zonas tropicales inexploradas (Lücking et al. 2009). En el caso de México, se tiene registro de 2 722 especies, siendo las familias más diversas Parmeliaceae, Physciaceae, Collemataceae y Lobariaceae. Los tipos de vegetación más explorados en el país son los bosques templados teniendo el registro de 947 especies, seguido por el matorral xerófilo con 544 especies, el bosque tropical húmedo con 391 especies, el bosque estacionalmente seco con 386 especies y, por último, el bosque húmedo de montaña con 230 especies registradas (Herrera-Campos et al. 2014). Particularmente, en los bosques templados de México se han realizado estudios sobre la diversidad de líquenes asociada a diferentes forófitos. Por ejemplo, Pérez-Pérez et al. (2008) en su estudio sobre las comunidades de macrolíquenes corticolas en bosques de coníferas registraron 36 especies de líquenes, 20 en Pinus ayacahuite y 25 en Abies religiosa. En ambos forófitos dominaron especies de los géneros Cladonia, Flavoparmelia, Heterodermia, Hypotrachyna, Parmotrema, Punctelia, Ramalina y Usnea. Las diferencias observadas en la diversidad de líquenes sobre ambas especies de

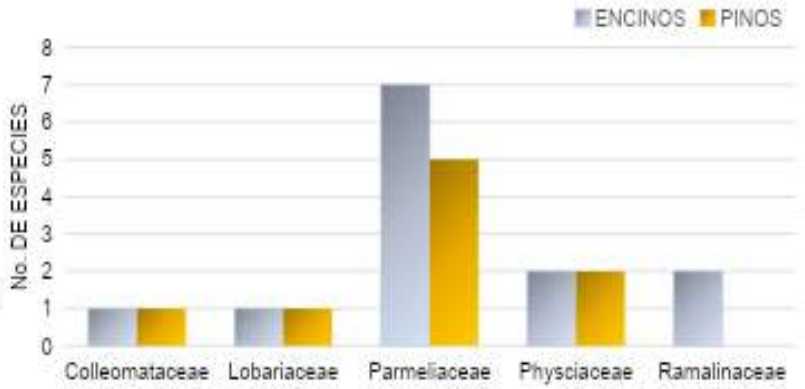
forofitos fueron relacionadas con un mayor grado de madurez y conservación del bosque de A. religiosa en comparación con el bosque de P. ayacahuite el cual se encontraba perturbado, dificultando la dispersión y establecimiento de las comunidades liquénicas. Por otro lado, Sánchez-Girón et al. (2023) en bosques de Quercus registró 90 especies de líquenes. En este estudio reportan que individuos jóvenes de Q. magnoliifolia presentaron mayor riqueza con 52 especies de líquenes, siendo Canoparmelia cryptochlorophaea, Hypotrachyna gracilescens y Endohyyalina ericina las especies más abundantes. En el bosque maduro se encontraron 11 especies de líquenes, siendo Physcia integrata y Leptogium cyanescens las especies más abundantes. Estos autores proponen que la edad del bosque y de los forófitos juegan un papel fundamental en el establecimiento de las comunidades liquénicas. El estudio de las comunidades liquénicas en México se encuentra limitado por la falta de investigadores especializados y aun son necesarios más esfuerzos que contribuyan a incrementar conocimiento de su diversidad, ecología y aplicaciones. Por lo anterior, generar inventarios taxonómicos sobre grupos de organismos poco estudiados nos permite generar información para futuros trabajos en diversas líneas de investigación. Los objetivos de este trabajo fueron 1) conocer la diversidad de macrolíquenes asociada a bosques de pino-encino localizados al sur de Morelia y 2) relacionar la riqueza y composición de especies con los forófito estudiados.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la recolecta de líquenes se realizaron dos colectas, el primero en la desviación Tumbisca-Ichaqueo y el segundo en la comunidad de Ichaqueo al sur de Morelia (**Fig. 1**). En el primer sitio se seleccionaron 15 encinos y en el segundo se seleccionaron 15 pinos, donde macrolíquenes (foliosos y fruticosos) fueron recolectados siguiendo las recomendaciones de Gómez-Peralta (1997). Además, sobre cada árbol se registró la frecuencia de cada especie y se tomaron fotografías. Posteriormente, los ejemplares fueron transportados al laboratorio para su procesamiento. Para la identificación se utilizó bibliografía especializada y se observaron caracteres morfológicos del talo macro y microscópicos (forma de crecimiento, color, estructuras reproductoras sexuales y asexuales); asimismo, se realizaron pruebas químicas para su correcta determinación. Los ejemplares serán depositados en la colección de líquenes del Herbario EBUM de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (**Fig. 1C-D**).



Figura 1. *A) Sitios de muestreo, B) Colecta en campo y etiquetado, C) y D) Identificación de ejemplares en laboratorio.*

RESULTADOS. En total, se identificaron 55 especies de macrolíquenes. En encinos se registraron 34 especies, pertenecientes a cinco familias. Las familias con mayor riqueza fueron Parmeliaceae con siete géneros y 22 especies, seguida de Physciaceae con seis especies y dos géneros (**Fig. 2**). De los 13 géneros encontrados destaca *Usnea* con siete especies, seguido de *Hypotrachyna* y *Parmotrema* con cuatro especies cada uno. Además, resalta la presencia de especies de los géneros *Leptogium* y *Sticta*, los cuales presentan cianobacterias como fotobiontes. En pinos se registraron 21 especies, incluidas en cuatro familias, teniendo a Parmeliaceae con mayor representación con cinco géneros y 16 especies. En este forófito se registraron nueve géneros mostrando *Hypotrachyna* mayor riqueza con cinco especies, seguido de *Usnea* con cuatro especies y *Parmotrema* con tres especies. Algunos géneros como *Pseudevernia* y *Cladonia* solo estuvieron presentes sobre pinos (**Fig. 2 y 3**). Entre nuestros resultados, resalta el registro de nuevas localidades de colecta en el municipio y el estado, como es el caso de las especies *Hypotrachyna horrescens*, *Hypotrachyna nigrociliata*, *Hypotrachyna meridensis* y *Ramalina peruviana*. De acuerdo con los resultados, el sitio con encinos mostró una mayor diversidad de macrolíquenes en comparación al sitio con pinos. Esta diferencia puede ser explicada por el hecho de que el bosque de pino es afectado por la tala y la obtención de resina, lo cual ha ocasionado una disminución en la cobertura vegetal y daños sobre la corteza de los árboles. Por otro lado, Johansson *et al*. (2010) propone que características de los forófitos como son la edad, la rugosidad y el pH de la corteza son importantes para el establecimiento de los líquenes. Dichas características podrían estar relacionadas con las diferencias observadas en la diversidad de especies de cada forófito. Nuestros resultados concuerdan con lo reportado en otros estudios como el de Pérez-Pérez (2008) quienes registran una menor riqueza de especies de líquenes sobre *Pinus ayacahuite* en comparación con *Abies religiosa*. Lo anterior fue relacionado con la perturbación del bosque al presentarse mayor incidencia de luz y una cobertura vegetal menos homogénea. En nuestro caso, una menor riqueza de líquenes se registró en el bosque de pino. Por otra parte, Sánchez-Girón (2023) señala que los encinos presentan cambios en el color, pH, capacidad de almacenar agua y dureza de su corteza a medida que crecen y esto conlleva a un mayor establecimiento de líquenes en estos forófitos.



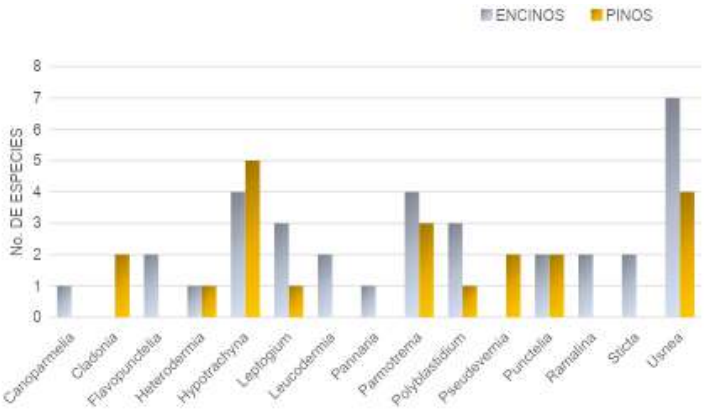


Figura 2. *Diversidad de macrolíquenes asociada a los dos forófitos. A) por familias y B) por géneros.*



Figura 3. *A) Usnea sp, B) Polyblastidium hypoleucum, C) Sticta beauvoisii, D) Leptogium phyllocarpum, E) Leptogium austroamericanum, F) Leucodermia leucomelos, G) Pannaria conoplea, asociados a encino. H) Cladonia sp., I) Pseudevernia intensa, J) Heterodermia granulifera asociados a pino.*

CONCLUSIONES. El presente trabajo no solo contribuye al conocimiento de la diversidad liquénica del estado, sino que también sienta bases para utilización de las especies de líquenes reportadas como bioindicadores en futuros estudios dirigidos a conocer la calidad ambiental y el estado de conservación de bosques templados. Así mismo, se resalta la importancia de seguir realizando inventarios taxonómicos sobre este grupo de organismos poco estudiado ya que se registran nuevas localidades de colecta para algunos ejemplares.

REFERENCIAS.

1. Asplund, J. & Wardle, D. A. (2016). How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties. Biological Reviews, 92(3): 1720-1738.
2. Barreno, R. E. & Pérez-Ortega, S. (2003). Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos, Asturias. KRK Ediciones. 512 pp.
3. Gómez-Peralta, M. (1997). Morfología e identificación de líquenes. Secretaria de Difusión Cultural/Editorial Universitaria, Morelia, Michoacán, México. 70 pp.
4. Hawskworth, D. L., Iturriaga T. & Crespo A. (2005). Líquenes como bioindicadores inmediatos de contaminación y cambios medioambientales en los trópicos. Revista Iberoamericana de Micología 22:71-82.

5. Herrera-Campos, et al. (2014). Biodiversidad de líquenes en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85: S82-S99
6. Johansson, V., Snäll, T., Johansson, P. & Ranius, T. (2010). Detection probability and abundance estimation of epiphytic lichens based on height-limited surveys. Journal of Vegetation Science, 21(2): 332-341.
7. Pérez-Pérez, R. E., Miramontes-Rojas, N., Aguilar-Rosales, J., & Quiroz-Castelán, H. (2008). Macrolíquenes Cortícolas en Dos Especies de Coníferas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Acta Universitaria, 18(2): 33-39.
8. Sánchez-Girón, X., Cerros-Tlatilpa, R. & Pérez-Pérez, R. E. (2023). Diversidad de líquenes epífitos en bosques de Quercus de Morelos, México. Bosque, 44(3): 581-594.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124138

ASPECTOS ALIMENTICIOS Y REPRODUCTIVOS DEL PEZ EXÓTICO *Pseudoxiphophorus bimaculatus* EN EL PARQUE NACIONAL LAGO DE CAMÉCUARO

Mitzi Jiménez Hernández[1], Omar Domínguez Domínguez[1], Xavier Madrigal Guridi[1], Michael Köck[1], Carlos Ortega García[2], Arely Ramírez García[1]

1 Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2010995x@umich.mx;

omar.dominguez@umich.mx ; xavier.madrigal@umich.mx ; characodon68@gmail.com

2 Ayuntamiento del municipio Tangancícuaro; calif.cor951@gmail.com

1Laboratorio de Biología Acuática de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; arelyr@umich.mx

Palabras Clave: Peces, Parque Nacional, Exóticos, Pesca, Poecilidae, Ovovivíparo, Exóticos, Dieta, Reproducción, Microplásticos

RESUMEN. El Lago de Camécuaro presenta una diversidad de especies ícticas nativas y no nativas, una de ellas es el pez exótico Pseudoxiphophorus bimaculatus perteneciente a la familia Poeciliidae, la cual se ha documentado como una especie que ha colonizado muchos cuerpos de agua del centro de México, y en algunos desplazando a especies nativas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar los aspectos reproductivos y tróficos P. bimaculatus en el Lago de Camécuaro. Se realizaron muestreos en los diferentes manantiales distribuidos alrededor del lago, usando artes de pesca como redes de mano o tipo chinchorro y trampas nasa; posteriormente los ejemplares se llevaron al laboratorio para diseccionarlos y obtener su contenido estomacal, así como la identificación de estadios gonadales. Los resultados mostraron que P. bimaculatus presenta longitudes mínimas de 26.81 mm y máxima de 79.69 mm, teniendo una proporción de hembras mayor que la de machos, en el caso de las hembras de esta especie exótica es encontró que la cantidad de embriones varía, que oscilan entre 4 hasta 106. La alimentación generalmente está basada en restos de insectos, en su mayoría terrestres, seguido de peces, restos de crustáceos y material vegetal como algas, adicional a esto, se han encontrado microplásticos en el contenido estomacal de estos ejemplares. Se concluye que esta especie de pez exótico se encuentra muy bien establecido en los manantiales que rodean el lago, existiendo organismos desde juveniles hasta los adultos, las condiciones de los manantiales han favorecido su reproducción, así como su alimentación de este pez exótico, se recomienda tener medidas de control de su población ya que podría estar compitiendo con otros peces hasta llegar a desplazarlos.

INTRODUCCIÓN. La familia Poeciliidae se distinguen por ser peces pequeños y lateralmente comprimidos que habitan cuerpos de agua dulce y salobre (Miller et al., 2009), comprenden cerca de 22 géneros y 180 especies, la mayoría de ellas pequeñas, presentan tallas entre 30-70 mm de longitud total, con tallas máximas de hasta 200 mm (Miller et al.,2009). Esta familia es ampliamente reconocida por su gran importancia como control de mosquitos y larvas, de alimento para peces (trucha, pez blanco, lobina, etc), entre otros y de ornato para acuarios, algunas de las cuales son popularmente reconocidas como:

guppys, peces mosquito, mollys, peces espada, guayacones y topotes (Miller et al., 2009). En México, las especies de peces exóticos son uno de los problemas menos controlados, además de una mínima preocupación por las consecuencias negativas que provoca la introducción en cuerpos de agua al representar una contaminación biológica y alteraciones fisicoquímicas de los ecosistemas (Carbajal-Becerra, et al., 2020). Los poecílidos exóticos pueden modificar la función ecológica de los sistemas de agua dulce y pueden ser vectores de parásitos y enfermedades exóticas (Carbajal-Becerra, et al., 2020). En este sentido, una especie invasora ampliamente distribuida y adaptada en los ecosistemas de agua dulce del centro de México perteneciente a los poecílidos es Pseudoxiphophorus bimaculatus (Heckel, 1848), que puede causar múltiples efectos sobre la biota nativa y el funcionamiento del ecosistema, incluyendo depredación, competencia, bioturbación y propagación de patógenos (Azevedo-Santos et al., 2016).

ANTECEDENTES. Gómez-Márquez et al. (1999) en el estado de Morelos determinaron la proporción sexual de 1.7:1 (hembras:machos X2; $p < 0.05$) a favor de las hembras, concluyó que por su actividad ovovivípara posiblemente lleven a cabo múltiples desoves durante el ciclo reproductivo (de marzo a mayo y de julio a octubre), respecto a la reproducción, la cantidad de embriones en las gónadas fue entre 5 a 78, con promedio de 23, y la fertilidad se asoció mayormente de manera positiva con la longitud patrón asintótica, para los machos fue de 64 mm y para las hembras de 81 mm, con mayor evidencia de crecimiento en estas últimas.
Ramírez-García A. (2017), muestrearon un total de 1374 ejemplares de P. bimaculatus en el Río Teuchitlán, Jalisco. La fertilidad máxima fue de 15,99 ± 2,27 óvulos embrionados y embriones, las hembras son más predominantes y finalmente se encontraron hembras y machos maduros de P. bimaculatus en sitios degradados y juveniles en los manantiales.
Mar-Silva, et al. (2021), en el Río Teuchitlán Jalisco, nos dice que P. bimaculatus consume principalmente insectos terrestres, pero con tendencia a la herbivoría en algunos sitios, presentó un comportamiento trófico generalista en la estación húmeda y especialista en la estación seca, ocupando diferentes niveles tróficos y mostrando amplitud de nicho trófico variable, el alto consumo (%RII > 50) de insectos terrestres podría indicar que este poecílido puede transportar energía alóctona al río; además, el alto potencial invasivo de la especie es un grave riesgo para los ecosistemas de agua dulce del centro de México.

OBJETIVOS. Evaluar el ciclo reproductivo, talla de madurez, la fertilidad, la proporción de sexos y los estadios gonádicos de la especie Pseudoxiphophorus bimaculatus en el Parque Nacional Lago de Camécuaro. Analizar la dieta, la posición trófica y el índice de omnívoria de la especie P. bimaculatus en el Parque Nacional Lago de Camécuaro e identificar el tipo de alimentación para evaluar la competencia que mantiene la especie P. bimaculatus sobre las especies nativas.

MATERIALES Y MÉTODOS. El Parque Nacional Lago de Camécuaro se localiza en el municipio de Tangancícuaro, al noroeste del Estado de Michoacán, con 19° 53´10” latitud norte, 102° 12´20” longitud oeste y una altitud de 1,700 metros sobre el nivel del mar. Los muestreos se realizaron mensualmente de enero a septiembre 2024, en los manantiales que rodean el Lago de Camécuaro (Fig.1)

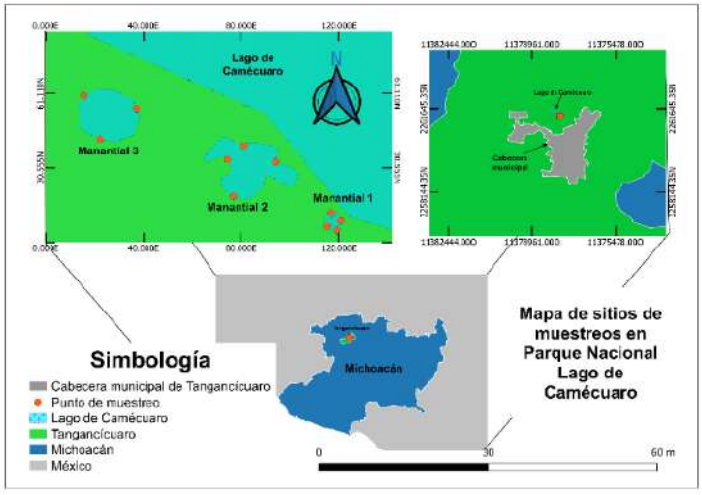


Figura 1: *Ubicación del Lago de Camécuaro y los sitios de muestreo M1, M2 y M3*

Los peces fueron capturados con trampas tipo nasa (Gee-minnow-traps G40) que se colocaron en diferentes puntos distribuidos alrededor de los manantiales establecidos, otro arte de pesca que se utilizó es una red de tipo chinchorro de 5m de largo, 1.5 de ancho y abertura de malla de 0.5 cm, en las zonas del río, una vez que son capturados todos los peces fueron sacrificados con una sobredosis de benzocaína (15 ml de benzocaína por litro de agua) siguiendo los protocolos establecidos por Vargas-Vargas (2017) para posteriormente ser identificados con claves taxonómicas (Miller, 2009). Posteriormente se tomaron para evaluar los aspectos reproductivos y tróficos en el laboratorio, el número de organismos tomados para estos análisis dependió de una curva de acumulación de presas que indica el número necesario para dichos análisis (Ferry, 1996). En cada punto de muestreo se evaluaron las variables fisicoquímicas del agua (temperatura, pH, conductividad, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto) con una sonda multiparamétrica (HANNA, modelo HI 98280 GPS).

A los organismos seleccionados se les realizó la siguiente biometría: longitud patrón (LP= longitud desde la punta del hocico hasta el final del péndulo caudal) con un vernier (marca TRUPER®), el peso total de los organismos, el peso de la gónada y del intestino en húmedo para hembras y machos, las cuales se determinaron con una balanza electrónica (marca VELAB™ modelo VE-300) con una precisión de tres decimales.

La dieta y los aspectos reproductivos se evaluaron a través de los siguientes análisis estadísticos: El Índice Gonadosomático, (IGS), es un indicador de la época reproductiva del organismo. Fertilidad: Para evaluar la fertilidad de las especies, se inspeccionaron las hembras de cada muestreo y aquellas que estaban grávidas se les contaron los embriones, determinando la fertilidad mediante el modelo de Schoenherr (1977). La proporción de sexos se obtuvo contabilizando el total de hembras y machos de cada mes y se determinó con una prueba de x2, con alfa de 0.05 y un grados de libertad, según los criterios establecidos por Sparre y Venema (1997).

Para la descripción de la dieta y la estructura trófica se utilizó el análisis del contenido estomacal de todos los organismos diseccionados, en dónde por medio de gradillas graduadas y al microscopio con cámara tipo AmScope®, se identificó la materia vegetal, organismos o restos de ellos presentes en el contenido para posteriormente analizar y describir en que se basa su tipo de alimentación.

RESULTADOS. Se colectaron un total de 559 ejemplares, de los cuales, la proporción sexual mostró 106 organismos machos y 453 hembras, siendo mayor la relación de hembras en el mes de enero. El índice gonadosomático indica que la especie presenta varios periodos reproductivos a lo largo del año. Para la longitud patrón, los resultados mostraron que *P. bimaculatus* presenta longitudes mínimas de 26.81 mm y máxima de 79.69 mm.

En aspectos reproductivos, se observa en el caso de las hembras de esta especie exótica, que la fertilidad varía, que oscilan entre 4 hasta 106 embriones por hembra.

Respecto a aspectos tróficos la alimentación generalmente está basada en restos de insectos, en su mayoría terrestres (Fig. 2), seguido de peces (Fig. 3), restos de crustáceos y material vegetal como algas (Fig 4), adicional a esto, se han encontrado microplásticos (Fig. 5) en el contenido estomacal de estos ejemplares.

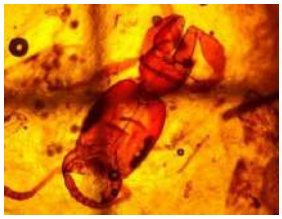


Figura 2: *Restos de insecto terrestre, en este caso de un himenóptero*



Figura 3. *Vértebra de pez*

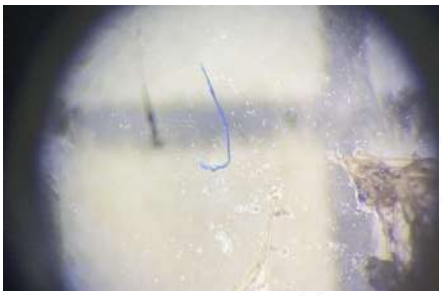


Figura 4. *Restos vegetales, se identifica por su pared celular*



Figura 5. *Microplástico encontrado en el contenido estomacal.*

CONCLUSIONES. Pseudoxiphophorus bimaculatus es una especie de pez exótico se encuentra muy bien establecido en los manantiales que rodean el lago, coexistiendo con diferentes especies nativas más pequeñas, así como otras exóticas de mayor tamaño, existiendo organismos desde juveniles hasta los adultos distribuidos de manera homogénea en los diferentes sitios de muestreo, y esto gracias a que las condiciones de los manantiales han favorecido su reproducción, así como su alimentación de este pez exótico.

REFERENCIAS.

1. Azevedo-Santos VM, García-Ayala JR, Fearnside PM, Esteves FA, Pelicice FM, Laurance WF, Benine RC. Amazon aquatic biodiversity imperiled by oil spills. Biodivers Conserv. 2016; 25:2831 34. https://doi.org/10.1007/s10531-0161192-9
2. Carbajal-Becerra O, Olvera-Rodríguez K, de Souza GM, Durán-Rodríguez OY, Ramírez-García A, Ramírez-Herrejón JP. Trophic strategies of the invasive Twospot livebearer (Pseudoxiphophorus bimaculatus, Teleostei: Poeciliidae) in a gradient of environmental quality in central Mexico. Neotrop Ichthyol. 2020; 18(2):e190080. https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0080
3. Ferry, L. A. (1996). Sample size and data analysis: ¿Are we characterizing and comparing diet properly?. In International congress on the biology of fishes, San Francisco, California, 1996 (pp. 71-80).
4. Gómez-Márquez, J. L., Guzmán-Santiago, J. L., y Olvera-Soto, A. (1999). Reproducción y crecimiento de Heterandria bimaculata (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna" El Rodeo", Morelos, México. Revista de Biología Tropical, 47(3), 581-592.
5. Mar-Silva, V., Medina-Nava, M., Herrerías-Diego, Y., Ramírez-Herrejón, J. P., & Domínguez-Domínguez, O. (2021). Trophic biology of the twospot livebearer, Pseudoxiphophorus bimaculatus, an invasive fish in Teuchitlán River, central Mexico. Revista mexicana de biodiversidad, 92.
6. Miller R, R., Minckley, W. L y Mark Norris, N. (2009). Peces dulceacuícolas de México. Primera edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. D. F.
7. Ramírez-García A, Ramírez-Herrejón JP, Medina-Nava M, Hernández-Morales R, Domínguez Domínguez O. Reproductive biology o the invasive species Pseudoxiphophorus bimaculatus and Poecilia sphenops in the Teuchitlán River, México. J Appl Ichthyol. 2017;00:1–10. https://doi.org/10.1111/jai.1354
8. Sparre, P., y Venema, S. C. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales (No. 04; SH327. 5, S63.). Roma: Fao.
9. Vargas-Vargas, R. A. (2017). Pez cebra (Danio rerio) y anestesia. Un modelo animal alternativo para realizar investigación biomédica básica. Anestesia en México, 29, 86-96.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124139

ASPECTOS ALIMENTARIOS Y REPRODUCTIVOS DE UN PEZ EXÓTICO DEL LAGO DE CAMÉCUARO

Alan Madrigal Velazquez, Omar Domínguez Domínguez, Xavier Madrigal Guridi, Michael Kock, Carlos Ortega García, Arely Ramírez García

Palabras Clave: Xiphophorus hellerii, especies exóticas, Lago de Camécuaro, aspectos tróficos, reproducción, peces, biodiversidad.

RESUMEN. Las especies de peces exóticas introducidas por el humano a nivel mundial son la segunda pérdida de biodiversidad, en el estado de Michoacán, en el Lago de Camécuaro, se han registrado varias especies exóticas, entre ellas se encuentra Xiphophorus hellerii. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar aspectos tróficos y reproductivos de X. hellerii en el Lago de Camécuaro durante un ciclo anual. Se colectaron organismos de X. hellerii, con redes de mano y trampas tipo nasa en las zonas de manantiales, los peces fueron fijados en formol y transportados al laboratorio, donde se diseccionan para estudiar el contenido estomacal bajo el microscopio, y evaluación de sus gónadas. Del total de peces capturados se obtuvo una talla máxima de 113 mm y la talla mínima de 30 mm, la fertilidad mínima registrada fue de 3 embriones y la máxima de 24 embriones, presenta varios picos reproductivos a lo largo del año, con una mayor proporción de hembras en la población de esta especie, este pez es considerado omnívoro, se alimenta principalmente de materia orgánica no identificada (MONI), restos vegetales, y diatomeas, lo que suele ingerir en menor cantidad son algunos restos de insectos, restos de peces pequeños y en algunos casos microplásticos. Se concluye que esta especie exótica, se encuentra totalmente establecida en el Lago de Camécuaro, ya que se encontraron organismos desde juveniles hasta adultos, además las condiciones del sistema son aptas para que presenten alta fertilidad y varios desoves al año, asi como fácil acceso a su alimentación.

INTRODUCCIÓN. La introducción de especies exóticas en cuerpos de agua a nivel mundial se ha identificado como la segunda mayor causa de pérdida de biodiversidad, afectando gravemente a los ecosistemas acuáticos nativos (Mendoza et al., 2018). En el estado de Michoacán, México, el Lago de Camécuaro ha sido invadido por varias especies exóticas, incluyendo a Xiphophorus hellerii, una especie de pez introducida por el ser humano (García y Ramírez, 2020). La presencia de especies invasoras puede alterar significativamente las dinámicas ecológicas locales, afectando a las especies nativas y a los procesos tróficos en estos sistemas (Rivas et al., 2019). Por lo tanto, es de vital importancia enfocar esfuerzo en estudiar especies exóticas, como el pequeño pez de la familia Poeciliidae X. hellerii que se encuentra en el Lago de Camécuaro, el cual no se tiene información de su reproducción ni alimentación, las cuales son necesarias para poder aplicar protocolos de control y/o erradicación de la especie.

ANTECEDENTES. Ramírez-García et al. (2018) analizaron la biología reproductiva de las especies de peces invasoras Pseudoxiphophorus bimaculatus y Poecilia sphenops en el río Teuchitlán, Jalisco, México, para entender su relación con el proceso de invasión. Se

evaluaron variables reproductivas como fertilidad, tamaño al alcanzar la madurez, proporción de sexos, etapa de madurez gonadal, índice gonadosomático, factor de condición, estructura de tamaño y hábitat, relacionándolas con las características ambientales. Se capturaron 1374 especímenes de P. bimaculatus y 571 de P. sphenops. La fertilidad máxima fue de 15.99 ± 2.27 huevos en P. bimaculatus y 31.26 ± 4.17 en P. sphenops. Las hembras predominaron en P. bimaculatus, mientras que en P. sphenops la proporción de sexos fue cercana a 1:1. P. bimaculatus mostró individuos maduros en sitios degradados y juveniles en manantiales, mientras que P. sphenops se reprodujo a lo largo del río. Ambas especies invasoras comparten hábitats reproductivos con especies nativas y tienden a expandirse colonizando nuevas áreas.

Carbajal-Becerra et al. (2020) describieron la estrategia trófica de Pseudoxiphophorus bimaculatus, una especie invasora ampliamente distribuida en ecosistemas de agua dulce en el centro de México, en un gradiente de calidad ambiental. Se muestrearon individuos en ocho sitios de las cuencas de los ríos Lerma-Chapala y Pánuco durante la temporada seca, áreas impactadas por la industrialización y urbanización, pero consideradas reservas de agua en México. Se evaluó la calidad ambiental mediante el Visual-based Habitat Assessment, el Índice de Integridad Biológica y el Índice Biótico a nivel de familia. Se analizó el gremio trófico, la amplitud de la dieta, el nivel de omnivoría y la selectividad alimentaria. Capturaron 202 individuos de P. bimaculatus (10 a 67 mm) y se encontraron 24 ítems alimentarios, como insectos terrestres y acuáticos, y peces óseos. P. bimaculatus actúa como consumidor secundario o especialista dependiendo de la condición del hábitat. La especie modifica su dieta según las alteraciones en la estructura del hábitat, la calidad del agua y la integridad biótica, lo que le permite resistir cambios en la red trófica y la disponibilidad de alimentos.

OBJETIVO. Evaluar aspectos tróficos y reproductivos de Xiphophorus hellerii en el Lago de Camécuaro.

MATERIALES Y MÉTODOS. El Parque Nacional Lago de Camécuaro, Michoacán, las coordenadas geográficas de la zona son 19°52'59" latitud norte y 101°14'54" longitud oeste, con una altura de 1750 msnm.

Los muestreos se realizaron desde diciembre de 2023 hasta septiembre del 2024 con salidas mensuales al lago de Camécuaro. Se usaron 10 nasas cilíndricas de aluminio con cebo de harina de maíz, distribuidas en la periferia de cada manantial y dejadas por 60 minutos. Los peces capturados, identificados como *Xiphophorus hellerii* (Figura 1).



Fig. 1.- *Macho y hembra de X. hellerii*

Se obtuvieron variables fisicoquímicas del agua como pH, salinidad, temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) utilizando un equipo multiparamétrico Hanna, modelo HI 98280 GPS. Se utilizaron diferentes artes de pesca, que van desde trampas nasa, redes de mano con apertura de 9 mm y redes de arrastre con apertura de 5 mm; posteriormente se fijaron los organismos obtenidos en formol al 5% y finalmente en alcohol al 70%. Al trabajar las muestras en el laboratorio se realizaron mediciones de longitud y peso según Leagler (1977), utilizando una báscula analítica y un vernier digital. Así mismo se pesaron las gónadas y se determinó el estadio en el que estas se encontraban, además se contaron los embriones y ovocitos presentes en las hembras. Se evaluó el ciclo reproductivo, la proporción de sexos, la estructura de tallas y la dieta de la especie.

RESULTADOS. Del total de peces capturados se obtuvo una talla máxima de 113 mm y la talla mínima de 30 mm, la fertilidad mínima registrada fue de 3 embriones y la máxima de 24 embriones, presenta varios picos reproductivos a lo largo del año, con una mayor proporción de hembras en la población de esta especie, este pez es considerado omnívoro, se alimenta principalmente de restos de insectos (figura 2), restos de pez (figura 3), ostrácodos (figura 4), restos vegetales (figura 5), y diatomeas (figura 6), lo que suele ingerir en menor cantidad son algunos restos de insectos, restos de peces pequeños y en algunos casos microplásticos (figura 7).

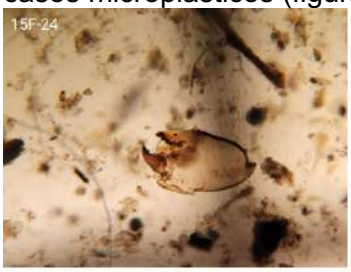


Fig. 2 Restos de insecto de una muestra de contenido estomacal.

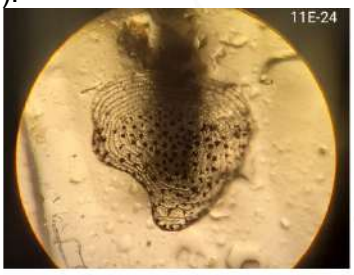


Fig. 3 Escama de los restos de peces de una muestra de contenido estomacal.

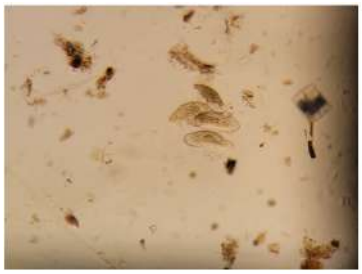


Fig. 4 Ostrácodos de una muestra de contenido estomacal.



Fig. 5 Restos vegetales de una muestra de contenido estomacal.



Fig. 6 Diatomea de una muestra de contenido estomacal.



Fig. 7 Restos de microplástico de una muestra de contenido estomacal.

CONCLUSIONES. Se concluye que esta especie exótica, se encuentra totalmente establecida en el Lago de Camécuaro, ya que se encontraron organismos desde juveniles hasta adultos, además las condiciones del sistema son aptas para que presenten alta fertilidad y varios desoves al año, así como fácil acceso a su alimentación.

REFERENCIAS.

1. Carbajal-Becerra et al. (2020) Trophic strategies of the invasive Twospot livebearer (Pseudoxiphophorus bimaculatus, Teleostei: Poeciliidae) in a gradient of environmental quality in central Mexico. Article in Neotropical Ichthyology. vol. 18, no. 2. https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0080
2. García, M., & Ramírez, P. (2020). Especies exóticas en cuerpos de agua de Michoacán. Revista Mexicana de Biodiversidad, 91(4), 123-135.
3. Lagler, K.F. 1977. Freshwater fishery biology. Brown, Iowa, EEUU. 421 p.
4. Mendoza, L., Pérez, J., & Torres, F. (2018). Impacto de especies invasoras en la biodiversidad acuática. Ecología Aplicada, 19(2), 58-72.
5. Ramírez-García et al. (2018) Reproductive biology of the invasive species
6. Pseudoxiphophorus bimaculatus and Poecilia sphenops in the
7. Teuchitlán River, México. J Appl Ichthyol. 2017;1–10.
8. Rivas, C., Domínguez, J., & Ávila, R. (2019). Efectos de las especies exóticas en ecosistemas acuáticos de México. Hidrobiología Mexicana, 28(1), 44-59.
9. Schoenherr, A. A. (1997). Density dependent and density independent regulation of reproduction in the Gila Topminnow, Poeciliopsis occidentalis (Baird and Girard). Ecology, 58, 438–444. https://doi.org/10.2307/1935619
10. Sánchez, V., López, D., & Morales, G. (2022). Evaluación reproductiva y trófica de Xiphophorus hellerii en el Lago de Camécuaro. Journal of Freshwater Ecology, 37(3), 102-115.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124140

EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UNA BUZA SUMERGIDA BIFURCADA PARA MOLDE DE COLADA CONTINUA DE PLANCHÓN DELGADO MEDIANTE SIMULACIÓN MATEMÁTICA

Diana Laura Rodríguez Servín[1], Enrique Torres Alonso[2], Constantin Alberto Hernández Bocanegra[3], José Ángel Ramos Bandera[4], Gildardo Solorio Díaz[5]

1 Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; m115121581@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; enrique.ta@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México Campus Morelia; constantin.hb@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México Campus Morelia; jose.rb@morelia.tecnm.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; gdiaz@umich.mx

Palabras Clave: Buza, planchón delgado, cola continua

RESUMEN. El proceso de colada continua de acero para planchón delgado surge con el objetivo de reducir costos durante el posterior procesamiento de laminación, con el objetivo de aumentar la producción e incrementar la calidad del acero semi terminado. La fabricación de este subproducto tiene más retos que enfrentar en comparación con el método convencional, comenzando por la alta tasa de flujo de acero líquido depositado en un molde de menor volumen; este factor produce inconvenientes durante el desarrollo de la fluidodinámica que la buza provee al interior del molde. En consecuencia, un desbalance de la energía cinética turbulenta que puede ocasionar fluctuaciones en la interfase acero – escoria – aire, provocando apertura de la capa de escoria, atrapamiento de inclusiones no metálicas y de burbujas, por ello es necesario estudiar el efecto de la geometría de los puertos de salida de la buza sobre la fluidodinámica dentro del molde considerando en conjunto el balance de masa, fenómenos de capa límite y vena contracta; y así mejorar las condiciones del proceso, la metodología de este trabajo es desarrollada por simulación matemática.

INTRODUCCIÓN. En la industria del acero, la colada continua de acero fundido en forma de planchón fue comercializada alrededor del año 1960 como una alternativa al proceso de producción de lingoteras el cual es más costoso y más laborioso; actualmente alrededor del 90% de acero fabricado en el mundo es producido mediante colada continua. El proceso de colada industrial de planchones delgados y laminado directo, comenzó en 1989 con la primera planta del mundo en Crawfordsville (EE. UU.). Al igual que en el proceso convencional para planchón, el acero líquido se introduce desde una olla a través de un distribuidor, hacia una buza de alimentación sumergida y por último a un molde donde tiene lugar la solidificación completa a través del espesor. El planchón delgado se lamina en caliente directamente después de una homogeneización de temperatura en un horno de túnel. Este proceso ofrece un ahorro de energía de más del 40% en comparación con el proceso convencional. Alrededor de 49 plantas se encuentran en funcionamiento con este proceso con una capacidad de anual de producción de 90 millones de toneladas métricas.

ANTECEDENTES. A continuación, se presenta una breve descripción acerca del trabajo en el cual esta basado este proyecto de investigación. En el año 2007 E. Torres-Alonso y colaboradores estudiaron las oscilaciones sostenibles de los chorros de descarga de una buza de dos puertos para colada continua de planchón delgado tipo embudo usando técnicas experimentales de modelado a escala real en agua y simulación matemática usando modelo de esfuerzos de Reynolds (RSM) y método de volumen fluido (VOF). Ellos determinan un periodo de distorsión dinámica el cual surge después de un tiempo de oscilaciones sostenibles en el fluido, esta distorsión acentúa las oscilaciones de los chorros de descarga generando grandes tensiones con el flujo circundante. Por lo tanto, genera altas tasas de disipación de energía cinética a través de los chorros, dando lugar a remolinos grandes y pequeños que transportan energía a la superficie del baño metálico y refinan la estructura de flujo ubicada debajo de la punta de la buza. Como resultado final, se producen flujos no simétricos con alta inestabilidad de menisco independientemente de la velocidad de colada y el tamaño del molde.

OBJETIVO. Disminuir o eliminar las distorsiones dinámicas provocadas por las oscilaciones de los chorros de la buza dentro del molde de planchón delgado tipo embudo, mediante el rediseño de una buza de alimentación de dos puertos, para aumentar la producción y calidad del acero colado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Rediseñar los puertos de la buza considerando un balance de masa, fenómeno de vena contracta y capa límite. Obtener la simulación matemática mediante el software ANSYS-FLUENT® para resolver las ecuaciones fundamentales en los nodos de la malla del volumen de control. Generar un patrón de flujo simétrico de cuatro recirculaciones. Disminuir la amplitud de las oscilaciones en las interfases acero-escoria-aire.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Generación de la geometría virtual. El diseño de la geometría de la buza está basado en la ecuación general de los orificios y mediante los coeficientes de gasto, contracción y velocidad se determina el diámetro ideal del orificio según sea el número de Reynolds del fluido, en la fig. 1 se describen dichos coeficientes para un número de Reynolds de $4.63x4$.

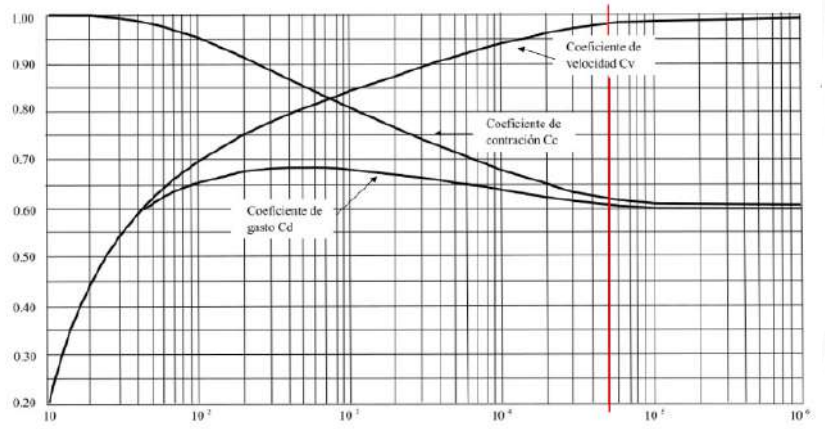


Figura 1. *Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto con el número de Reynolds en un orificio circular (Sotelo)*

Con la ecuación 1 se obtiene el diámetro ideal para un orificio que tiene los siguientes coeficientes $CC=0.65$, $Cd=0.61$, $Cv=0.97$.

$$D = \sqrt{\frac{1}{C_c}} * D_c \qquad \text{Ec.1}$$

A partir de esta consideración se analiza la geometría testigo y la propuesta, en la tabla 1 se compara la diferencia que hay entre el diámetro óptimo y real de las buzas. Además, se consideran teorías de capa límite y efecto Coanda para obtener una geometría más aerodinámica.

	D óptimo	D buza original	D buza caso I
	0.03039 m	0.05585 m	0.052760 m
D ideal vs real		85%	75%

Tabla 1 *Relación del diámetro óptimo y real de la geometría de la buza original y la propuesta.*

Generación de la malla computacional. Para ambos casos se tiene una malla no estructurada con elementos tetraédricos, las características para las propuestas fueron elaboradas con captura de proximidad y de curvatura, además que se generaron tamaños de elementos para el cuerpo de la buza y del molde de 7 mm y 12mm respectivamente. En la tabla 2 se describe las características del mallado para cada caso.

	Testigo	Propuesta I
Nº de elementos	1,000,000	1,095,189
Calidad ortogonal (min /max)		0.24 / 0.99
Calidad skewness (min / max)		5e-10 / 0.75

Tabla 2*. Características del mallado.*

Condición frontera. Para el análisis de estudio se considera un sistema isotérmico, dependiente del tiempo, un fluido Newtoniano incomprensible y la fuerza de gravedad actúa en el eje Y negativo. La profundidad de la buza es de 360mm, a una velocidad de colada de 7m/min en la fig.3 se describen los parámetros de operación del sistema y en la tabla 3 se detallan las propiedades de los fluidos.

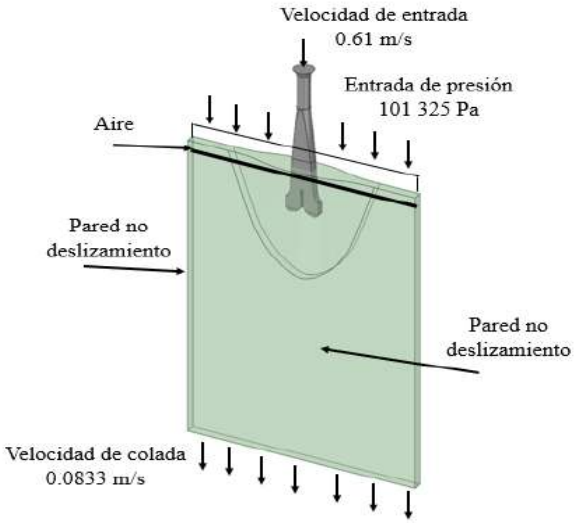


Figura 1. Condiciones fronteras del dominio.

Modelos de turbulencia. Dada la complejidad del modelo se considera que el flujo tiene un desarrollo complejo, el modelo RSM se emplea cuando las características de flujo de interés son el resultado de la anisotropía en las tensiones de Reynolds además que este abandona la hipótesis de remolino isotrópicas; lo cual nos acerca a tener resultados precisos de acuerdo a la fluidodinámica del proceso. Con el objetivo de reducir costo computacional se emplea el modelo de dos ecuaciones k-$\sum$ para estabilizar el flujo, previo a la implementación del modelo RSM, además que se combina con el modelo multifásico VOF para obtener una descripción de la interacción de ambas fases.

RESULTADOS. En el proceso de colada continua de planchón delgado se busca una estabilidad en la interfase acero – escoria, evitar retro flujo al interior de la buza y eliminar vorticidades en la superficie libre, este trabajo surge a partir del antecedente, donde se describe un periodo de distorsión dinámica provocado por la incapacidad del molde de disipar energía por medios viscosos y como consecuencia una alta diferencia de la cantidad de movimiento que provoca dicha oscilación en los chorros. Para el caso original se retomó la geometría y condiciones del trabajo previo con una velocidad de colada de 7m/min y una profundidad de la buza de 240 mm los resultados de velocidad se presentan en la fig.3a la imagen es tomada en el segundo 690 donde el periodo de distorsión dinámica comienza a surgir, ambas recirculaciones superiores se mantienen estables mientras que las inferiores comienzan a deformarse y pierden su simetría, este producto genera que haya una alta velocidad en la superficie libre la cual llega a 0.32 m/s. En el caso 1 se mantiene una velocidad de colada de 7m/min y una profundidad de 360mm en la fig. 3b se muestra un contorno de velocidad esta imagen es capturada en el segundo 690 donde se presenta una oscilación del chorro izquierdo generando que las recirculaciones no sean simétricas en el eje X, además que se pierde la simetría de los patrones inferiores, a pesar del desbalance del fluido la velocidad en la superficie libre no supera la velocidad de 0.1 m/s para este segundo, lo cual es de importancia para llegar a los objetivos planteados anteriormente.

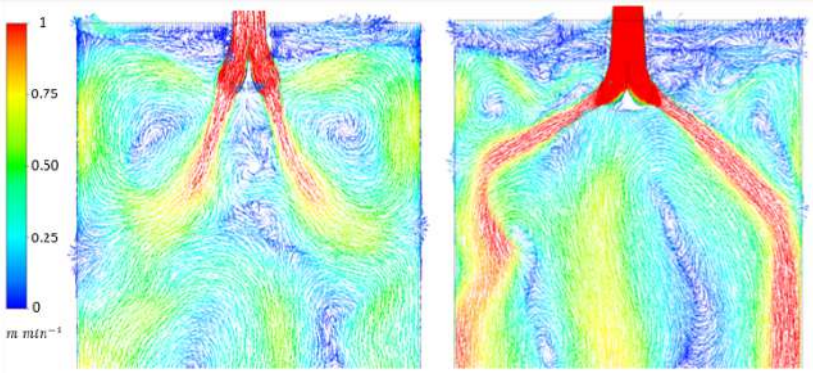


Figura 3. *Campo de velocidad obtenidos de la simulación matemática en un plano simétrico paralelo al a cara ancha del molde a) Caso original a 7m/min 690s, b) Caso 1 a 7m/min 690s.*

En la fig.3 se observa que hay una alta velocidad en la pared del caso 1 en comparación con el caso original, esto se debe a que el fluido que pasa por los puertos ocupa una mayor área de la salida de la buza, esto se puede comprobar con la fig.4 en la cual se evalúa la velocidad a lo largo del molde cerca de pared estrecha, paralela al eje Y central en la fig.4a se describe el caso original el cual el punto máximo oscila alrededor de 0.75m/s mientras que para el caso 1 la velocidad apenas supera la velocidad de 0.70 m/s

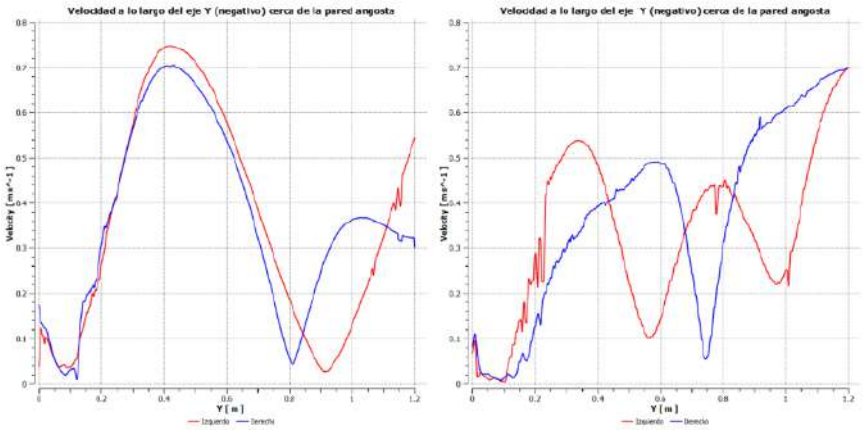


Figura 4. *Velocidad a lo largo del molde cerca de la pared estrecha, a) Caso original a 690s b) Caso 1 a 690s*

CONCLUSIONES. El rediseño de la buza respecto a la testigo reduce significativamente el efecto de la distorsión dinámica y los efectos que este fenómeno conlleva. Con el caso 1 la velocidad de la superficie libre se reduce en gran medida, propiciando mejores condiciones para el proceso de manufactura. El área ocupada por el fluido a la salida de la buza es mayor en el caso 1 en comparación con la testigo, esto reduce el retro flujo hacia dentro del cuerpo evitando que las partículas no metálicas se adhieran en los límites de los puertos y que estos se obstruyan totalmente.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124142

MECANOSÍNTESIS DE SÓLIDOS NANOESTRUCTURADOS Cu2(OH)3Cl y CuO/GRAFITO CON APLICACIONES EN REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN MEDIO ACUOSO

Gerardo Antonio González Martínez, Gerardo Antonio Rosas Trejo

Palabras Clave: Mecanosíntesis, nanomateriales, contaminantes.

RESUMEN. Este trabajo se centra en la síntesis y caracterización de partículas de Cu2(OH)3Cl obtenidas mediante molienda de bolas, con variaciones en la morfología dependiendo de los ciclos de centrifugación y las condiciones de secado. Las estructuras cristalinas de Cu2(OH)3Cl, predominantemente paratacamita y atacamita, fueron acompañadas por Cu2O en algunos experimentos. También se evaluó la influencia de la polivinilpirrolidona (PVP) como agente estabilizador, revelando que su ausencia condujo a la formación de partículas más agregadas y planas. Los materiales fueron evaluados por su capacidad para eliminar colorantes aniónicos, como el carmín índigo y el violeta cristal, mostrando resultados prometedores para la eliminación de contaminantes aniónicos. Los hallazgos indican que los materiales sintetizados podrían ser adecuados para aplicaciones de remediación ambiental.

INTRODUCCIÓN. La mayoría de los clorohidróxidos de cobre tienen la fórmula $Cu_2(OH)_3Cl$, los cuales pueden cristalizar principalmente en tres formas: botallackita, atacamita y paratacamita (Pollard et al., 1989). Estos compuestos tienen relevancia tanto por su estructura cristalina como por sus propiedades y estabilidad en diferentes condiciones. En este trabajo, se analizarán las características estructurales de estos compuestos y se discutirán los métodos de síntesis empleados para su obtención, así como la aplicación de técnicas de molienda mecánica para la fabricación de nanopartículas de óxidos metálicos. Adicionalmente, ser explora el uso de esta técnica para la obtención de compuestos híbridos de CuO sobre grafito.

ANTECEDENTES. La atacamita (α-$Cu_2(OH)_3Cl$) es un mineral con estructura cristalina perteneciente al sistema ortorrómbico, cuyo grupo espacial más común es el Pnma (Pollard et al., 1989). Los parámetros de celda pueden variar ligeramente dependiendo de las condiciones de formación del mineral. Esta especie cristalina suele encontrarse en forma de cristales prismáticos o agregados fibrosos, frecuentemente en yacimientos de cobre oxidados. Por otro lado, la paratacamita (γ-$Cu_2(OH)_3Cl$) se presenta comúnmente como un polvo verde en las superficies de corrosión y tiene una estructura en capas que permite la penetración de Cl^- y H_2O en su red. Ambas especies fueron descubiertas en el desierto de Atacama, Chile, en el siglo XIX. Los métodos de síntesis de clorohidróxidos de cobre han sido reportados desde los años 70, cuando Lewis describió la obtención de botallackita, atacamita, paratacamita y CuOHCl por métodos solvotermales y de agitación (Sharkey & Lewis, 1971). Adicionalmente, Secco y col. evaluaron la estabilidad térmica de estos compuestos a través de técnicas calorimétricas (Ramamurthy & Secco, 1969) y Williams y

col. estudiaron cómo los tiempos y temperaturas de reacción afectan la formación de estas estructuras (Frost et al., 2002). La molienda mecánica, particularmente mediante el uso de molinos de bolas, ha surgido como una técnica versátil para la producción de nanopartículas, no solo para clorohidróxidos de cobre, sino también para otros óxidos metálicos (Lyu et al., 2017). Este método permite la formación de nanoestructuras mediante la deformación plástica y ha sido utilizado para la síntesis de nanopartículas de diversos materiales, incluyendo CuO y Fe_3O_4, que son de interés por sus aplicaciones en catálisis y adsorción de contaminantes. Por otro lado, la formación de compósitos de CuO sobre grafito ha despertado un gran interés debido a la combinación de las propiedades únicas de ambos materiales, como la conductividad eléctrica del grafito y las propiedades catalíticas del CuO. Estos compósitos pueden sintetizarse mediante diversos métodos, como la deposición química en fase vapor, la síntesis solvotermal o técnicas de molienda de alta energía. En particular, la molienda mecánica ha sido ampliamente utilizada para la formación de compósitos de CuO/grafito, donde la mezcla intensiva de los materiales permite una dispersión uniforme del óxido de cobre sobre la superficie del grafito. Estos materiales son altamente atractivos para aplicaciones en almacenamiento de energía, sensores y catálisis, debido a su estabilidad química, capacidad para mejorar las reacciones redox y su alta área superficial, lo que maximiza las interacciones entre los componentes del compósito.

OBJETIVO. Sintetizar nanocompuesto de derivados de óxido de cobre utilizando la técnica de molienda de bolas. Realizar una caracterización química y estructural de los productos obtenidos. Evaluar la capacidad de adsorción y degradación de colorantes en medio acuoso, utilizando derivados de óxido de cobre.

MATERIALES Y MÉTODOS. El compuesto γ-Cu2(OH)3Cl/Cu2O se sintetizó utilizando CuCl2·2H2O, polivinilpirrolidona (PVP) y NaBH4 mediante reducción química seguida de molienda con bolas. La mezcla, después de agitar y reaccionar durante 5 minutos, se molió con bolas a 300 rpm durante 24 horas. Después de la molienda, el producto se separó y se lavó mediante centrifugación y se secó a 60 °C durante 8 horas. Se realizaron experimentos de adsorción de índigo carmín y 4-nitrofenol utilizando columnas de adsorción diseñadas a medida. Se colocaron varias cantidades del material compuesto en las columnas y las soluciones de colorante se filtraron a una velocidad controlada. La eficiencia se midió utilizando espectroscopia UV-Vis. La morfología y estructura del material sintetizado se analizaron mediante MEB, EDS, espectroscopía UV-Vis, DRX, TGA, FTIR y espectroscopía Raman, con mediciones que evaluaron la eficiencia de adsorción del colorante y las propiedades estructurales.

RESULTADOS. Las imágenes MEB (Figura 1) muestran partículas γ-$Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$ con una morfología similar a una flor formadas durante la molienda de bolas con $NaBH_4$. Un aumento bajo (Figura 1a-b) revela nanoestructuras de 200-700 nm de diámetro, principalmente alrededor de 500 nm, mientras que un aumento alto (Figura 1c-d) resalta nanobarras radiales que crecen a partir de núcleos esféricos, creando una cubierta similar a una corona. El análisis EDS (Figura 2a) confirma la presencia de Cu, O y Cl, y el mapeo elemental (Fig. 2b-e) muestra Cl concentrado en las barras. El mecanismo de formación está vinculado al efecto Kirkendall, donde el Cu se difunde más rápido que el Cl, causando vacantes y dando lugar a la estructura similar a una flor.

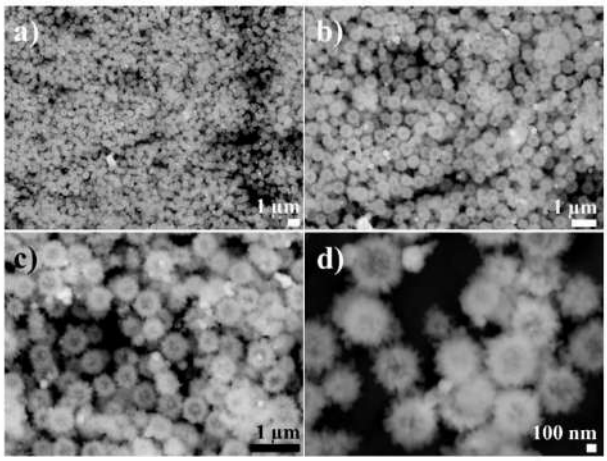


Fig. 1. *Micrografías MEB obtenidas de γ-$Cu_2(OH)_3Cl$/Cu2O a) 5000x b) 10000x c) 20000x y d) 40000x.*

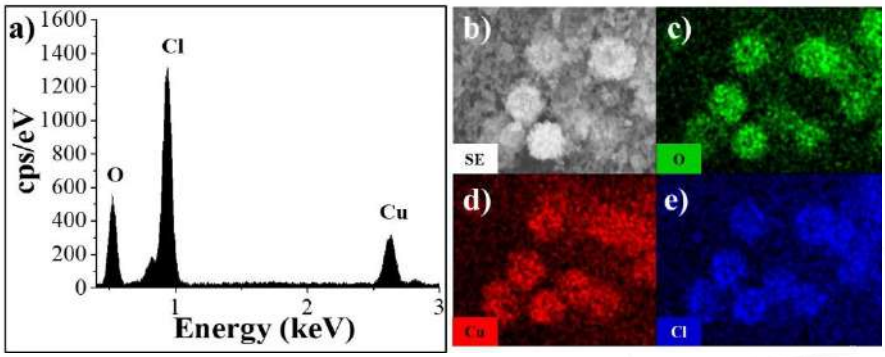


Fig. 2. *a) Análisis EDS y mapeo químico de los electrones secundarios γ-$Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$ a) c) oxígeno d) cobre e) cloro.*

Los patrones de difracción de rayos X (Figura 3a) de las nanoestructuras de $Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$ sintetizadas muestran reflexiones correspondientes a paratacamita [$Cu_2(OH)_3Cl$] y Cu_2O cúbico. Los picos confirman una mezcla de 81,86 % de γ-$Cu_2(OH)_3Cl$ y 18,14 % de Cu_2O. La fase de paratacamita exhibe picos de difracción de rayos X más amplios que Cu_2O, lo que indica tamaños de cristal más pequeños (34 nm para paratacamita, 43 nm para Cu_2O). Esto sugiere que Cu_2O se formó primero, seguido por el crecimiento de paratacamita, en consonancia con los resultados de MEB-EDS. La curva TGA (Figura 3b) de las partículas de $Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$ muestra tres zonas de descomposición. Dos zonas principales indican pérdidas de peso de 17,23% (200-350 °C) y 25,64% (350-700 °C), totalizando 42,87%. La primera zona está relacionada con la formación de CuO, mientras que la segunda se debe a subproductos volátiles de cloro y oxígeno. Estos hallazgos confirman la coexistencia de fases Cu2(OH)3Cl/Cu2O, en consonancia con estudios previos (Boita et al., 2014).

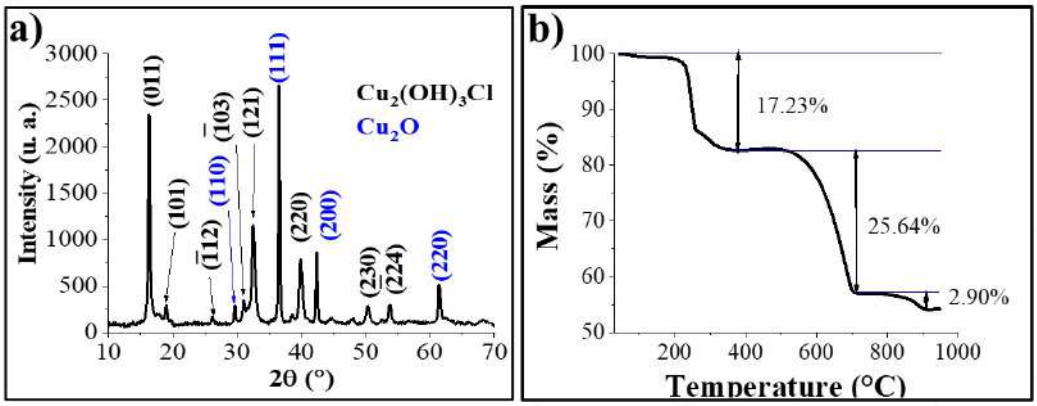


Fig. 3. *a) Patrón DRX y b) análisis TGA de γ-$Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$.*

La Figura 4a muestra la capacidad máxima de eliminación alcanzó el 92%, superando los resultados anteriores (Chowdhury et al., 2020). La Figura 4b propone una reacción de formación de complejos basada en el comportamiento químico del cobre (Sharma et al., 2020).

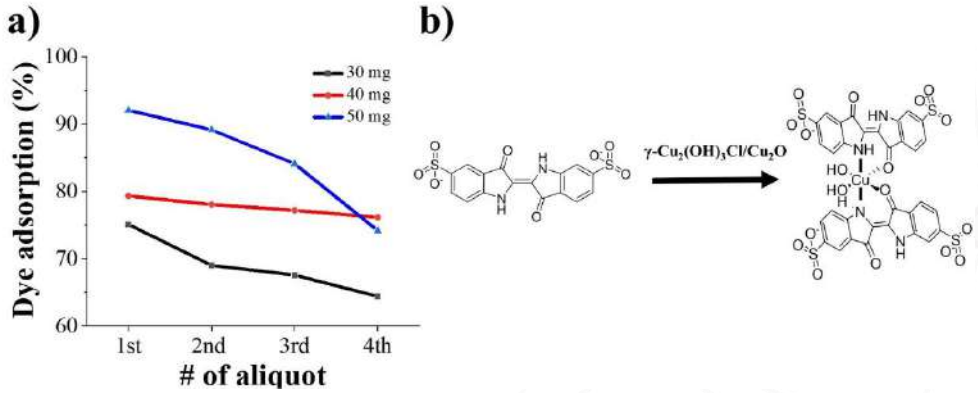


Fig. 4. *a) Resumen de experimentos de reducción con carmín de índigo en diferentes cantidades de γ-$Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$. b) Reacción de complejación propuesta de carmín de índigo con γ-$Cu_2(OH)_3Cl/Cu_2O$.*

CONCLUSIONES. Se sintetizaron nanoestructuras de γ-Cu2(OH)3Cl/Cu2O mediante síntesis hidrotermal, que se analizaron para determinar sus propiedades catalíticas en la adsorción de colorantes. Las imágenes MEB revelaron nanoestructuras semihuecas (200–700 nm), con nanorrodillos de paratacamita alrededor de un núcleo de Cu2O, formados mediante el efecto Kirkendall. El material adsorbió carmín de índigo (92%) mediante la formación de complejos de cobre, lo que demuestra su potencial para la eliminación de colorantes en agua.

REFERENCIAS.

1. Boita, J., Do Carmo Martins Alves, M., & Morais, J. (2014). A reaction cell for time-resolved in situ XAS studies during wet chemical synthesis: The Cu2(OH)3Cl case. Journal of Synchrotron Radiation, 21(1), 254–258. https://doi.org/10.1107/S1600577513028786
2. Chowdhury, M. F., Khandaker, S., Sarker, F., Islam, A., Rahman, M. T., & Awual, M. R. (2020). Current treatment technologies and mechanisms for removal of indigo carmine dyes from wastewater: A review. Journal of Molecular Liquids, 318, 114061. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114061

3. Frost, R. L., Martens, W., Theo Kloprogge, J., & Williams, P. A. (2002). Raman spectroscopy of the basic copper chloride minerals atacamite and paratacamite: Implications for the study of copper, brass and bronze objects of archaeological significance. Journal of Raman Spectroscopy, 33(10), 801–806. https://doi.org/10.1002/jrs.921
4. Lyu, H., Gao, B., He, F., Ding, C., Tang, J., & Crittenden, J. C. (2017). Ball-Milled Carbon Nanomaterials for Energy and Environmental Applications. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 5(11), 9568–9585. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02170
5. Pollard, A. M., Thomas, R. G., & Williams, P. A. (1989). Synthesis and stabilities of the basic copper(II) chlorides atacamite, paratacamite and botallackite. Mineralogical Magazine, 53(373), 557–565. https://doi.org/10.1180/minmag.1989.053.373.06
6. Ramamurthy, P., & Secco, E. A. (1969). Studies on metal hydroxy compounds. VII. Thermal analyses of copper derivatives. Canadian Journal of Chemistry, 47(12), 2185–2190. https://doi.org/10.1139/v69-355
7. Sharkey, J. B., & Lewis, A. S. Z. (1971). Thermochemical properties of the copper(II) hydroxychlorides. Thermochimica Acta, 3(3), 189–201. https://doi.org/10.1016/0040-6031(72)85029-9
8. Sharma, M., Ganeshpandian, M., Majumder, M., Tamilarasan, A., Sharma, M., Mukhopadhyay, R., Islam, N. S., & Palaniandavar, M. (2020). Octahedral copper(<scp>ii</scp>)-diimine complexes of triethylenetetramine: effect of stereochemical fluxionality and ligand hydrophobicity on Cu II /Cu I redox, DNA binding and cleavage, cytotoxicity and apoptosis-inducing ability. Dalton Transactions, 49(24), 8282–8297. https://doi.org/10.1039/D0DT00928H

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124144

PROCESAMIENTO Y CARCATERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS Mg-AZ91E REFORZADOS CON SiC OXIDADO: ANÁLISIS MICROESTRUTURAL

Juan A. Cedillo-Meza, V. Sayil Lopez-Alvarez1, J. Luis Cabezas-Villa1, Armando M. Garcia-Carrillo1, J. Lemus-Ruiz1.

Palabras Clave: Materiales compuestos, oxidación pasiva, Infiltración, aleación ligera.

RESUMEN. Este estudio presente tiene como fin la fabricación de un compuesto mediante la implementación de un cerámico avanzado como refuerzo, tal es el caso del carburo de silicio (SiC), y el uso de una aleación ligera de Mg-AZ91E como matriz metálica. Dada la nula mojabilidad entre ambos materiales, se aplicó un proceso de oxidación pasiva del SiC a 1200°C durante 2 horas, formando una capa de SiO2 que mejora la compatibilidad. Los preformados porosos de SiC se compactaron a 370 MPa y se infiltraron con AZ91E líquido a 850°C en atmosfera de argón alta pureza (99.9997%). La caracterización mediante Microscopia Electrónica de Barrido mostró una infiltración homogénea del compuesto fabricado. Los resultados destacan que la oxidación de SiC mejora la infiltración, permitiendo la producción de materiales compuestos mejorados para aplicaciones en las industrias aeroespacial y automotriz.

INTRODUCCIÓN. El creciente interés de la industria automotriz y aeroespacial por materiales de alto rendimiento y baja densidad ha impulsado el estudio de los compuestos de matriz metálica, en particular las aleaciones de magnesio (Mg-AZ91E) reforzadas con cerámicos como Si_3N_4, AlN, TiC y SiC debido a sus propiedades mecánicas excepcionales [1]. Las aleaciones de base Mg destacan por su baja densidad, alta resistencia específica, buena conductividad térmica, y resistencia a la corrosión [2]. La adición de refuerzos, como el carburo de silicio (SiC), mejora notablemente las propiedades mecánicas del material, con contenidos de refuerzo que pueden variar entre 10% y 50% en volumen [3, 4]. Sin embargo, la interacción del SiC con las aleaciones de magnesio es limitada debido a su nula mojabilidad, lo que dificulta su incorporación en estos sistemas [7]. No obstante, la oxidación pasiva del SiC mejora la infiltración espontánea de la aleación Mg-AZ91E, lo que favorece la cohesión entre la matriz y el refuerzo, mejorando las propiedades mecánicas del compuesto [5, 6, 8]. A pesar de los escasos estudios sobre SiC en matrices de magnesio, los resultados sugieren que la oxidación de este refuerzo puede optimizar la combinación en los materiales compuestos, particularmente a través de procesos de infiltración [9]. Este trabajo se enfoca en estudiar el efecto de la oxidación del SiC bajo atmósfera de aire a alta temperatura para mejorar la producción de materiales compuestos.

ANTECEDENTES. Las aleaciones de Mg y Al son conocidas como matrices adecuadas para la obtención de compuestos de matriz metálica, presentando características de resistencia y dureza superiores en comparación con diversas aleaciones convencionales. En particular, los compuestos de matriz metálica hibrida (HMMC) se destacan por su

resistencia, dureza y relación potencia-peso. La naturaleza de estos compuestos depende en gran medida de la cantidad y tipo de materiales de refuerzo utilizados, incluidos nitruros, óxidos, carburos y boruros [10]. En este contexto, el SiC se ha establecido como un refuerzo efectivo, combinando propiedades mecánicas sobresalientes con costos razonables, aunque su aplicación en aleaciones de Mg todavía es temprana debido a su baja afinidad. Investigaciones previas han abordado diferentes métodos para mejorar la mojabilidad de las partículas cerámicas en las matrices metálicas. Se han estudiado técnicas como la adición de carbono, el sobrecalentamiento de la masa fundida y la adición de elementos aleantes, pero estas presentan limitaciones. La introducción de una capa de SiO2 en la superficie de SiC mediate un proceso de oxidación pasiva se propone como una solución viable, ya que se ha demostrado que esta modificación reduce el ángulo de contacto, mejorando la interacción entre el SiC y la aleación líquida [11]. La literatura sugiere que la efectividad del refuerzo cerámico radica no solo en su resistencia mecánica, sino también en su capacidad de refinar la microestructura de las aleaciones de magnesio. A pesar de los desafíos relacionados con la compatibilidad, la formación de una fase de óxido sobre el SiC puede llevar una mejora significativa en el rendimiento mecánico del material compuesto resultante [10].

OBJETIVO. Elaborar un material compuesto de aleación Mg-AZ91E reforzado con carburo de silicio (SiC) oxidado, mejorando el proceso de infiltración aumentando la mojabilidad, mediante la aplicación de oxidación pasiva, y evaluar la efectividad de esta técnica en la formación de compuestos con propiedades mecánicas mejoradas y distribución homogénea de la aleación en la matriz.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los materiales utilizados fueron polvos cerámicos de venta comercial de SiC, de elevada pureza ≥99.9% (Sigma Aldrich Co. USA), con tamaños de partícula aproximados de 23μm. los cuales fueron oxidados en un horno horizontal, a una temperatura de 1200°C por un tiempo de 2h en atmosfera de aire, esto con la intención de promover la formación de una capa superficial de SiO2 alrededor de las partículas de SiC. Después del proceso de oxidación de las partículas de SiC, se fabricaron compactos porosos de forma cilíndrica de diámetro de 8 mm y un espesor de 4.5 mm, los cuales fueron fabricados en frio a una presión de 389 MPa, con la intensión de que poseen una porosidad de alrededor del 50%. La aleación de magnesio que se utilizó fue Mg-AZ91E (Mg-9%Al-0.5%Zn-0.3%Mn-0.2%Si) (Thomson Aluminum Casting Co. USA), la cual se usa como matriz en la fabricación del material compuesto, que se llevó a cabo mediante la infiltración espontanea, a una temperatura de 850°C por 15 minutos en una atmósfera controlada de Argón de alta pureza. La caracterización de los resultados se realizó mediante microscopia electrónica de barrido de alta resolución, utilizando el equipo JEOL FEGSEM-7600F.

RESULTADOS. El proceso de oxidación de las partículas de carburo de silicio a 1200°C durante 2 horas facilita la infiltración adecuada de la aleación de Mg-AZ91E, ya que se forma una capa de SiO2 alrededor de las partículas de SiC. Esta capa mejora la afinidad entre el magnesio y las partículas de SiC. En la Figura 1 se puede ver una comparación entre los polvos de SiC oxidados y no oxidados. En esta caracterización podemos observar cómo es que los polvos de SiC sin oxidar presentan una morfología irregular con una superficie aparentemente lisa, pero con aristas marcadas y bordes afilados, mientras que, en las partículas oxidadas, las orillas se muestran un poco más redondeadas esto debido a la capa de oxido con la cual fueron recubiertas.

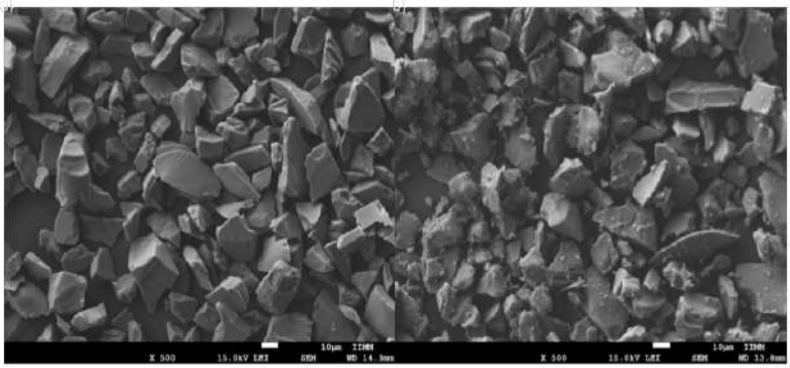


Fig. 1 *Imagen del material compuesto en el cual se observa la infiltración homogénea del material a) imagen a 500X y b) magnificación de una zona a 1500X*

Los resultados de la infiltración sin presión de la aleación Mg-AZ91E en las preformas porosas de SiC se observa mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). En donde no se detecta porosidad residual en el compuesto y se aprecia una distribución homogénea de las partículas de refuerzo y la matriz metálica. En la Figura 2 se presentan las imágenes de microscopía electrónica de barrido, donde se evidencia la homogeneidad en la distribución de las partículas y la ausencia de porosidades residuales en el material compuesto final.

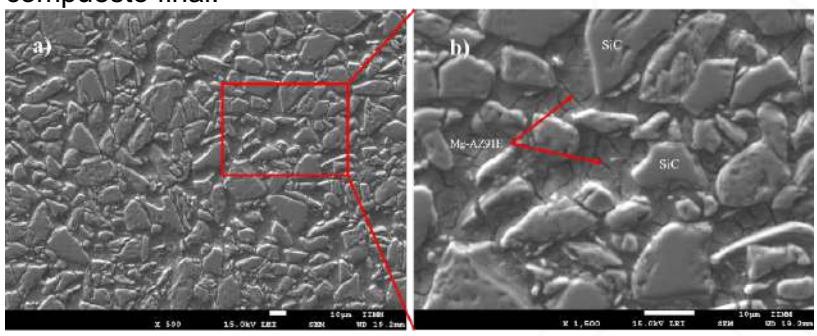
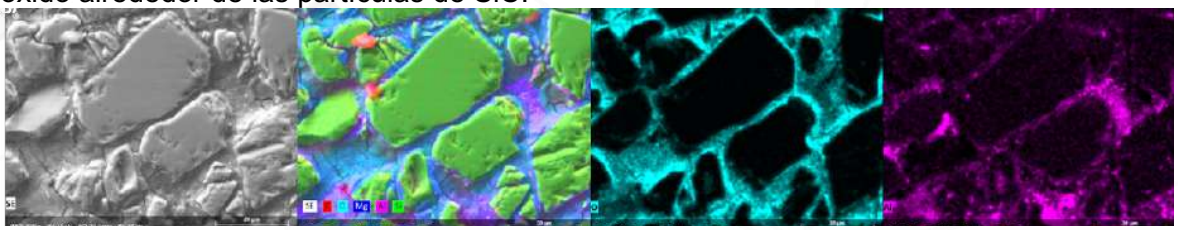


Fig. 2 *Imagen del material compuesto en el cual se observa la infiltración homogénea del material a) imagen a 500X y b) magnificación de una zona a 1500X*

Mediante el análisis de mapeo elemental, se logró observar el acomodo de la capa de óxido formada en los alrededores de las partículas de SiC, en donde se presume que tiene un espesor de aproximadamente 200 a 300 nm (una vez infiltrado el material), así como también la distribución homogénea de dicha capa, la Figura 3 muestra el mapeo elemental del material compuesto, en el cual se destaca la distribución de la capa de óxido alrededor de las partículas de SiC.



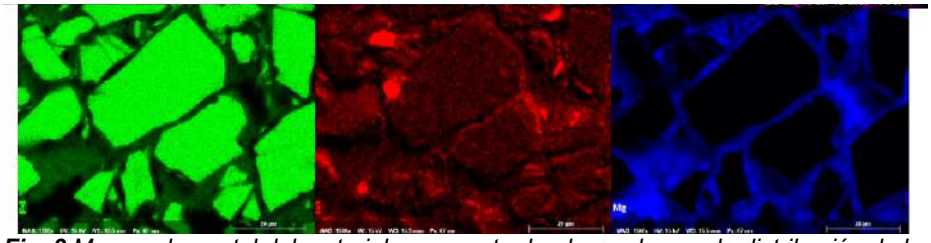


Fig. 3 *Mapeo elemental del material compuesto donde se observa la distribución de la capa de oxido*

CONCLUSIONES. Este trabajo de investigación confirma que la oxidación pasiva de las partículas de carburo de silicio (SiC) mejora eficazmente la mojabilidad de la aleación de magnesio AZ91E, permitiendo una infiltración exitosa en preformados de SiC. La oxidación produjo una capa de óxido de silicio (SiO_2) que facilito la introducción de la aleación dentro del preformado, en relación a los preformados no oxidados, donde no se observa infiltración. Los análisis mediante Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) permitieron analizar cambios en la morfología de las partículas de SiC, resaltando una visualización redondeada de los bordes y una distribución homogénea de las partículas en la matriz de AZ91E. Está investigación demuestra que la mejora de las propiedades interfaciales a través de la oxidación es esencial para la fabricación de compuestos de matriz metálica con propiedades mecánicas mejoradas, con aplicaciones prometedoras en las industrias automotriz y aeroespacial.

REFERENCIAS.

1. Contreras Cuevas, A., Bedolla Becerril, E., Martínez, M. S., Lemus Ruiz, J., Contreras Cuevas, A., Bedolla Becerril, E., ... & Lemus Ruiz, J. (2018). Fabrication processes for metal matrix composites. Metal Matrix Composites: Wetting and Infiltration, 83-114.
2. Pekguleryuz, M., & Celikin, M. (2010). Creep resistance in magnesium alloys. International Materials Reviews, 55(4), 197-217.
3. Deng, K. K., Wang, X. J., Wu, Y. W., Hu, X. S., Wu, K., & Gan, W. M. (2012). Effect of particle size on microstructure and mechanical properties of SiCp/AZ91 magnesium matrix composite. Materials Science and Engineering: A, 543, 158-163.
4. Nie, K. B., Wang, X. J., Deng, K. K., Hu, X. S., & Wu, K. (2021). Magnesium matrix composite reinforced by nanoparticles–a review. Journal of magnesium and alloys, 9(1), 57-77.
5. Falcon-Franco, L., Rosales, I., García-Villarreal, S., Curiel, F. F., & Arizmendi-Morquecho, A. (2016). Synthesis of magnesium metallic matrix composites and the evaluation of aluminum nitride addition effect. Journal of Alloys and Compounds, 663, 407-412.
6. Bedolla, E., Lemus-Ruiz, J., & Contreras, A. (2012). Synthesis and characterization of Mg-AZ91/AlN composites. Materials & Design, 38, 91-98.
7. XIU, Z. Y., CHEN, G. Q., WU, G. H., YANG, W. S., & LIU, Y. M. (2011). Effect of volume fraction on microstructure and mechanical properties of Si3N4/Al composites. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 21, s285-s289.
8. Huang, Y., Ma, L., Tang, Q., Yang, J., Xie, Z., & Xu, X. (2000). Surface oxidation to improve water-based gelcasting of silicon nitride. Journal of materials science, 35, 3519-3524.
9. Olszówka-Myalska, A., & Botor-Probierz, A. (2010, February). Studies of the AZ91 magnesium alloy/SiO2-coated carbon fibres composite microstructure. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 7, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.
10. Saranu, R., Chanamala, R., & Putti, S. R. (2020). Processing, microstructures and mechanical properties of AZ91E, SiC and fly ash composites: A review. Materials Today: Proceedings, 26, 2629-2635.
11. Saranu, R. K., Chanamala, R., Putti, S. R., & Mallarapu, G. K. (2021). Investigation of microstructures, mechanical properties of AZ91E hybrid composite reinforced with silicon carbide and fly ash. Silicon, 13, 2145-2156

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124148

CAMBIO EN LA DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA DE PECES DULCEACUÍCOLAS EN LOS ESTADOS DE GUANAJUATO Y JALISCO, MÉXICO

Candy Madeleine Ortega-Estrada, Michael Köck, Omar Domínguez-Domínguez, Arely Ramírez-García

Palabras Clave: Peces nativos, Distribución, Deterioro ambiental, Perturbación humana, Calidad de agua.

RESUMEN. México tiene una red hidrográfica de 633 mil kilómetros, con una rica ictiofauna dulceacuícola de 536 especies en 48 familias. De estas, 289 son endémicas, representando el 57% del total. Las cuencas de los estados de Guanajuato y Jalisco albergan gran parte de estas especies. La subfamilia Goodeinae es particularmente rica en endemismos y enfrenta riesgos graves debido a la intensa actividad humana en la región ya que ha causado un deterioro acelerado del ambiente, llevando a muchas especies al borde de la extinción. Por ello, en este estudio el objetivo es registrar los cambios en la distribución de las especies en los últimos 100 años en los estados de Guanajuato y Jalisco, México, así como investigar las causas detrás de estos cambios. Para documentar la distribución actual se llevaron a cabo muestreos en localidades seleccionadas según registros históricos y áreas identificadas por estudios previos, utilizando métodos de colecta adaptados a cada sitio para capturar el mayor número de especies posible. Además, se evaluó la calidad ambiental de los sitios mediante tres aspectos clave: calidad del agua, indicios de perturbación humana y tasa de permanencia de las especies. Los resultados preliminares indicaron una disminución en la presencia de peces nativos y un aumento en la de especies exóticas. Además, se observó una relación entre la calidad del agua y la presencia de especies, junto con un elevado impacto de las actividades humanas en ambos estados. Se concluye afirmando que existen cambios en la distribución de especies a lo largo de los años, con un aumento el registro de especies exóticas y una disminución en las especies nativas. Estos cambios están relacionados con diversas actividades humanas que han impactado los ecosistemas.

INTRODUCCIÓN. México dispone de una red hidrográfica que se extiende por 633 mil kilómetros, albergando una notable diversidad de ictiofauna dulceacuícola. En este vasto sistema, se encuentran registradas un total de 536 especies distribuidas en 48 familias, destacando las familias Ictaluridae, Cyprinidae, Pociliidae, Atherinopsidae y Goodeidae (Domínguez-Domínguez et al., 2008). Las cuencas de Lerma-Santiago, Ameca, Armería-Coahuayana, Costa de Jalisco y Pánuco, situadas entre los estados de Guanajuato y Jalisco, concentran una parte significativa de estas especies. De hecho, el 66% de las especies se registran en el río Lerma-Santiago, el 40% en el Pánuco y el 32% en el Ameca (Lyons et al., 2020). Esta región es reconocida por su rica colección de peces de agua dulce, con aproximadamente 100 especies nativas, de las cuales el 70% son endémicas y se distribuyen principalmente en el centro de México (Espinosa-Pérez, 2014).

Particularmente, la subfamilia Goodeinae, que habita las tierras altas del Centro de México, es la más rica en endemismos, albergando 19 géneros y 40 especies, lo que representa el 41% del total de especies registradas (Lyons et al., 2019). No obstante, estas especies enfrentan graves riesgos de conservación debido al impacto significativo de la actividad antropogénica en la región. Cerca del 36% de la población del país reside en esta zona, y allí se desarrolla el 19% de la actividad industrial (INEGI, 2020). Esta situación provoca un deterioro acelerado de los ecosistemas acuáticos debido a la contaminación de las aguas, la disminución de los mantos acuíferos, la deforestación de las cuencas, la desecación intencional de cuerpos de agua, la introducción de especies exóticas y sus parásitos, y la sobreexplotación pesquera (Domínguez-Domínguez et al., 2005). Dado que la degradación de los ecosistemas acuáticos continúa empeorando y la desaparición de especies o poblaciones en esta región se documenta con regularidad (Lyons et al., 2019), el presente estudio se enfocará en analizar los cambios en la distribución histórica de las especies ícticas en Guanajuato y Jalisco durante los últimos 100 años, así como en investigar las posibles causas detrás de estos cambios.

ANTECEDENTES. Domínguez-Domínguez et al., (2006). Describieron los patrones de la biogeografía histórica de las principales cuencas del Centro de México de los peces dulceacuícolas, en la que dividieron en 18 regiones las cuales correspondieron a las regiones con niveles más altos de diversificación geológica. En cuanto al origen de los peces en México propusieron una ruta de dispersión desde el noroeste de Estados Unidos hacia el centro de México. Mercado-Silva et al. (2006) llevaron a cabo un estudio que proyectó los cambios a largo plazo en el ensamble de peces del Río Laja, ubicado en Guanajuato. Para ello, utilizaron registros históricos de la presencia de la comunidad íctica en la Laja desde la década de los 60 hasta su muestreo en 2003. Durante este período, identificaron un total de 23 especies mediante sus muestreos y los registros históricos. De estas especies, recolectaron 15 en los 17 puntos de muestreo estudiados. Además, determinaron que la estacionalidad de las recolecciones, tanto en estaciones secas como húmedas, no influyó en las tendencias históricas, ya que encontraron niveles de riqueza similares en ambas estaciones.

OBJETIVO. Determinar el cambio en la distribución histórica de peces de agua dulce en el Centro de México y explorar las posibles causas que puedan influir en este cambio.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para realizar la comparación de distribución de especies ícticas en las cuencas pertenecientes a los estados de Jalisco y Guanajuato se realizó una búsqueda bibliográfica y en colecciones científicas de registros históricos reportados entre los años de 1900 y 2020. Para obtener información de la distribución actual, se llevaron a cabo muestreos (a partir de abril 2024) en localidades de Guanajuato y Jalisco (Fig. 1) que fueron seleccionadas tomando en cuenta los registros históricos, y tratando de abarcar las regiones que fueron identificadas por Pedraza-Marrón (2011) y las Unidades Evolutivas Significativas identificadas por Lyons *et al*. (2020).

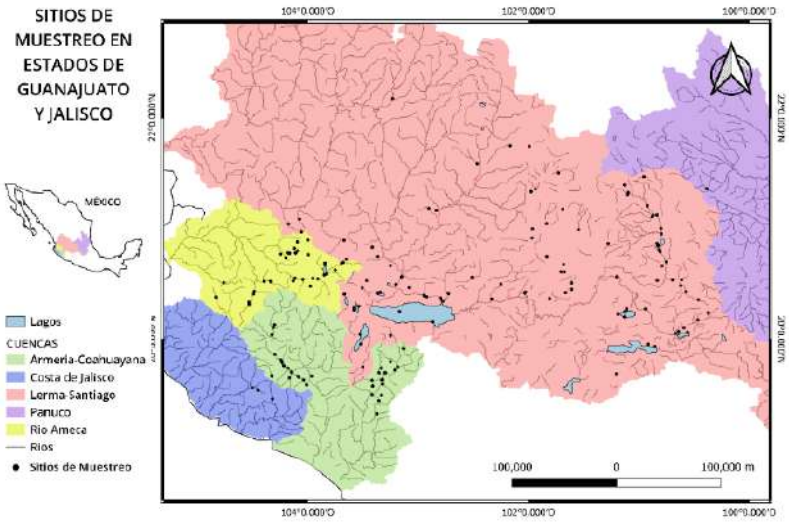


Figura 1. *Sitios de muestreo de los estados de Guanajuato y Jalisco, distribuidos por cuencas y ríos.*

En los sitios seleccionados, se determinarán las especies ícticas presentes utilizando diversos métodos de colecta adaptados a cada ubicación. Se emplearán técnicas combinadas con el objetivo de capturar el mayor número posible de especies en diferentes hábitats, minimizando el daño ambiental. Los organismos capturados se colocarán en cubetas con agua y se identificarán en campo utilizando las claves taxonómicas de Miller et al. (2005). Aquellos que se pudieron ser identificados en el sitio fueron conservados en frascos de plástico con formol al 10% para su posterior identificación en el laboratorio. Para determinar la calidad ambiental de los diferentes sitios se tomaron en cuenta 3 aspectos: Calidad de agua (CA); Fosfatos, Nitritos, Nitratos, Oxígeno disuelto, Conductividad, pH, temperatura, sólidos disueltos totales y salinidad. Indicios de perturbación humana (IPH); Distancia del punto a la localidad más cercana, actividad agrícola, actividad ganadera, efluentes industriales, contaminación por residuos sólidos, actividad turística, actividades humanas cotidianas, modificación en la ribera y presencia de vegetación acuática, los cuales se les asignará un valor de 0 o 1 según sea caso. Para la tasa de permanencia de las especies (TP) en la que se le asignó valor de 4 en caso de estar al menos el 75% de las especies registradas, 3 al menos el 50%, 2 al menos el 25% y 1 al menos el 1% y 0 para aquellos en donde no se encontró presencia de peces. Al final se hará una suma de todos los aspectos evaluados en cada categoría (CA, IPH, TP) en la que el valor total indicará el nivel de conservación de cada sitio, en la que la suma máxima de todas las categorías indicará que es un sitio conservado y 0 indicará un sitio muy perturbado. Al final se hizo una suma de cada uno de los parámetros y se clasificaron de acuerdo la escala propuesta por Bjorkand et al. (2001) y Urtado (2021) (Fig. 2).

Rangos del índice	Clasificación
0-3	Mala
4-7	Regular
8-11	Regular buena
12-15	Buena
16-17	Muy buena

Figura 2. *Escala de la evaluación visual basada en Bjorkand et al., (2001); Urtado (2021).*

Se realizó un análisis de Kruskal-Wallis para determinar si existen cambios significativos en la distribución de los peces de acuerdo a los registros anteriores y para saber si existe una correlación entre la calidad ambiental y la presencia de peces. Todos los análisis serán corridos en el programa R (R Development Core Team, 2021, versión 1.4.1106).

RESULTADOS. Se han muestreado 64 sitios, distribuidos en 41 en el estado de Guanajuato y 23 en el estado de Jalisco. De estos, el 39.02% (25 sitios) no presentaron peces o se encontraron secos. Aunque ninguno de los sitios registró el 100% de las especies documentadas bibliográficamente, se identificaron nuevos sitios que no habían sido registrados anteriormente, por lo que el registro refleja todas las especies encontradas.
La evaluación visual de la calidad ambiental, indica que, de los 64 sitios evaluados, 7 se clasifican como de "Buena calidad", 16 como "Regular-buena", 13 como "Regular" y 28 sitios como de "Mala" calidad visual ambiental (Fig. 3).



Figura 3. *Grafica de pastel del porcentaje de los sitios catalogados*

Además, el análisis de Kruskal-Wallis (Fig. 4) revela diferencias significativas (<0.05) entre la distribución de peces registrada anteriormente y la distribución actual en los estados de Guanajuato y Jalisco. Este análisis también indica que, a mayor calidad ambiental en los sitios, se observa una mayor presencia de especies.

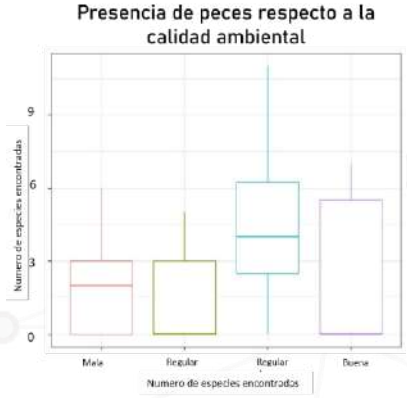


Fig. 4 *Presencia de peces respecto a la Calidad ambiental de los sitios.*

REFERENCIAS.

1. Bjorkland, R., Pringle, C. M., y Newton, B. (2001). A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners. Environmental Monitoring and Assessment, 68(2), 99-125.
2. Cotler H., M. Mazari-Hiriart y J. de Anda Sánchez (eds.). Atlas de la cuenca Lerma Chapala.Construyendo una visión con junta. Pág. 196.

3. Domínguez- Domínguez O., Mercado- Silva N., Lyons J. y Grier H.J. (2005). Goodeid fishes photos. Preceedings of the International Symposium on Livebearing Fishes, M. C. Uribe- Aranzabal y H grier. New Life Homestead, Folorida. pág. 505- 549.
4. Domínguez- Domínguez O., I. Doadrio y G. Pérez- Ponce de León. (2006). Historical biogeography of some river basins in Central México evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary brooks parsimony analysis (BPA). Journal of Biogeography. 33:1437-1447.
5. Domínguez- Domínguez O., Zambrano L., Escalera- Vázquez L. H., Pérez Rodríguez R. y Pérez, Ponce de León G. (2008). Cambio en la distribución de Goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 79: 501-512.
6. De la Vega- Salazar M. Y. (2005). Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. Departamento de Ecología Evolutuva, Instituto de Ecología de la UNAM. Universidad de Guadalajara.
7. Espinosa- Pérez H. (2014). Biodiversity of fishes in Mexico. Revista Mexica de Biodiversidad. DOI: 10.7550/rmb.32264
8. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía INEGI. (2020). Censo de población 2020.
9. Lyons J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera, O. Domínguez-Domínguez y M. Guzmán Arroyo. (1998). Decline of Freshwater Fishes and Fisheries in Selected Drainages of West central Mexico. Fisheries (23): 10-17.
10. Lyons J., Piller K. R., Artigas- Azas J., Domínguez- Domínguez O., Gesundheit P., Kôck M., Medina- Nava M., Mercado- Silva N., Ramírez- García A. y Findley K.M.
11. (2019). Distribution and current conservations status of the Mexican *Goodeidae* (*Actinopterygii, Cyprinodontiformes*). Zoo keys 885: 115-158.
12. Lyons, T.J., Máiz-Tomé, L., Tognelli, M., Daniels, A., Meredith, C., Bullock, R. and Harrison, I. (eds.), Contreras-MacBeath, T., Hendrickson, D.A., Arroyave, J., Mercado Silva, N., Köck, M., Domínguez Domínguez, O., Valdés González, A.,
13. Espinosa Pérez, H., Gómez Balandra, M.A., Matamoros, W., Schmitter-Soto, J.J.,
14. Soto-Galera, E., Rivas González, J.M., Vega Cendejas, M.E., Ornelas-García, C.P., Norris, S. and Mejía Guerrero, H.O. (2020). The status and distribution of freshwater fishes in Mexico. Cambridge, UK and Albuquerque,New Mexico, USA: IUCN and ABQ BioPark.
15. Mercado-Silva, N., Lyons, J., Diaz-Pardo, E., Gutiérrez-Hernández, A., Ornelas García, C.P., Pedraza-Lara, C. y Vander J. (2006). Long-term changes in the fish assemblage of the Laja River, Guanajuato, Central Mexico. Aquatic Conservation: Marine and freshwater ecosystems. DOI:10.1002/aqc.737
16. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (2023). Ríos de México, venas de agua, cultura y civilización. Gobierno de México. https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/rios-de-mexico-venas-de-agua-cultura civilizacion
17. Pedraza-Marrón C.R. (2011). Cambios en la distribución de los peces de agua dulce del centro de México y sus posibles causas antropogénicas. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán.
18. Urtado L. (2021). Protocolo de evaluación visual para el monitoreo ambiental participativo: aportes para la gestión de arroyos en Uruguay. Tesis de licenciatura. Universidad de la República de Uruguay.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124151

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE PUNTOS CUÁNTICOS DE CARBONO EN EL ESTRÉS Y DAÑO DE LIRIO ACUÁTICO UTILIZADO PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE AGUA

Iris Eunice Serrato-Mireles[1], Vivechana Agarwal[2], Nabanita Dasgupta-Schubert[1]

Palabras Clave: Puntos de carbono, E. crassipes, remediación.

RESUMEN. La nanotecnología se ha centrado en la síntesis de nuevos nanomateriales como los puntos cuánticos de carbono, por sus siglas en inglés Carbon Quantum Dots (CQDs), que han registrando una clara mejora en múltiples aplicaciones. Los CQDs se obtienen de plantas, desechos y materiales con alto contenido en carbono y pueden ser utilizados en diversas aplicaciones tales como detectores de pesticidas químicos, etanoles, así como cuestiones de remediación ambiental, por mencionar algunas. En el laboratorio de biofisicoquímica y estudios de radiación de la UMSNH se han empleado diversas nanopartículas en lirio acuático (Eichhornia crassipes) para fitorremediación de agua, por lo que se ha realizado la prueba con CQDs sintetizados de raíces de lirio acuático, con el objetivo de evaluar el estrés causado en plantas de lirio al introducir estas nanopartículas dentro de los tejidos. Las concentraciones utilizadas de CQDs fueron de 0.008, 0.08, 0.8 y 8%, que se inyectaron en bulbos y hojas del lirio, una vez inyectadas las concentraciones se registró la clorofila de hojas durante 12 días por el equipo Konica Minolta, así como pH y conductividad del agua a remediar. Después de 12 días se determinó la clorofila a y b por el método Hansmann (1973) en bulbos y hojas, demás del peso seco y fresco de raíz y parte aérea dividida en bulbos y hojas. Los resultados mostraron que el aumento de clorofila diaria es mayor cuando se utiliza 0.8% de CQDs, y para la clorofila total la mejor respuesta es con la concentración 0.8 y 8%; la conductividad en agua fue descendiendo con los 4 tratamientos, lo que sugiere que los iones están ingresando en la planta; los CQDs no generaron estrés en la planta permitiendo el incremento de biomasa y por ende una posible mayor captación de contaminantes para la recuperación de ambientes impactados.

INTRODUCCIÓN. Introducción

La nanotecnología ofrece nuevas oportunidades de remediación de ambientes contaminados, estos materiales de escala nanométrica cambian sus propiedades fisicoquímicas de la sustancia y que a menudo han registrado una clara mejora en biorremediación por sus propiedades mecanoeléctricas, redox, catalíticas, entre otras. El uso de puntos cuánticos de carbono (CQDs por sus siglas en inglés), se han unido recientemente a la nanotecnología y su investigación en el uso en aplicaciones biológicas en beneficio del hombre. Los CQDs poseen excelentes propiedades fisicoquímicas con las características de tamaño de partículas inferior a 10 nm y suelen estar compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno, dentro de sus propiedades se pueden mencionar fotoluminiscencia, actividad electroquímica, biocompatibilidad, baja toxicidad, alta solubilidad acuosa, estabilidad química y su funcionalidad superficial diversificada. Se obtienen a partir de fuentes ricas en carbono, como materiales orgánicos y poliméricos

(Khan et al., 2022). Sin embargo, la aplicación de nanomateriales directamente en el ambiente aún está restringida, por lo que el lirio acuático (Eichhornia crassipes) es el modelo biológico adecuado para ser tratado con nanomateriales evitando la dispersión de estos en el ambiente, ya que es una planta utilizada en fitorremediación. La fitorremediación utiliza este tipo de plantas como el lirio acuatico, por que por su naturaleza tienen la capacidad de extraer, contener, remover metales pesados o neutralizar compuestos orgánicos, de ambientes contaminados (Núñez-López et al. 2004; Guevara, 2021). Por lo que con el presente trabajo se busca combinar la nanotecnología y la fitorremediación para incrementar la capacidad fitorremediadora de las plantas; con lo cual permitiría que la producción de biomasa de la planta sea mayor y con ello el aumento de la concentración de metal extraído (Barceló y Poschenrieder, 2003).

OBJETIVO. Evaluar la capacidad de puntos cuánticos de carbono depositados en los tejidos de lirio acuático (E. crassipes) en el posible aumento de la capacidad de fitorremediación de agua contaminada.

MATERIALES Y MÉTODOS. La sintesis y caracterización de CDQs de raíz de lirio acuático se llevó a cabo en el laboratorio de nanomateriales del CIICAp-UAEM. Bajo la coordinación de la Dra. Vivechana Agarwal y la Dra. Miriam Rangel Ayala. Para la determinación de la concentración de CDQs para su aplicación dentro de tejidos internos de *E. crassipes* las concentraciones se prepararon partiendo de una solución de CQDs que se nombró como solución madre, con una concentración del 8.33% de CQDs suspendidos en solución preparada de 95% extracto hidratado y 5% de tensioactivo natural de *Sapindus saponaria* (Tabla 1).

Tratamientos	Cantidad de Extracto de lirio y *S. saponaria* (µl)	QDs (neto =100%) (µl)	Concentración final de QDs (%)
Blanco	0	0	0
Control	6,000	0	0
T1	5,999.5	0.5	0.008
T2	5,995	5	0.083
T3	5,950	50	0.833
T4	5,500	500	8.33

Tabla 1. *Diseño experimental de las diferentes concentraciones para los tratamientos en lirio acuático con puntos cuánticos de carbono.*

La medición de variables Clorofila en hojas y pH, conductividad en agua, las plantas inyectadas se dejaron en cámara de crecimiento a temperatura media de 25°C, 40% de humedad y 2000 lux; durante un periodo de 12 días, cada tratamiento se realizó por triplicado (n=3). La medición de pH y conductividad en el agua a fitorremediar se realizó diariamente durante 12 días. Así como la medición de clorofila en hojas de *E. crassipes*, mediante un clorofilómetro KONICA-MINOLTA. Despues de los 12 días se midió la clorofila total por el método propuesto por Hansmann (1973), la absorbancia se midió por espectrofotometría UV/Vis a una longitud de onda de 750, 665, 645 y 630 nm. Para evaluar el efecto de CDQs en biomasa de *E. crassipes* se procedió a pesar la planta en fresco, registrando el peso completo de la planta, al inicio y al final del periodo de fitorremediación. se realizaron cortes longitudinales para observar el daño interno causado por los CQDs. Para el peso seco o biomasa seca, se seprararon las plantas en raíz, parte aérea inyectada

y no inyectada; todos los tratamientos se llevaron a un horno de secado a una temperatura de 60 °C hasta que se obtuvo un peso constante (aproximadamente 48 h).

RESULTADOS. Los resultados para clorofila diaria que refleja el estrés en las plantas por los pigmentos fotosintéticos, los resultados (fig. 1A) mostraron que no hay una diferencia significativa entre las hojas inyectadas con las diferentes concentraciones de CQDs. Lo que confirma que CQDs no son bioabsorbibles, si no biocompatibles al no generar cambios negativos en el lirio acuático (Khan et al., 2022). En la fig. 1B, se observa la concentración total de clorofila a, de las hojas y bulbos, la mayor cantidad de clorofila está presente en las hojas, sin embargo la mayor producción de clorofila total se encuentra en las hojas no inyectadas, pero las hojas con los diferentes tratamientos de CQDs presentan menos contenido de clorofila, Gardea-Torresdey et al, 2008 han reportado que es por la aparición de hojas jovénes ya que las hojas viejas tienden a esta disminución.

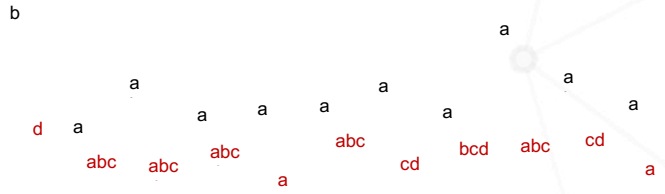


Figura 1. *A) Clorofila diaria de hojas inyectadas de lirio acuático con puntos cuánticos de carbono medida por el equipo "Konica Minolta. B) Clorofila total de hojas y bulbos de E. crassipes. Prueba Tukey (0.05)*. Letras iguales, no muestran diferencia significativa. NI: no inyectado.*

Los resultados obtenidos para pH se encontraron en un rango de 7.4 a 8.09, siendo de 8 para el agua inicial, la cual se mantuvo en la camára de crecimiento pero sin ningun tratamiento. Para el resto de los tratamientos esta variable fue muy homogénea, estadísticamente existe diferencia significativa entre los tratamientos por día, pero no afecta el cambio. En general, el pH óptimo para lagos de agua dulce suele estar en el rango de 7.0 a 8.5, este rango de pH es considerado favorable para la vida acuática y el funcionamiento saludable del ecosistema del lago (Montellano-Palacios, 2022). Mientras que para los resultados de CE (fig. 10) fue disminuyendo en todos los tratamientos hasta el día 5, donde para el tratamiento T2 fue más marcada la disminución de la CE en agua hasta el día 12, el tratamiento T4 hasta el día 5 tenía una baja CE respecto al resto de los tratamientos, los días posteriores fue en aumento, posiblemente por la descomposición de alguno de sus bulbos. Cuanto mayor sea la concentración de iones, mayor será la conductividad eléctrica, que pueden indicar la presencia de contaminantes o cambios en la composición química del agua (Alfayate-Blanco et al., 2004).

Agua inicial	Blanco	Control	T1	T2	T3	T4
			DIA 1			
(7.49□0.18)^{a}	(7.91□0.09)^{c}	(7.57□0.08)^{a}	(7.76□0.07)^{b}	(7.88□0.08)^{c}	(7.89□0.12)^{c}	(7.56□0.06)^{a}
			DÍA 2			
(7.64□0.29)^{a}	(7.93□0.03)^{b} ^{c}	(7.71□0.08)^{a}	(7.67□0.04)^{a}	(7.87□0.03)^{b}	(8.03□0.02)^{c}	(7.69□0.00)^{a}
			DÍA 5			
(8.05□0.01)^{c} ^{d}	(8.09□0.13)^{d}	(7.70□0.02)^{a}	(7.77□0.13)^{a} ^{b}	(8.05□0.07)^{d}	(7.88□0.31)^{b} ^{c}	(7.81□0.03)^{a} ^{b}

DÍA 7						
(8.01□0.01)^{d}	(7.59□0.09)^{c}	(7.43□0.04)^{a}	(7.43□0.05)^{a}	(7.49□0.03)^{a}	(7.54□0.02)^{b}	(7.55□0.06)^{c}
DÍA 10						
(8.10□0.00)^{e}	(7.72□0.17)^{b}	(7.56□0.03)^{a}	(7.69□0.15)^{b}	(7.84□0.05)^{d}	(7.82□0.05)^{c}	(7.89□0.07)^{d}
DÍA 12						
(8.09□0.01)^{f}	(7.65□0.02)^{d}	(7.34□0.09)^{a}	(7.44□0.12)^{b}	(7.56□0.08)^{c}	(7.70□0.18)^{e}	(7.81□0.08)^{e}

Tabla 2. *pH diario del medio líquido fitorremediado por lirio acuático. Prueba Tukey (0.05)*. Letras iguales, no muestran diferencia significativa. NI: no inyectado. Iny: inyectado.*

Figura 2. *Conductividad electrica del medio fitorremediado por Eichhornia crassipes. Prueba Tukey (0.05)*.*

Los resultados para biomasa fresca fig. 3A, se muestran los resultados correspondientes al peso inicial sin tratamientos y el peso final despues de 12 días de tratamiento, lo que nos permitió observar si los CQDs incrementan o disminuyen directamente la biomasa. Sin embargo no existe diferencia significativa entre los pesos iniciales y/o finales, el ciclo de vida del lirio registró aumento en todos los tratamientos, siendo el tratamiento T4 donde se registró mayor aumento de biomasa fresca. En la fig. 3B, que corresponde al peso seco, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo la mayor cantidad de biomasa seca se presenta en los bulbos inyectados respecto de los no inyectados en los tratamientos T1, T2 y T3 con CQDs.



Figura 3*. A) Biomasa fresca de lirio acuático y B) Biomasa seca de lirio acuático. Prueba Tukey (0.05).*

CONCLUSIONES. Los CQDs no generaron estrés sobre lirio acuático, sin embargo la conductividad en agua fue descendiendo con los 4 tratamientos, lo que sugiere que los iones están ingresando en la planta; los CQDs permitieron ligeramente el incremento de biomasa y por ende una posible captación de contaminantes para la recuperación de ambientes impactados.

REFERENCIAS.

1. Alfayate-Blanco, J. M., González Delgado, M. N., Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., Rodriguez Vidal, F. J. (2004). Contaminación ambiental. Una visión desde la química: una visión desde la química. Ediciones Paraninfo, SA.
2. Barceló, J. and Poschenrieder, C. (2003). Fitorremediación: Principios y Perspectivas. Contributions to Science, 2(3): 333-344.
3. Gardea-Torresdey, J. L., Cruz-Jiménez, G., Cano-Rodríguez, I., de la Rosa, G., & Fuentes-Ramírez, R. (2008). Efecto de la edad de la planta y presencia de SS-EDDS en la tolerancia y absorción de Cr (III) por Helianthus annuus. Revista mexicana de ingeniería química, 7(3), 243-251.
4. Guevara, M. S. P. (2021). Fitorremediación en cuerpos de agua contaminados por metales pesados. Innova Biology Sciences, 1(1), 61-78.

5. Khan, R., Murali, S., & Gogoi, S. (Eds.). (2022). Carbon Dots in Agricultural Systems: Strategies to Enhance Plant Productivity. Academic Press.
6. MontellanoPalacios L., Cortés-Muñoz J. E., Gómez-Rojas, A., 2022. DESINFECTANTES PARA AGUA DE CONSUMO Y SU EFECTIVIDAD. Memorias XXII congreso nacional de hidraulica.
7. Nuñez-López, R. A., Vong, Y. M., Borges, R. O., & Olguín, E. J. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. Revista ciencia.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124152

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE COBRE, EVALUACIÓN DE SU EFECTO CITOTÓXICO IN-VITRO EN E-COLI Y FITOTÓXICO COMO TRATAMIENTO FOLIAR EN PLÁNTULAS DE FRESA (*Fragaria x ananassa*)

Octavio Domínguez Ramírez[1], Ledimo Lopez Medina[2], Álvaro Sebastián Hernández Granciano[3], José David Cruz Tellez[4]

1 Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo Michoacán; octavio.ramirez.nano@gmail.com

2 Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo Michoacán; ledimolm@gmail.com

3 Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo Michoacán; alvarosebastianhghega@gmail.com

4 Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo Michoacán; lobogates6666@gmail.com

Palabras Clave: Nanopartículas, Oxido de Cobre, Caracterización, Fitotóxico, Fragaria x ananassa.

RESUMEN. Hoy en día, las nanopartículas de Cu y sus derivados como el Óxido de Cobre han demostrado tener una amplia aplicación en la industria, debido principalmente a su actividad antimicrobiana. Estudios en la literatura han demostrado que estas especies de nanopartículas tienen aplicaciones potenciales en el sector agrícola, principalmente para el control de bacterias y hongos fitopatógenos. El cobre, siendo un micronutriente para las plantas, juega un papel importante en su metabolismo ya que está presente en las enzimas responsables de procesos fisiológicos importantes. En el presente estudio, mostramos los resultados de un experimento realizado con NPs de CuO obtenidas mediante el método de reducción química, su caracterización se realizó mediante técnicas de DRX, SEM y FT-IR. Previamente se realizó una evaluación in vitro en placas de agar con E-coli a 5, 10, 15, 20 y 25 ppm para determinar la citotoxicidad. El tratamiento foliar con nanopartículas se aplicó en concentraciones de 10, 15, 20 y 25 ppm para evaluar el efecto fitotóxico por estas partículas en las plántulas de Fragaria x ananassa durante su crecimiento. Este estudio demuestra la tolerancia que favorece su crecimiento, ya que depende de la concentración aplicada, la cual puede afectar desde los fitonutrientes hasta la toxicidad por bioacumulación.

INTRODUCCIÓN. Las plagas representan uno de los desafíos más significativos en la agricultura moderna, afectando de manera crucial la salud de los cultivos y la productividad agrícola. Las plántulas de fresa (Fragaria x ananassa) son particularmente vulnerables a una amplia gama de patógenos y plagas, incluyendo hongos, bacterias, virus, insectos y nematodos. El impacto de las plagas en las plántulas de fresa no solo se traduce en una disminución directa del rendimiento del cultivo, sino que también genera pérdidas económicas significativas para los agricultores. Las fresas son un cultivo de alto valor económico debido a su demanda constante en los mercados locales e internacionales. Según estudios recientes, las pérdidas de cultivos de fresa debido a plagas pueden alcanzar hasta un 30-50% en condiciones severas de infestación, dependiendo de la región y las prácticas de manejo agrícola empleadas.

Además de la pérdida directa de cultivos, las plagas también aumentan los costos de producción debido a la necesidad de implementar medidas de control como la aplicación de pesticidas, el uso de prácticas culturales intensivas y la implementación de tecnologías de monitoreo y control biológico.

ANTECEDENTES. La presencia de plagas en cultivos de fresa (Fragaria x ananassa) constituye un desafío crítico para los agricultores, resultando en pérdidas significativas de cultivos y perjuicios económicos. Las estrategias tradicionales para el manejo de plagas, como el uso de pesticidas químicos, presentan múltiples inconvenientes, incluyendo el desarrollo de resistencia en las plagas, contaminación ambiental y riesgos para la salud humana. Por ello, se requiere el desarrollo de alternativas innovadoras y sostenibles que mitiguen estos problemas. Las nanopartículas de óxido de cobre (CuO-NPs) han surgido como una posible solución debido a sus propiedades antimicrobianas y su capacidad para actuar como micronutrientes esenciales en plantas. Estas nanopartículas pueden ayudar a combatir patógenos de manera efectiva y mejorar la resistencia de las plantas a condiciones adversas. No obstante, su aplicación debe ser evaluada rigurosamente para asegurar que las concentraciones utilizadas no resulten fitotóxicas para las plantas.
La presente investigación propone la síntesis y caracterización de CuO-NPs y la evaluación de su efecto citotóxico en Escherichia coli (E. coli) y fitotóxico en plántulas de fresa.

OBJETIVO. Sintetizar y caracterización nanopartículas de óxido de cobre para la evaluación en E. Coli y el efecto del tratamiento foliar con nanopartículas de CuO en plántulas de Fragaria x ananassa.

MATERIALES Y MÉTODOS. En este trabajo de investigación se llevó a cabo la síntesis mediante el método de reducción química.

Tabla 1-Reactivos empleados en la síntesis de CuO

Reactivo	Fórmula	Concentración
Sulfato de cobre	($CuSO_4$)	0.01 M
Ácido ascórbico	(AA)	0.2 M
Hidróxido de sodio	NaOH	1 M

RESULTADOS. Las nanopartículas de CuO se sintetizaron con éxito mediante el método de reducción química utilizando sulfato de cobre ($CuSo4$) como precursor, ácido ascórbico ($C6H8O6$) y borohidruro de sodio ($NaBH4$) como agente reductor e hidróxido de sodio (NaOH) como estabilizador. Las nanopartículas se caracterizaron mediante técnicas de XRD, SEM y FT-IR. Las nanopartículas de CuO exhibieron una actividad citotóxica significativa contra E. coli en ensayos in vitro. La concentración mínima inhibitoria de las nanopartículas se encontró que era entre 5 y 10 ppm. Las nanopartículas de CuO exhibieron efectos tanto beneficiosos como perjudiciales sobre el crecimiento de las plántulas de fresa. A bajas concentraciones (10 ppm), las nanopartículas mejoraron el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, a concentraciones más altas (20 y 25 ppm), las nanopartículas causaron fitotoxicidad, como lo demuestra el crecimiento reducido y el marchitamiento de las plántulas.

DRX. Con los datos obtenidos de la carta de difracción se observan desplazamientos a la izquierda lo que primeramente estaría indicando que la composición predominante es de la misma especie indicando cambios en la estructura cristalina o en la distancia entre los planos atómicos, esto debido a la contracción de la red cristalina y la presencia de sustituciones atómicas en la estructura, es posible determinar con los picos característicos una estructura cúbica centrada en las caras representado en la Figura 2.

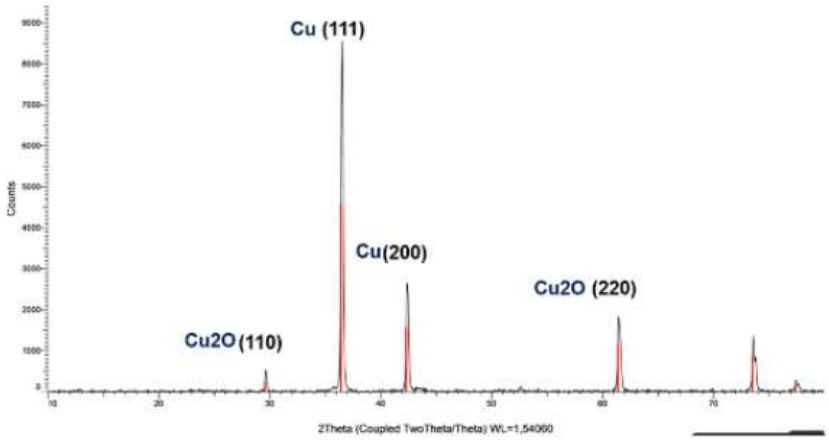


Figura 2

Microscopía Electrónica de Barrido

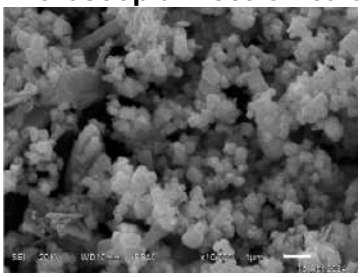


Figura 2

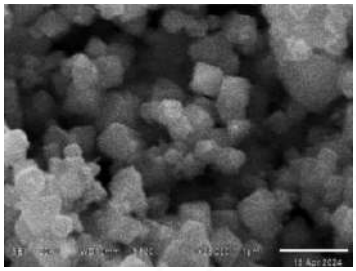


Figura 3

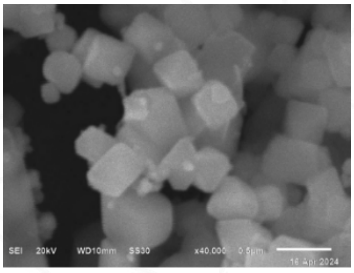


Figura 4

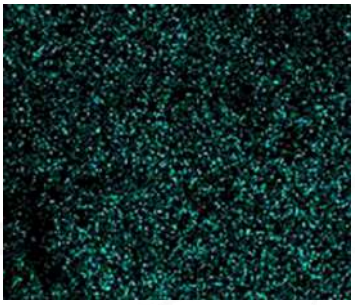


Figura 5

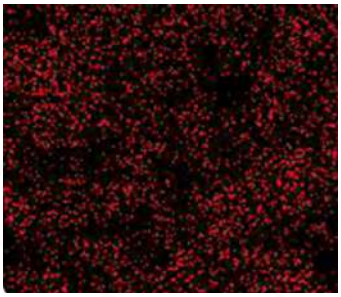


Figura 6

FTIR

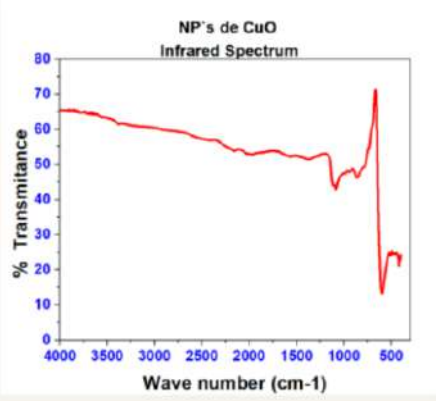


Figura 7.

Pruebas de citotoxicidad in-vitro de las CuO NPs.

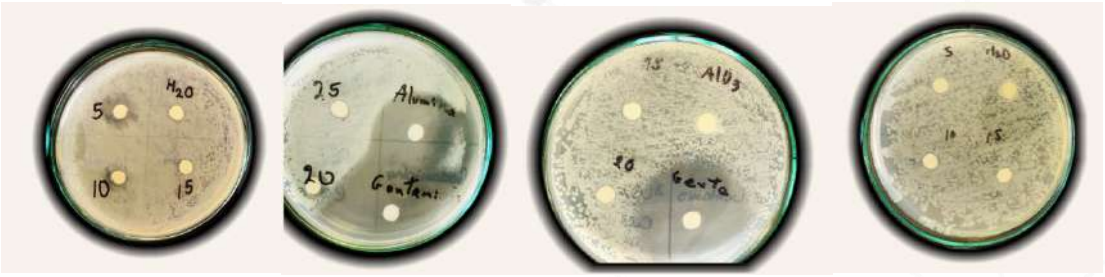


Figura 8 *Figura 9* *Figura 10* *Figura 11*

Pruebas de fitotoxicidad, tratamiento foliar con nanopartículas de las CuO NPs en plántulas de Fragaria x ananassa. Las CuO NPs exhibieron que, a una concentración de 10 ppm, las nanopartículas mejoraron el crecimiento de las plántulas. Sin embargo, a concentraciones de 20 y 25 ppm, las nanopartículas causaron fitotoxicidad, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12

CONCLUSIONES. Las nanopartículas de óxido de cobre (CuO) mostraron actividad antimicrobiana contra E. coli, debido a los aros de inhibición de crecimiento en ensayos in vitro, lo que confirma su potencial para el control de bacterias fitopatógenas. Además, a bajas dosis, las nanopartículas pueden ser beneficiosas como fitonutrientes, mientras que

a concentraciones más altas pueden causar fitotoxicidad, por lo que podemos concluir que se cumplieron los objetivos planteados previamente. Se necesita más investigación para identificar las concentraciones óptimas de nanopartículas de CuO que brinden beneficios como fitonutrientes sin causar fitotoxicidad por bioacumulación.

REFERENCIAS.

1. Khot, L. R., Sankaran, S., Maja, J. M., Ehsani, R., & Schuster, E. W. (2012). Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. Crop Protection, 35, 64-70. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.01.007
2. Smith, R., et al. (2010). Antibacterial properties of copper nanoparticles against Escherichia coli O157. Journal of Applied Microbiology, 109(6), 2200-2205. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04816.x
3. Ghosh, M., et al. (2008). Citotoxicity and genotoxicity of biosynthesized gold and silver nanoparticles on human cancer cell lines. Journal of Nanoparticle Research, 11(8), 1075-1085. https://doi.org/10.1007/s11051-008-9575-0
4. Ma, X., et al. (2010). Phytotoxicity and biotransformation of La_2O_3 nanoparticles in a terrestrial plant cucumber (Cucumis sativus). Nanotoxicology, 4(4), 319-327. https://doi.org/10.3109/17435390.2010.489017
5. Navarro, E., et al. (2008). Toxicity of silver nanoparticles to Chlamydomonas reinhardtii. Environmental Science & Technology, 42(23), 8959-8964. https://doi.org/10.1021/es801785m
6. Yang, L., et al. (2011). Mechanism of silver nanoparticle toxicity is dependent on dissolved silver and surface coating in Caenorhabditis elegans. Environmental Science & Technology, 45(2), 199-206. https://doi.org/10.1021/es103325m
7. Gao, J., et al. (1996). Inhibition of fungal plant pathogens by silver nanoparticle prepared in situ. Nanotechnology in Agriculture and Food, 1(1), 25-33.
8. Li, Y., et al. (2005). Inhibition of bacterial growth by CuO nanoparticles. Chemical Physics Letters, 452(4-6), 242-245. https://doi.org/10.1016/j.cplett.2006.12.039
9. Rodríguez, A., et al. (2019). Influence of copper oxide nanoparticles size and shape on antimicrobial activities against Escherichia coli. Journal of Materials Chemistry B, 7(12), 1975-1985. https://doi.org/10.1039/C8TB03036A

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124153

ESTUDIO ANALÍTICO-EXPERIMENTAL DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO EN MUESTRAS BIOLÓGICAS

Diana Carolina Luna Mañon[1], Orlando Hernández Cristóbal[2], Francisco Gabriel Granados Martínez[3]

Palabras Clave: Microscopía, Caracterización de Materiales, Simulación.

INTRODUCCIÓN. La Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) es una técnica ampliamente utilizada para estudios morfológicos y para la caracterización de materiales, tanto orgánicos como inorgánicos. Esta técnica se basa en la detección de electrones secundarios (SE) generados por la interacción de un haz de electrones y la muestra. Para obtener imágenes de alta resolución en el MEB, es crucial recubrir las muestras con un material conductor, como el oro. Este recubrimiento es fundamental, ya que evita el efecto de carga de electrones en las muestras no conductoras. A pesar de su amplia utilización, la optimización del recubrimiento metálico en la MEB ha sido poco estudiada. Una forma efectiva para investigar la generación de electrones secundarios es mediante programas que simulan la dinámica de los electrones al interactuar con la materia. En este trabajo, se utilizó el programa CASINO [1] (Monte Carlo Simulation of Electron Trajectory in Solids), que modela las trayectorias de los electrones en sólidos utilizando la distribución de probabilidad de Monte Carlo. Para tal efecto, se simuló un material biológico, utilizando un arreglo consiste de carbono (30 μm) y variando el espesor del recubrimiento metálico con oro evaluando espesores de 2.5 nm, 7.5 nm, 10 nm, 15 nm, 20 nm y 25 nm. Complementariamente, se llevaron a cabo recubrimientos en el laboratorio. Los resultados mostraron que la generación de electrones secundarios y la resolución obtenida en el MEB son prácticamente iguales para espesores de recubrimiento entre 10 nm y 50 nm. En conclusión, la variación en el espesor del recubrimiento metálico dentro de este rango no afecta significativamente la generación de electrones secundarios ni la resolución de las imágenes obtenidas.

ANTECEDENTES. El recubrimiento metálico con oro es una técnica aplicada a muestras no conductoras como es el caso de muestras biológicas. Sin embargo, no se tiene estandarizado el espesor de la capa aplicada, lo cual repercute considerablemente en los resultados cuando se realiza la observación por MEB. En muchos casos, solo se aplica un recubrimiento sin considerar el espesor del recubrimiento, y en segundo lugar, no se considera la naturaleza de la muestra. Aunque hay estudios basados en la experimentación para determinar el espesor óptimo del recubrimiento [2-5], no se ha hecho un estudio que permita predecir de forma analítica las mejores condiciones de recubrimiento metálico en muestras biológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se prepararon muestras biológicas de distinto tipo (dientes, bacterias, hojas) utilizando una preparación previa de fijación, deshidratación, secado en el punto crítico del dióxido de carbono, y evaporación con oro. El equipo usado fue una

evaporadora de oro Denton Vacuum Desk V, en el Laboratorio de Microscopia de la ENES Unidad Morelia. Para tal efecto, se utilizaron distintos espesores de acuerdo a las especificaciones de la marca como se observa en la Figura 1. De acuerdo a la teoría de emisión de electrones secundarios, estos se definen como aquellos que son producidos en los primeros 5 nm de penetración del haz de electrones y que poseen energías menores a 50 eV. Por tal motivo, un primer parámetro es depositar por lo menos 5 nm de oro, de no ser así, se producirían en mayor proporción electrones provenientes del sustrato del material biológico, que está fundamentalmente compuesto de carbono. Entonces, se consideraron espesores de 2.5 nm, 7.5 nm, 10 nm, 15 nm, 20 nm y 25 nm para su posterior observación en el microscopio electrónico de barrido. En la práctica, en el equipo se puede variar el espesor de la capa metálica variando tanto la corriente aplicada y el tiempo de evaporación como se observa en la figura 1.

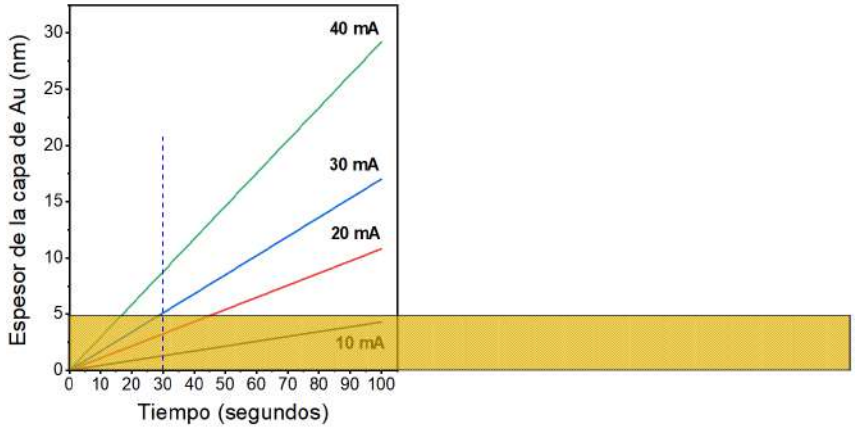


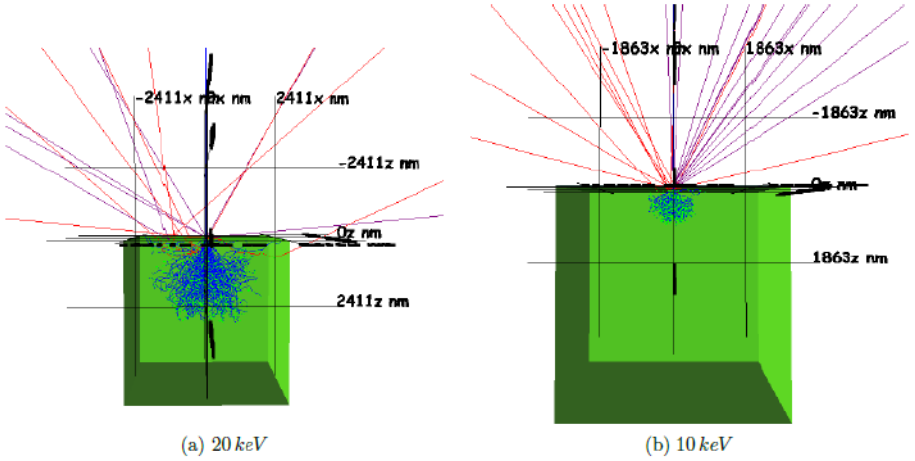
***Figura 1**. Espesor de la capa de oro de acuerdo a las especificaciones de calibración del equipo.*

Aproximación analítica

La emisión de electrones secundarios se define como la razón del número de electrones secundarios producidos entre el número de electrones incidentes, este parámetro es indicador que nos podría dar información sobre la calidad de la imagen obtenida en el laboratorio.

$$\eta_{se} = \frac{N}{N_{inc}}$$

Usando el software Casino (poner especificaciones, versiones), se simularon capas de oro de utilizadas en la experimentación (2.5 nm, 7.5 nm, 10nm, 25 mnm, 20 nm y 25 nm) y una matriz compuesta de carbono de 1000 nm X 1000 nm X 8000 nm de profundidad, como se muestra en la figura 2 (aqui reemplazar por una figura bonita sin haber enviado el haz) .



(a) 20 keV (b) 10 keV

Figure 5: Simulación del Au en C

Figura 2. *Dimensiones del modelo utilizado para la simulación para la simulación de electrones secundarios.*

Los resultados obtenidos con esas condiciones se muestran en la figura X.

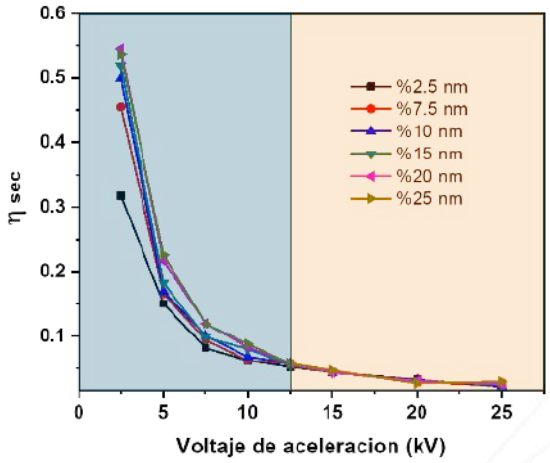
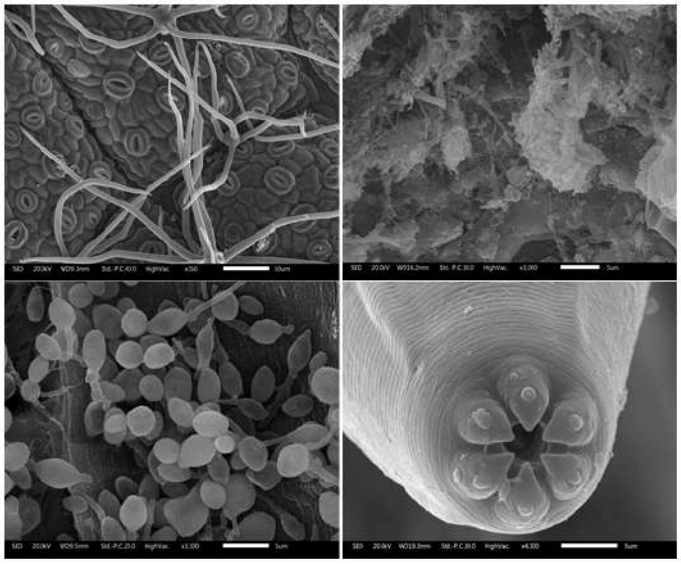


Figura. *Producción de electrones secundarios en función del voltaje de aceleración aplicado al haz de electrones.*

En la gráfica anterior se pueden apreciar dos regiones, de 2.5 a 12.5 kV, en donde sí hay una variación en la producción de electrones, sin embargo, en esta zona, si se usa un microscopio electrónico de emisión termoiónica, se pierde resolución ya que el haz de electrones es ensancha. Por otro lado, después de los 12.5 kV, el comportamiento en la emisión de electrones secundarios es muy similar. En este rango, se gana capacidad de resolución. En la Figura 3, se muestran imágenes obtenidas en el MEB utilizando un voltaje de aceleración de 20 kV.



CONCLUSIONES. De los resultados obtenidos, se puede concluir que es importante estandarizar los parámetros que se utilizan para recubrir muestras biológicas, así como hacer uso de herramientas analíticas para obtener un mejor resultado. En nuestro caso particular de muestras biológicas, si se requiere de alta resolución, es necesario depositar una capa de oro mayor a los 12.5 nm y utilizar 15 kV de voltaje de aceleración. Esto además de optimizar el recubrimiento beneficia el uso de recursos en el laboratorio.

REFERENCIAS.

1. CASINO V2.42: a fast and easy-to-use modeling tool for scanning electron microscopy and microanalysis users, Dominique Drouin 1, Alexandre Réal Couture, Dany Joly, Xavier Tastet, Vincent Aimez, Raynald Gauvin
2. How Does Coating Thickness Affect SEM Imaging?, https://www.nanoscience.com/blogs/how-does-coating-thickness-affect-sem-imaging/#:~:text=10%20nm%20of%20gold%20provides,information%20obtained%20from%20the%20image.
3. https://www.nanoscience.com/blogs/gold-vs-platinum-choosing-the-right-coating-for-sem-imaging/
4. Preparation of biological mCASINO V2.42: a fast and easy-to-use modeling tool for scanning electron microscopy and microanalysis users/pmc/articles/PMC9269934/

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124155

CARACTERIZACIÓN ELECTROQUÍMICA DE MATERIALES COMPUESTOS COCRMO/XCU FABRICADOS POR SINTERIZADO SEMILÍQUIDO

Victor M. Lemus-Jacobo[1], Armando M. García-Carrillo[1], J. Lemus-Ruiz[1], J. Luis Cabezas-Villa[1], Jesús Mascot J[1], L. Olmos[2]

1 IIMM, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 1515493k@umich.mx , 2251564a@umich.mx , jlruiz@umich.mx

luis.cabezas@umich.mx , 1589611d@umich.mx

2 INICIT, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. luis.olmos@umich.mx

Palabras Clave: Metalurgia de polvos, CoCrMo, Cu, Corrosión.

RESUMEN. En la medicina moderna, las aleaciones de CoCrMo son fundamentales por su resistencia a la corrosión, como al desgaste, especialmente en implantes. La biocompatibilidad es esencial para garantizar la interacción adecuada de estos materiales con el cuerpo humano. Sin embargo, la producción convencional de la aleación puede dar como resultado la liberación de iones de cromo, provocando enfermedades degenerativas entre ellas el cáncer. El cobre (Cu) es conocido por sus propiedades antimicrobianas y anticorrosivas, por lo que se propone agregar el elemento al sistema. No obstante, al estudiar el efecto que tiene mediante pruebas potenciostáticas esperando un aumento en la resistencia a la corrosión. El cobre promueve la fase FCC del sistema, tras lo cual, es la fase más resistente, que presenta la aleación, así como disminuir la liberación de iones Cr. En este trabajo se caracterizaron muestras previamente fabricadas con diferentes contenidos del elemento añadido (10, 15, 20 y 25%) mediante metalurgia de polvos. Las muestras fueron analizadas para detectar oxidación en solución de líquido sinovial de Hank con un pH propio de la saliva humana (7.4). Se realizaron pruebas de potencial de circuito abierto (OCP) durante 50 minutos para producir un diagrama de Tafel y compararlo con los valores típicos de la aleación. Los resultados indicaron una resistencia al deterioro similar en todas las muestras, lo que indica su competencia para aplicaciones dentales. A medida que aumenta el contenido de cobre, la resistencia al ataque químico aumenta, además, alcanza su valor máximo cuando el contenido, es del 20%. Sin embargo, niveles más altos reducen las propiedades anticorrosión.

INTRODUCCIÓN. La biocompatibilidad, es un aspecto fundamental de los biomateriales, se define como la capacidad de un material para regenerar una respuesta inmune adecuada en condiciones específicas, asegurando una interacción optima con el entorno biológico (Osorio-Delgado et al., 2017). La ruta de fabricación por metalurgia de polvos ofrece ventajas significativas, como flexibilidad en formas y materiales, rentabilidad en la producción de piezas complejas. Su uso, en la fabricación de prótesis ha abaratado los costos y facilitando la elaboración de esta.(Salvador et al., 2020). Las aleaciones CoCrMo son una opción valiosa en el campo de la implantología debido a su excelente resistencia a la corrosión y biocompatibilidad (Wang et al., 2020). La medida del potencial de circuito abierto es uno de los principales parámetros de corrosión y permite conocer el potencial en

estado estacionario de la muestra bajo circuito abierto. A través del valor del potencial se conoce la capacidad protectora del recubrimiento sobre el sustrato. (J.M. Guilermany* et al., 2008). Este estudio se centra en la caracterización electroquímica de compuestos CoCrMo modificados con diferentes concentraciones de cobre (10-25%), con el objetivo de obtener los valores de potencial de corrosión, OCP, intensidad de corriente y la construcción de las curvas de Tafel.

ANTECEDENTES. Los biomateriales han experimentado un avance significativo en las últimas décadas, revolucionando el campo de la medicina regenerativa e implantaría, sin embargo, las infecciones asociadas a implantes siguen siendo un desafío clínico significativo (Osorio-Delgado et al., 2017). Los materiales con propiedades antimicrobianas y antibacterianas son de suma importancia para prevenir estas complicaciones. Los materiales compuestos CoCrMo son ampliamente utilizados en la fabricación de implantes médicos debido a su excelente combinación de propiedades mecánicas y biocompatibilidad. (Wang et al., 2020). Se ha reportado que la incorporación de cobre a la aleación CoCrMo, puede conferir propiedades antimicrobianas, antibacterianas, además de inhibir la transformación martensítica la cual es una fase menos resistente a la corrosión, además de promover la proliferación celular (Prado et al., 2012).

OBJETIVO. Caracterización de la microestructura por medio microscopia electrónica de barrido (MEB). Hacer pruebas potenciodinamicas de compuestos CoCrMo/xCu en solución de Hank. Procesamiento de datos potenciodinamicos para cada sistema

MATERIALES Y MÉTODOS. En este estudio, se caracterizaron cuatro muestras previamente fabricadas por metalurgia de polvos. Se usaron polvos de CoCrMo y Cu en las relaciones 90/10, 85/15, 80/20 y 75/25 %wt. El ciclo térmico empleado fue a partir de una aleación de CoCrMo con diferentes porcentajes de cobre añadido (10-25%). El ciclo térmico se detalla en la Fig. 1: partiendo de temperatura ambiente se calentó a 10°C/min hasta llegar a 500 °C donde se mantuvo por 45 min para eliminar el aglutinante usado, posteriormente se volvió a calentar con una velocidad de 15°C/min hasta llegar a los 1150 °C manteniendo una hora, finalmente se dejo enfriar en el horno

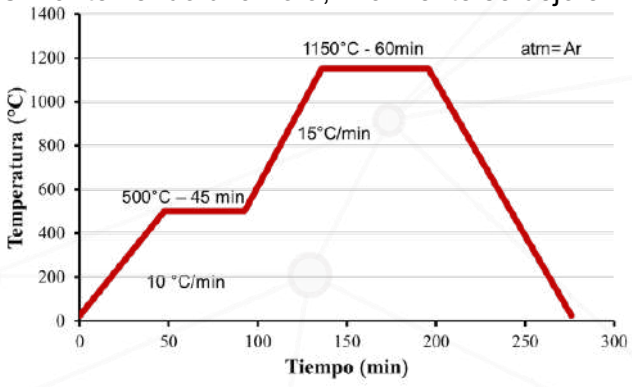


***Figura. 1**. Ciclo térmico empleado*

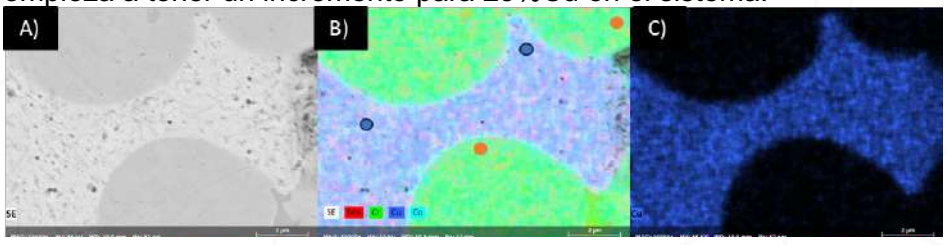
Se procedió con la caracterización mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y un dispositivo JEOL JSM-6400. El cual consistió en un mapeo elemental para buscar cambios en la microestructura de las probetas como es la formación de nuevos compuestos

inducidos por los ciclos térmicos aplicados. Asimismo, se realizaron pruebas potenciodinámicas mediante un potenciostato (Gamry, modelo Referencia 600, UE). Están elaborados con referencia a ciertos puntos de la norma ASTM G59-97. Además, se realizarán experimentos con una configuración típica de 3 electrodos: un electrodo de trabajo (muestra a caracterizar), un contraelectrodo (electrodo de grafito) y un electrodo de calomelanos saturado (SCE) como referencia. Como electrolito, utilice fluido corporal simulado de salida humana también llamado solución de Hank con una temperatura de 37 ± 1 °C y un pH de 7,4. En la figura 2. Se muestra las especificaciones utilizadas durante cada prueba. Finalmente se graficaron las gráficas de potencial de circuito abierto (OCP).

Prueba	Especificaciones
Potencial de circuito abierto (OCP)	50 min
Espectrometría de impedancia electroquímica (EIS)	100,000 HZ - 0.01HZ 10 (mV) Vs OCP
Pausa	5 min
Potenciostática	-0.5 V - 5 minutos
Potenciodinámicas	-0.5V-1.0V vs OCP - 0.5 $\frac{mv}{s}$

Tabla 1. *Especificaciones de las pruebas potenciodinámicas realizadas.*

RESULTADOS. La adición de cobre modificó la microestructura de los materiales. La microestructura para el contenido de 20% Cu obtenido por medio de microscopia electrónica de barrido se muestra en la Figura 3. Se presenta la micrografía por medio de electrones electro dispersados (a), del mapeo elemental para los elementos Co, Cr, Mo y Cu (b), así como por elemento individual (c-f). Se observa en la Figura 3b que las partículas de CoCrMo (puntos naranjas) mantienen su forma esférica por lo que la sinterización fue deficiente, sin embargo, se corroboro la formación de una fase liquida la cual está compuesta del elemento Cu, este se formó debido a que el Cu tiene un punto de fusión de 1080°C. Esta zona de fase liquida (puntos azules), es mayor al aumentar la cantidad de Cu al sistema. El líquido lleno parte de la porosidad remanente de la sinterización, permitiendo lograr una mayor densificación de las probetas. Como se observa en la interfase del CoCrMo y el Cu no existe una reacción aparente entre los dos componentes. Lo cual presenta la ventaja de no formación de fases secundarias como es el caso de compuestos del tipo intermetálica. En cuanto a la resistencia a la corrosión se hicieron pruebas potenciodinámicas encontrando cambios en la resistencia a la corrosión. La cual aumenta progresivamente en el rango de 10 a 20%wt. Sin embargo, la velocidad de corrosión empieza a tener un incremento para 25%Cu en el sistema.



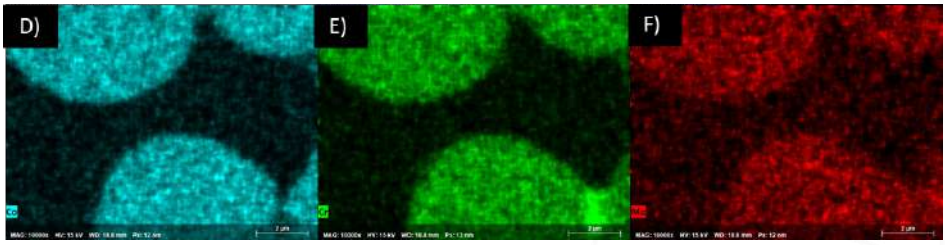


Fig. 2 *Micrografía realizada por medio de electrones electro dispersados.*

	10	15	20	25
Potencial de circuito abierto(V)	-0.144	-0.192	-0.226	-0.202
Pendiente anódica (mV)	103.77	98.465	98.968	77.165
Pendiente catódica (mV)	176.79	199.21	173.38	193
Densidad de corriente de corrosión ($\frac{Amps}{cm^2}$)	3.16E-06	2.39E-06	1.23E-06	1.76E-06
Potencial de corrosión	-0.14302	-0.1939	-0.21477	-0.17196
Velocidad de corrosión	3.18E-02	2.42E-02	1.26E-02	1.82E-02

Tabla 2. *Resultados obtenidos de pruebas potenciodinámicas.*

CONCLUSIONES. El uso de Cu en el sistema CoCrMo permite la formación de una fase liquida la cual llena los espacios vacíos ocasionados por el sinterizado mejorando la densificación y por ende las propiedades mecánicas de las probetas. Por medio de MEB, se encontró que se presentan dos fases: el CoCrMo y el Cu las cuales no interaccionan formando nuevos compuestos, esto importa debido a que se puede controlar la formación de líquido sin que este interaccione a 1150 °C. Se encontró añadir Cu al sistema mejora las propiedades anticorrosivas, la cantidad optima de refuerzo es 20 %Cu y al aumentar esta cantidad la velocidad de corrosión empieza a aumentar. Las pruebas potenciodinamicas fueron realizadas en fluido salival humano simulado por lo que se podría adecuar a aplicaciones de sustituto dentales.

REFERENCIAS.

1. J.M. Guilermany*, M. Torrel*, S. D., & J.R. Miguel*. (2008). Caracterización de las propiedades de resistencia a la oxidación y desgaste de recubrimientos de proyección térmica de alta velocidad para la protección de incineradoras de residuos sólidos urbanos. REVISTA DE METALURGIA.
2. Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., Velásquez-Cock, J. A., Cañas-Gutierrez, A. I., Restrepo-Múnera, L. M., Gañán-Rojo, P. F., Zuluaga-Gallego, R. O., Ortiz-Trujillo, I. C., & Castro-Herazo, C. I. (2017). Aplicaciones biomédicas de biomateriales poliméricos. DYNA (Colombia), 84(201), 241–252. doi: 10.15446/dyna.v84n201.60466
3. Prado, V. J., Vidal, roberto, durán, C., & Valeria Prado, D. (2012). Aplicación de la capacidad bactericida del cobre en la práctica médica. In Rev Med Chile (Vol. 140).
4. Salvador, J., Arrieta, E., Bustamante, R. P., Ciateq, P., Aguascalientes, S., Aguascalientes, A., Centro De Tecnología Avanzada, M., Luis, A. C. S., & México, S. L. P. (2020.). Diseño de experimentos como mejora en procesos de metalurgia de polvos.
5. Wang, R., Qin, G., & Zhang, E. (2020). Effect of Cu on Martensite Transformation of CoCrMo alloy for biomedical application. Journal of Materials Science and Technology, 52, 127–135. doi: 10.1016/j.jmst.2020.04.012

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124156

DELIMITACION DE ESPECIES PARA EL GENERO LATRODECTUS (THERIDIIDAE) EN EL ESTADO DE MICHOACAN

Andrea Coria Villalón[1], Omar Chassin Noria[2], Andrés Sánchez Piña[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com
2 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; juang@gmail.com
3 Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; omar.chassin@umich.mx

Palabras Clave: Arañas, genética, especies.

RESUMEN. El grupo de las arañas es de los más numerosos de los artropodos a nivel mundial. En México se encuentran los géneros de arañas violinista (Loxoxeles) y viudas (Latrodectus) consideradas de importancia médica. Los organismos del género Latrodectus son conocidos por sus patrones de coloración en el opistosoma y conocida en varias culturas por el comportamiento de canibalismo de la hembra hacia el macho. Las especies de este género, nativas de México, son muy parecidas fenotípicamente lo que hace que la identificación morfológica no sea sencilla. Recientemente Cabrera Espinoza y Valdez Mondragón (2023) publicaron la descripción Latrodectus occidentalis reportándose un total de cuatro especies de este género en el país, tres especies nativas con fenotipo negro, L. mactans, L. hesperus, L. occidentalis y L. geometricus con fenotipo café e identificada como especie invasora (Valdez Mondragon y Cabrebra Ezpinoza 2023). En Michoacán se han reportado tres de estas especies y se ha sugerido la presencia una cuarta, Latrodectus hesperus (Salceda Sanchez et al. 2017; Maldonado Carrizales et al. 2021). En el presente proyecto se presentan los resultados de variación e identidad genética, de muestras biológicas del estado de Michoacán, a partir de secuencias de la región (ITS) obtenidas muestras bilogicas de Michoacán. Se identificó un ejemplar con fenotipo negro que mostró afinidad con L. hesperus, de este ejemplar se secuenció el gen COI (BOLD System), lo que permitió demostrar la presencia de esta especie en Michoacán. Adicionalmente con el empleo de filogenias se presenta las relaciones filogenéticas de ambos fenotipos. La presencia de L. hesperus en Michoacán es consistente con lo sugerido por las publicaciones anteriores. Esto demuestra la importancia de los análisis a nivel molecular para mejorar los métodos de identificación de la diversidad de arañas, así como para el estudio de su biología, conservación y la salud pública.

INTRODUCCIÓN. Las arañas son de los grupos más numerosos a nivel mundial contando actualmente con más de 52 000 especies registradas y cada día va en aumento. (Word Spider Catalog, 2024). En esta variedad de especies existen las que causan problema en la salud, como una reacción subcutánea por el contacto de pelos urticantes o, en caso de mayor gravedad, el envenenamiento mediante mordeduras. Las arañas utilizan el veneno como mecanismo de defensa o para poder atrapar presas y alimentarse, sin embargo, hay venenos que presentan un problema para la salud humana, denominando a estos organismos de importancia médica (Corcuera, P. & Jiménez M. L. 2008). Mundialmente solo seis géneros del orden araneae se consideran de importancia medica por las implicaciones que tiene su veneno a la salud humana, Sicarius, Hexophthalma, Loxosceles, Atrax,

Phoneutria y Latrodectus. En México tenemos a dos de estos géneros Loxoxeles Heineken y Lowe, 1832 y Latrodectus Walckenaer,1805. En cuanto a las arañas violinistas hay reportadas 39 de las cueles 37 son nativas poniendo a México en primer lugar de diversidad de arañas violinistas, y teniendo cuatro especies registradas del género de las viudas de las cuales tres son nativas (Latrodectus mactans, Latrodectus hesperus y *Latrodectus Occidentalis*) y una se considera invasora (Latrodectus geometricus)(Valdez-Mondragón et al 2018, Valdez-Mondragon y Cabrera- Espinosa 2023). Hasta 2022 se tenían reportadas tres especies del género en México; Latrodectus mactans, Latrodectus hesperus y Latrodectus geometricus hasta que en octubre de 2023 se describió una nueva especie Latrodectus Occidetalis con presencia en varios estados de la república, incluyendo a Michoacán. Con esta especie solo se tenían tres de las cuatro especies registradas para México en el estado, excluyendo a hesperus. la razón de por qué no se ha registrado L. Hesperus se debe a la falta de estudios que nos ayuden a delimitar entre especies ya que en años pasados se ha sugerido que L. Mactans y L. Hesperus comparten un gran parentesco fenotípico que nos impide discernir entre una especie u otra. (Valdez-Mondragon y Cabrera-Espinosa 2023). A la fecha hay pocos trabajos que abordan la identificación de especies de este género en México desde la perspectiva genética, a comparación de la morfológica lo que nos da un panorama cerrado para la investigación, en el presente trabajo se utilizaron herramientas genéticas para poder evaluar la presencia de las diferentes especies del género Latrodectus en Michoacán.

ANTECEDENTES. En 2004 Zhang, Cook y Horner utilizaron la región espaciadora interna transcrita (ITS) para analizar la variabilidad de dos especies del género Latrodectus que comparte gran similitud fenotípica en tres poblaciones de Norteamérica, las dos especies en cuestión fueron Latrodectus mactans y Latrodectus hesperus. Los análisis de la región nuclear no obtuvieron valores significantes para discernir entre una especie u otra, en este trabajo se utilizaron alrededor de 360 nucleótidos por lo que se sugiere el utilizar más nucleótidos para un mejor análisis y mayor certidumbre. En 2008 Vink et al se realizó un estudio en Nueva Zelanda donde se buscó encontrar la variación genética entre sus especies nativas del género para conocer el estado de conservación de estas, se utilizó también la región nuclear ITS además de otros marcadores moleculares para darle mayor sustento, como resultado obtuvieron que Latrodectus atrius que ponían en duda de ser una especie aparte, es un sinónimo menor de Latrodectus katipo. En 2023 Valdez-Mondragón y Cabrera-Espinosa Utilizaron diversos marcadores moleculares y análisis morfológicos para describir una nueva especie con distribución en una gran parte del país. Latrodectus occidentalis se confirmó para el estado de Michoacán sumando un total de cuatro especies del género reconocidas en el estado: Latrodectus mactans, Latrodectus occidentalis y Latrodectus geometricus.

OBJETIVO. Delimitar las diferentes especies del género Latrodectus en Michoacán.
Definir la variación haplotidica de las poblaciones del género Latrodectus en Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se llevo a cabo una colecta de material biológico en distintas entidades del estado de Michoacán. Las muestras se tomaron mediante colecta directa con pinzas entomológicas y se conservaron en etanol absoluto. Se realizaron extracciones de ADN a cada una de las muestras recolectadas con el equipo de extracción QIAGEN DNeasy Tissue y se verifico su calidad procesándolas en una solución de agar al 1%, al comprobar

su calidad se llevaron a cabo pruebas de PCR con el protocolo del marcador molecular Cas18sbd1 obtenido del trabajo realizado por Zhang et al en 2004. Al igual que, para el ADN, los productos de PCR fueron puestas en agar al 1% con un marcador de 1000 pares de bases y un control positivo. Cuando se verifico la calidad y el tamaño de las muestras se mandaron a amplificar a un laboratorio de servicios. Con las secuencias se procedió a depurarlas con ayuda de programas bioinformáticos. Con estos pudimos hacer relaciones filogenéticas.

RESULTADOS. Se espera que los análisis con análisis genómicos nos demuestren la presencia de las diferentes especies de *Latrodectus* que no podemos confirmar o rechazar con análisis morfológicos. Se espera que podamos confirmar la presencia de *Latrodectus hesperus* en el estado de Michoacán

REFERENCIAS.

1. Corcuera, P., & Jiménez, M. L. (2008). Las arañas de México. Ciencia. Enero-Marzo
2. Maldonado-Carrizales, J., Ponce-Saavedra, J., & Valdez-Mondragón, A. (2021). Riqueza y abundancia de arañas (Arachnida: Araneae) en ambientes urbanos y su vegetación aledaña al poniente de la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Revista mexicana de biodiversidad
3. Salceda-Sánchez, B., Hernández-Hernández, V., Conde-Sánchez, E., Vargas-Olmos, M., López-Cárdenas, J., & Huerta, H. (2017). Nuevos Registros de Distribución del Género Latrodectus Walckenaer y Loxosceles Heineken y Lowe en México. Southwestern entomologist,
4. Valdez-Mondragón, A., Cortez-Roldán, M. R., Juárez-Sánchez, A. R., & Solís-Catalán, K. P. (2018). A new species of Loxosceles Heineken & Lowe (Araneae, Sicariidae), with updated distribution records and biogeographical comments for the species from Mexico, including a new record of Loxoscelesrufescens (Dufour). ZooKeys, (802), 39
5. Valdez-Mondragón & Cabrera-Espinosa. (2023). Phylogenetic analyses and description of a new species of black widow spider of the genus Latrodectus Walckenaer (Araneae, Theridiidae) from Mexico; one or more species?. European Journal of Taxonomy, 897, 1-56.
6. Vink, C. J., Sirvid, P. J., Malumbres-Olarte, J., Griffiths, J. W., Paquin, P., & Paterson, A. M. (2008). Species status and conservation issues of New Zealand's endemic Latrodectus spider species (Araneae: Theridiidae). Invertebrate Systematics, 22(6), 589-604
7. World Spider Catalog. 2024. WSC. Version 25.5. Natural History Museum Bern. Disponible https://wsc.nmbe.ch/ [septiembre de 2024]
8. Zhang, D., Cook, W. B., & Horner, N. V. (2004). ITS2 rDNA variation of two black widow species, Latrodectus mactans and Latrodectus hesperus (Araneae, Theridiidae). The Journal of Arachnology, 32(2), 349-352.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124158

DESARROLLO DE UN MÉTODO ELECTROANALÍTICO DE DETECCIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO BASADO EN UN SENSOR DE NANOTUBOS DE TiO_2 CON DOPAJE DE Ag

Zaira Mora Mora[1], Ma. Guadalupe Garnica Romo[2]
1 PIDCB, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2026096g@umich.mx
2 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ggarnica@umich.mx

Palabras Clave: Electroanalítica, nanosensor, electroquímica.

RESUMEN. Los métodos electroquímicos emergen como una alternativa eficaz a las técnicas tradicionales como la cromatografía o la espectroscopía para la determinación cuantitativa de compuestos redox como las vitaminas y/o antioxidantes, entre ellos destacando el ácido ascórbico (vitamina C), por sus propiedades como nutriente esencial y antioxidante no solo es de importancia en la salud, si no, es de gran interés en diversas industrias. En este contexto, los nanotubos de dióxido de titanio (TiO_2NTs) han demostrado ser una plataforma prometedora para el desarrollo de este tipo de sensores debido a su alta estabilidad y área superficial. Además, al introducir un dopante metálico como el hierro (Fe), el níquel (Ni), la plata (Ag), entre otros, se ha evidenciado una mejora en la capacidad conductiva. Este estudio se enfoca en el desarrollo de un método para la detección de ácido ascórbico utilizando un nanosensor de TiO_2NTs dopados con Ag, con el objetivo de mejorar la en el análisis de este compuesto. La síntesis de los TiO2NTs y su respectivo dopaje con Ag se realizó por anodizado electroquímico, seguido de calcinación para la cristalización del TiO2, posterior se realizaron caracterizaciones con las técnicas de microscopia electrónica de barrido (SEM) para el análisis morfológico, mientras que la composición y su distribución se determinó por espectroscopía de energía dispersiva (EDS). La determinación de los parámetros analíticos se realizó por la técnica de voltimetria cíclica (VC). Los resultados comprobaron la formación de nanotubos ordenados perpendiculares al sustrato base y paralelos entre sí, el microanálisis sugiere la formación de TiO2 y la presencia del dopante. El sensor desarrollado detecto eficazmente ácido ascórbico, en un rango de 1 a 4 mM, con una alta sensibilidad de 0.216 µA/µM, potencial de 0.9 V y una velocidad de barrido de 100mV/s, respuesta superior a la obtenida en el sensor sin dopaje.

INTRODUCCIÓN. Los métodos electroquímicos ofrecen una alternativa eficiente y sensible a los métodos tradicionales para la detección de compuestos como el ácido ascórbico, que juega un papel clave en procesos biológicos y es un antioxidante de gran relevancia. En este contexto, los nanotubos de dióxido de titanio (TiO_2) han demostrado ser una plataforma prometedora debido a su alta estabilidad y área superficial. Al doparlos con nanopartículas de plata (Ag), se mejora su conductividad y capacidad de detección. Este estudio propone la creación de un nanosensor basado en nanotubos de TiO_2 dopados con Ag para la detección precisa y eficiente de ácido ascórbico. La combinación de estas tecnologías podría ofrecer una mejora significativa en la sensibilidad y selectividad de los métodos electroquímicos actuales, contribuyendo a avances en el monitoreo de compuestos

antioxidantes. Los nanotubos de óxido de titanio (TiO_2NT´s) son estructuras cilíndricas huecas con al menos una de sus dimensiones en el rango nanométrico, en la última década se han vuelto tendencia en una diversidad de áreas de estudio ambientales y clínicas por su biocompatibilidad, gran área superficial, estabilidad térmica, bajo costo, procesos simples de síntesis a baja temperatura, alta resistencia mecánica y propiedades catalíticas y de semiconductor; recientemente han adquirido gran interés en el sector alimentario por su estabilidad y nula toxicidad, además de las características antes mencionadas. [1] La oxidación anodica, destaca entre los métodos de sintesis por su baja temperatura de trabajo, procesamiento relativamente simple, bajo costo y estructuras resultantes altamente ordenadas y orientadas perpendicularmente al sustrato favoreciendo la difusión de iones y aunado a una mayor área superficial incentiva la eficiencia de sus propiedades cataliticas y de semiconductor. [1] El método consiste en aplicar una diferencia de potencial (V) en una celda electrolítica generalmente conformada por dos electrodos (ánodo y cátodo), donde el sustrato para el crecimiento de las nanoestructuras se conecta como ánodo (polo positivo) y como cátodo (polo negativo) se usa un conductor inerte. Se utiliza un electrolito ácido u orgánico en presencia de iones F^-. Las condiciones del proceso están ligadas a las características morfológicas, composicionales y estructurales resultantes. Este método es considerado como un enfoque top-down donde el crecimiento de los nanotubos se rige por la competencia de dos principales reacciones que tienen lugar en el ánodo del sistema: La formación de una capa de óxido y su disolución química. Las características esperadas de los nanotubos estarán en función de la aplicación deseada, no ha sido reportado ampliamente para sensado en matrices alimenticias, sin embargo, algunos autores sugieren que en aplicaciones que dependen directamente del área superficial se recomiendan nanotubos de baja dimensión que provean mayores sitios de acción sin embargo dimensiones muy pequeñas podrían comprometer la capacidad de facilitar la transferencia de cargas. Una de las técnicas para mejorar sus propiedades como sensor es introducir pequeñas cantidades de un metal de transición como la plata para aumentar su conductividad. Por lo que este estudio se enfoca en el desarrollo de un nanosensor basado en nanotubos de TiO_2 dopados con Ag para mejorar la precisión y selectividad en la detección electroquímica del ácido ascórbico, ofreciendo una herramienta avanzada para el control analítico en sectores clave.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología se realizó en 2 etapas, el crecimiento y dopaje simultaneo de los nanotubos y la segunda etapa corresponde a la caracterización y análisis. La síntesis y dopaje se realizaron por el método de anodizado electroquímico de un solo paso, es decir, ambos procesos fueron simultáneos, lo que favoreció la distribución uniforme del dopante. Una vez fabricados lo electrodos o sensores, se llevaron a un proceso térmico para inducir la cristalización del nanomaterial. La segunda etapa correspondiente a las caracterizaciones, se realizaron pruebas para conocer la morfología, la composición elemental y su distribución, y por último por medio de pruebas electroquímicas se probo y caracterizó el funcionamiento de los sensores desarrollados aplicados en la detección de ácido ascórbico grado reactivo y la determinación de los parámetros analíticos del método de sensado, para lo anterior su utilizó una celda electroquímica de tres electrodos en electrolito de KCl 1 M, y se utilizó ácido ascórbico grado reactivo.

RESULTADOS. Las micrografías mostradas en la Fig.1 (A-C) evidencian el efecto del proceso de anodizado con el crecimiento de los nanotubos de diámetros y espesores de pared uniformes, por otro lado, se no se observa un cambio significativo referente a

morfología por la presencia del dopante durante la síntesis de los nanotubos, por lo que se induce, no ejercerá un efecto negativo o adverso es las propiedades como sensor. Complementando el análisis morfológico y mediante aditamento EDS en la técnica SEM, de determino la presencia de Ti, O y Ag, este último, en un bajo porcentaje de 0.29 %at (Fig. 2), adicionalmente en los insertos de la Fig. 2 C), se muestra la distribución de los elementos superficiales presentes, comprobando que el método de síntesis y dopaje simultaneo de los nanotubos ofrece una buena distribución uniforme del dopante.

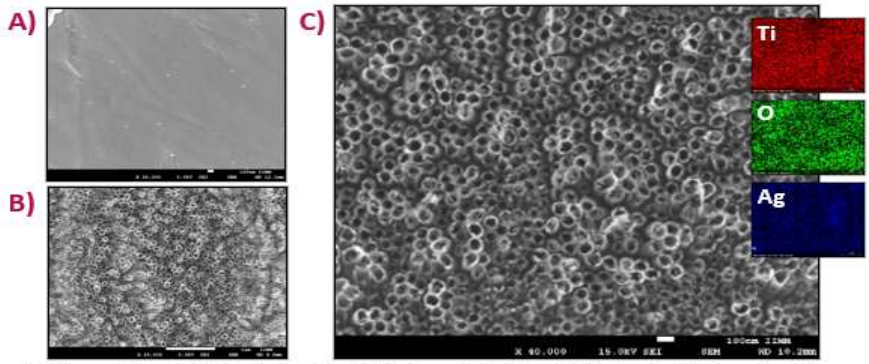


Fig. 1. Micrografías SEM (Vista frontal). A) Lámina de Ti, B) y C) Lámina de Ti después del proceso de anodizado para el crecimiento con y sin dopaje simultaneo de nanotubos de TiO_2, respectivamente.

Figura 1. *Micrografías SEM (Vista frontal). A) Lámina de Ti, B) y C) Lámina de Ti después del proceso de anodizado para el crecimiento con y sin dopaje simultaneo de nanotubos de TiO_2, respectivamente.*

Los resultados morfológicos y de composición comprueban el crecimiento de TiO_2 en forma nano tubular alta mente ordenados y confirman la presencia del dopante en una cantidad baja.

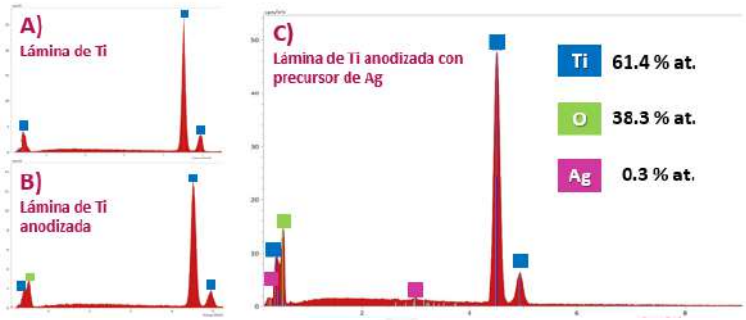


Figura 2. *Espectros EDS y microanálisis. A) Lámina de Ti, B) y C) Lámina de Ti después del proceso de anodizado para el crecimiento con y sin dopaje simultaneo de TiO_2NTs, respectivamente.*

Una vez comprobada la síntesis y dopaje de los TiO_2NTs se realizaron las pruebas electroquímicas para evaluar su comportamiento y efectividad como sensor en la determinación cuantitativa de ácido ascórbico. En la Fig. 3 se muestra la comparación entre la respuesta analítica de los diferentes materiales, la lámina de Ti sin anodizar y la lámina anodizada con y sin presencia de dopante, es notoria la mayor sensibilidad que presenta el sensor de TiO_2NTs con Ag, atribuido a que la plata disminuye la recombinación de electrones y huecos generados al aplicar un campo eléctrico, lo que incentiva su conductividad y da como resultado una mayor respuesta de detección del analito.

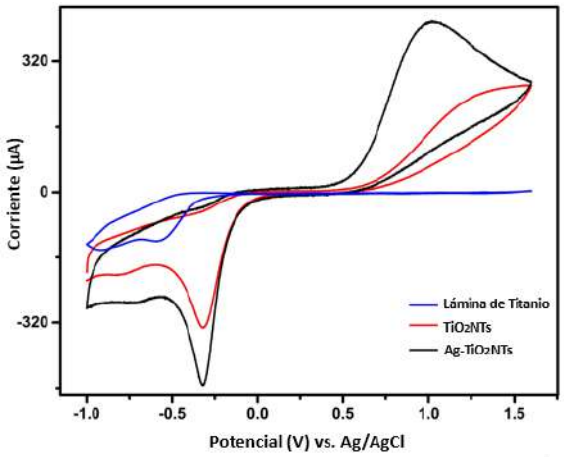


Figura 3. *Voltamogramas Cíclicos, comparación de la respuesta de detección de ácido ascórbico entre la lámina de Ti, y los TiO_2NTs con y sin dopaje.*

Como parte de los parámetros analíticos que requiere un método electroquímico cuantitativo se realizaron pruebas para determinar la velocidad de barrido con la que el sensor trabaja de forma más sensible, en la Fig. 4 se muestra la respuesta obtenida en diferentes velocidades de barrido.

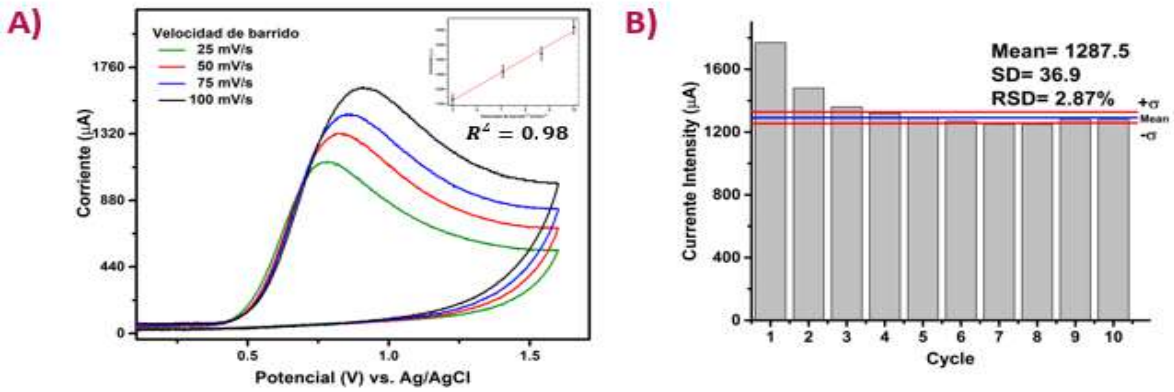


Figura 4. *A) Voltamograma cíclico, respuesta en diferentes velocidades de barrido del sensor de TiO_2NTs con Ag, B) Prueba de estabilidad a 10 ciclos (repetibilidad).*

La velocidad de 100 mV/s ofrece la respuesta más sensible en un potencial de oxidación de 0.9V por lo que estos parámetros fueron determinados como los parámetros analíticos de trabajo. Además, como se observa la Fig. 4 B), la respuesta se estabiliza posterior al tercer ciclo, por lo que, en adelante, la respuesta a evaluar será a partir del tercer ciclo.
Por último, en la Fig. 5 se muestra un voltamograma cíclico y el correspondiente ajuste lineal de la curva de calibración construida para determinar la sensibilidad del sensor, así como el rango lineal y evidenciar la estabilidad. Se obtuvo una sensibilidad de 0.216 µA/µM en un rango de 1 a 4 mM, cuya linealidad ofrece correlación de 0.99.

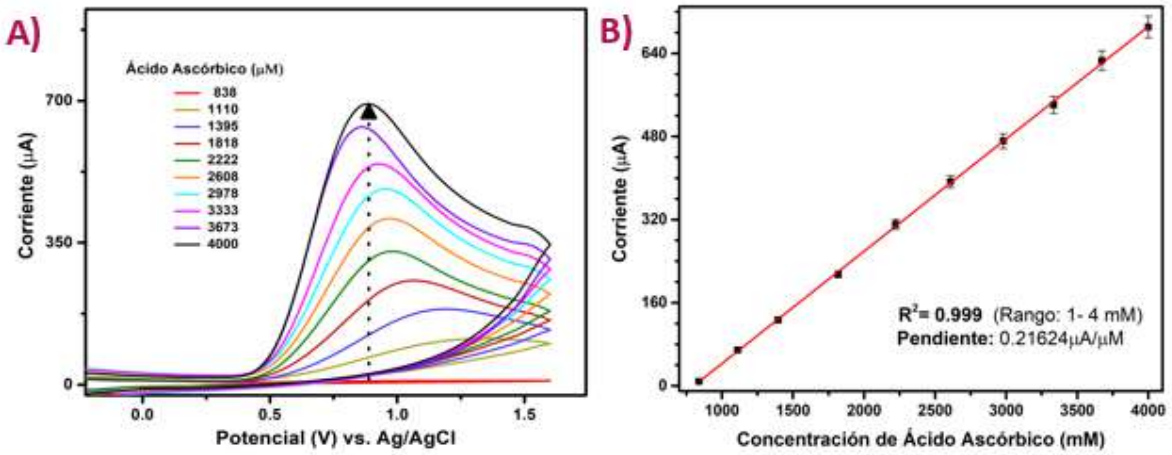


Figura 5. *A) Voltamograma cíclico y B) ajuste lineal de la respuesta electroanalítica del sensor de TiO2NTs con Ag en un rango de 1-4mM.*

CONCLUSIONES. Se desarrollo exitosamente un método electroquímico de detección de ácido ascórbico mediante la fabricación y caracterización de un sensor basado en TiO2NTs con dopaje de Ag, logrando una cuantificación rápida, simple, económica con gran potencial para la detección de analitos redox y con oportunidad para la miniaturización. El siguiente reto es la determinación de las condiciones optimas de sensado en matrices alimenticias que contengas ácido ascórbico de forma natural o como fortificante o aditivo.

REFERENCIAS.

1. Manescu, V., Paltanea, G., Popovici, D., & Jiga, G. (2016). Electrical Characterization of TiO2 Nanotubes Synthesized Through Electrochemical Anodizing Method. American Institute of Physiscs. doi:10.1063/1.4949714

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124159

SÍNTESIS DE NANOCOMPOSITOS DE Fe3O4@TiO2 Y Fe3O4@Glicina Y SU ACTIVIDAD CATALÍTICA EN LA REACCIÓN DE CONDENSACIÓN ALDÓLICA

Michelle Pérez Rios[1], Azury Nava Guzman[2], Ismael Santos Ramos[3], Enrique Sánchez Mora[4], Anabel Romero López[*5]

1 TECNM Campus Ciudad Hidalgo, Ingeniería en Nanotecnología, n22030386@itsch.edu.mx

2 Instituto de Física; Ecocampus Valsequillo, azurynavaguzman@gmail.com

3 Instituto de Física; Ecocampus Valsequillo, isantos@buap.mx

4 Instituto de Física; Ecocampus Valsequillo, esanchez@ifuap.buap.mx

5 Instituto de Física; Ecocampus Valsequillo, anabelrl@ifuap.buap.mx

Palabras Clave: Nanotecnología, Reacción Aldólica, Nanopartículas (NPs), Magnetita (Fe3O4).

RESUMEN. El desarrollo de la nanotecnología es considerado como la revolución industrial del siglo XXI que permite la combinación de materiales de distinta naturaleza, lo que mejora las propiedades físicas y químicas de los materiales, para aplicaciones ambientales y biológicas; en este sentido las nanopartículas de magnetita (Fe3O4) atraen la atención como catalizadores en las reacciones aldólicas, y además poder recuperarse y reutilizarse aprovechando sus propiedades magnéticas. La funcionalización de la magnetita con diferentes moléculas como dióxido de titanio (TiO2) o glicina favorecen la actividad catalítica del composito. En este trabajo, se desarrolló un método simple y eficiente para sintetizar nanocompositos de Fe3O4@TiO2 y Fe3O4@Glicina. Las NPs de Fe3O4 se prepararon por el método de coprecipitación química bajo la presencia de gas N2, para evitar la oxidación. Enseguida, la síntesis de las nanopartículas de Fe3O4@TiO2 se realizó por el método sol-gel con la ayuda de un rotavapor. El composito de Fe3O4@Glicina se sintetizo incorporando la glicina a la solución de las sales de hierro en la reacción de formación de magnetita. Los nanomateriales fueron caracterizados por Difracción de Rayos X (DRX), Microscopia Electrónica de Barrido (SEM), Dynamic light Scattering (DLS) y Potencial Zeta. Los resultados de SEM muestran una morfología cuasiesférica y un tamaño promedio de 25 nm para las NPs Fe3O4, el diámetro hidrodinámico obtenido por DLS es de 125 nm y su valor de Potencial Zeta es de -10.5 eV, esto debido a la aglomeración provocada por sus propiedades magnéticas, por DRX se obtuvo una estructura cristalina cúbica la cual corresponde a espinela inversa. Finalmente, el composito de Fe3O4@Glicina mostró resultados favorables en la reacción aldólica, la cual fue monitoreada por Cromatografía en Placa Fina, observando la formación de un compuesto más polar que el aldehído, el cual corresponde al producto aldólico generado.

INTRODUCCIÓN. La nanotecnología (deriva del griego nano que significa enano) es el control de la materia a escalas de entre 1 y 100 nanómetros. Es la posibilidad de manejar las cosas a escala molecular, atómica y subatómica, lo que podría reportar beneficios increíbles a las sociedades presentes y futuras. Entre sus campos de aplicación se incluyen:

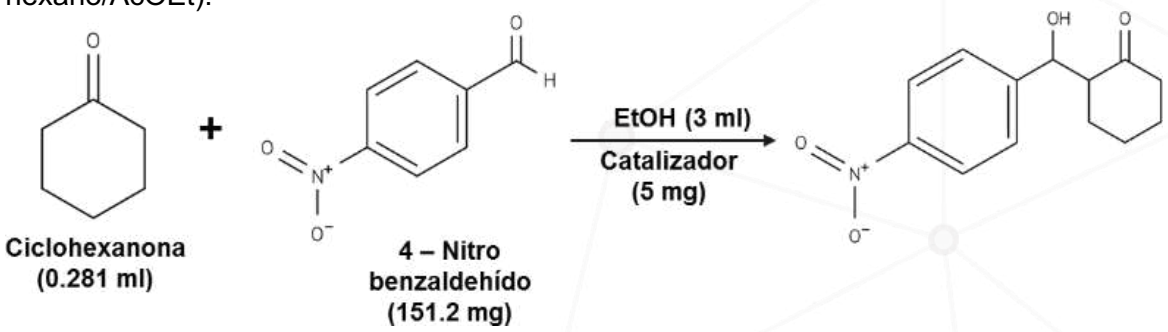
medioambiente, exploración espacial, tecnologías de la comunicación e informática, sector energético, textil, construcción, agricultura, ganadería, electrónica, cosmética, industria militar, automovilística, seguridad personal e higiene, entre otras. Hoy existen cerca de 3 mil productos generados con nanotecnología, la mayoría para usos industriales, aunque las investigaciones más avanzadas se registran en el campo de la medicina y la biología. [1]
La reacción aldólica se encuentra entre las reacciones de formación de enlaces C-C más importantes y fundamentales en la síntesis orgánica. Por lo que, el uso de las reacciones aldólicas a nivel comercial y académico actualmente es de gran importancia. Los catalizadores heterogéneos como las NPs magnéticas son utilizados en la reacción aldólica ya que proporcionan alto rendimiento, estabilidad, reutilización y fácil de recuperar usando una fuerza magnética [2]

ANTECEDENTES. El avance de la nanotecnología ha tenido un gran incremento los últimos años, en los cuales se han desarrollado varias investigaciones en donde se aplica esta ciencia para la solución de problemas en diferentes campos. Fattahi, N., Kashif, M., & Ramazani, A. (2023) a través de su investigación la cual lleva por nombre “Caesium carbonate functionalized magnetic nanoparticles: An efficient heterogeneous and reusable inorganic catalyst for aldol reaction in water”, realizan un recorrido por la síntesis de nanopartículas magnéticas funcionalizadas a través de un core - shell de dióxido de silicio y Carbonato de Cesio para su aplicación como catalizador en la reacción de condensación aldólica. La recopilación de dicha información tiene como objetivo ofrecer un acercamiento a las propiedades catalíticas de dicho material en la reacción aldólica. [2]

OBJETIVO. Sintetizar y caracterizar nanopartículas magnéticas de Magnetita (Fe_3O_4) y Magnetita con Glicina (Fe_3O_4 - Gly). Sintetizar nanocompositos de Fe_3O_4@TiO_2 y Fe_3O_4-Gly@Ti para su aplicación catalítica en la reacción de condensación aldólica. Probar la eficiencia del catalizador en la reacción aldólica entre la cetona y diversos aldehídos.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Síntesis de nanopartículas de Fe_3O_4 y Fe_3O_4 – Gly. Se disolvieron 8.125 g de Cloruro férrico ($FeCl_3$) y 3.175 g de Cloruro ferroso ($FeCl_2$) en 100 ml de agua desionizada, esta mezcla se mantuvo en agitación por 60 minutos, posteriormente a 30 °C y con agitación vigorosa se adicionó una solución de NaOH (2M) hasta que se alcanzó un pH=13. La temperatura alcanzada fue de 70 °C durante la adición de la base, la reacción se mantuvo en las mismas condiciones por 5 h. Trascurrido este tiempo las nanopartículas se lavaron 6 veces con acetona y se secaron a 40° C en el rotavapor. Para la síntesis de Fe_3O_4 – Gly solo se agregaron 0.16 M de glicina en las soluciones de hierro.
Síntesis de nanopartículas de Fe_3O_4@TiO_2. Para la sintesis de Dióxido de Titanio (TiO_2) se preparó la solución A adicionando etanol (C_2H_6O), ácido nitrico (HNO_3) y agua desionizada (H_2O), en agitación vigorosa. En otro recipiente se preparó la solución B con etanol (C_2H_6O), e isopropóxido de titanio $Ti[OCH(CH_3)_2]_4$, en agitación vigorosa por 2 minutos. Posteriormente se añadió la solución B a la solución A y se dejó 5 minutos en agitación vigorosa, subsecuentemente se añadió 0.1 g de nanopartículas de Fe_3O_4 puras. El composito obtenido fue lavado con etanol y secado en el rotavapor a 40° C.
Reacción aldólica. En un matraz de bola se agregaron 0.2 ml de ciclohexanona 151.2 mg de 4- nitrobenzaldehído en 3 ml de etanol y 5 mg de composito sintetizado, la reacción de

mantuvo en agitación y fue monitoreda por cromatografía en placa fina en un sistema 8:2 hexano/AcOEt).



RESULTADOS.

1. Difracción de Rayos X (DRX)

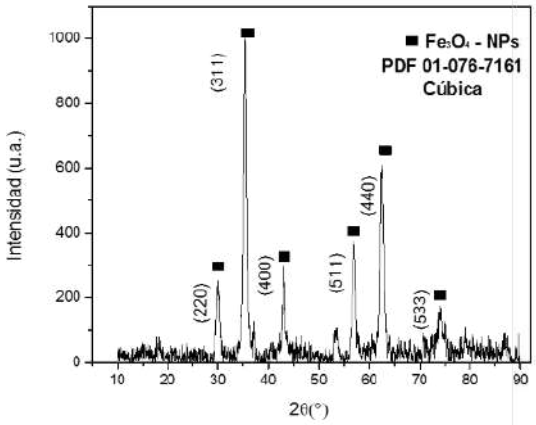


Fig. 1. *Difractograma de Fe3O4 NPs.*

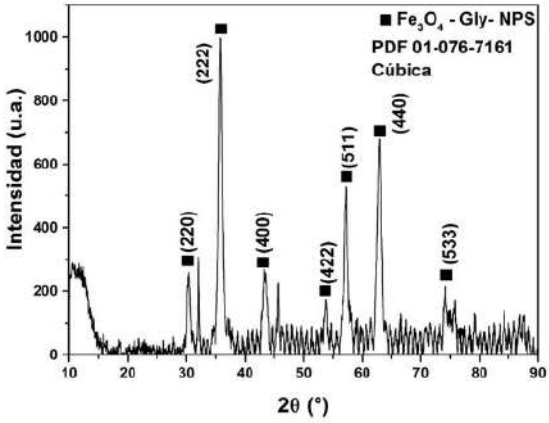


Fig. 2. *Difractograma de Fe3O4 NPs con Glicina.*

2. Potencial Zeta

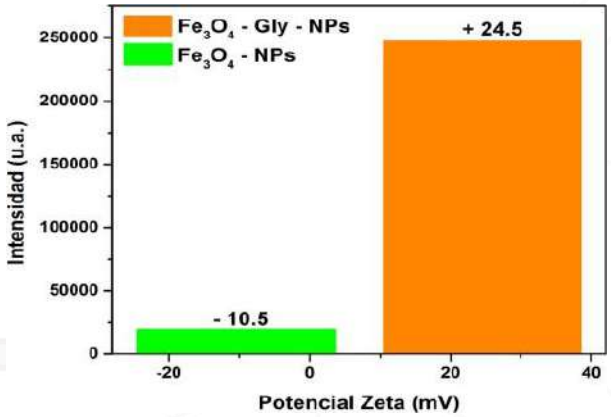


Fig. 3. *Gráfica de Potencial Zeta de Fe3O4 – NPs.*

3. *Micrografías de SEM*

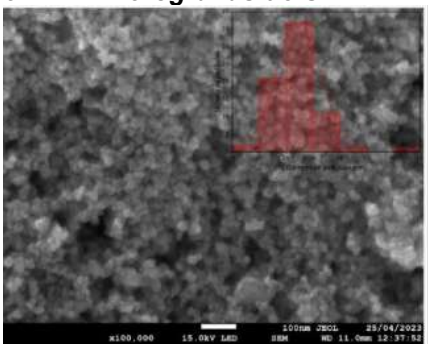


Fig. 4. *Micrografía de SEM de* Fe3O4 *- NPs.*

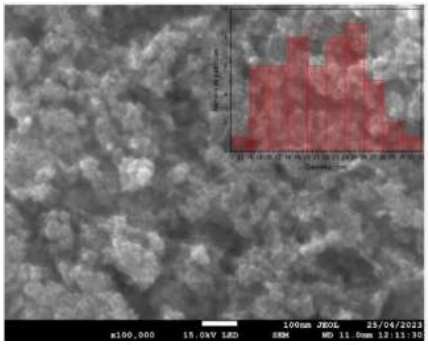


Fig. 5. *Micrografía de SEM de* Fe3O4 *Gly - NPs*

4. *Reacción aldólica*

Prueba	***Cetona***	***Aldehído***	***Medio***	***Catalizador***	***Observación***
1	Ciclohexanona	4 – Nitro benzaldehído	Etanol	Fe3O4 - Gly	No se formó ningún producto.
2	Ciclohexanona	4 – Nitro benzaldehído	Etanol	Fe3O4 - Gly	No se formó ningún producto. Esta placa se tomó 2 h después.
3	Ciclohexanona	4 – Nitro benzaldehído	Etanol	Fe3O4 - Gly	Se formó un nuevo producto. Esta placa se tomó a las 3 h.

CONCLUSIONES.

El uso de las nanopartículas de magnetita presentó buenos resultados, estas se mantuvieron en la fase deseada sin presencia de otros óxidos de Fe, de acuerdo con los resultados obtenidos por DRX en los que se observa la presencia de la estructura cristalina correspondiente a la magnetita con un tamaño de cristalito de 3 nm calculado a partir del pico principal localizado en el índice de Miller (331) con la ecuación de Debye - Scherrer. Por otra parte, los resultados de Potencial Z mostraron una mejor estabilidad de las NPs con el uso de la glicina, cambiando la carga superficial inicialmente negativa a positiva debido a la presencia de grupos amino en la glicina. La morfología observada mediante SEM es cuasiesférica y las nanopartículas presentan un tamaño promedio de 25 nm.

Como catalizador en la reacción aldólica, compositos sintetizados presentaron resultados prometedores según lo observado en las placas de cromatografía de capa fina obtenidas, ya que a las 3 h de reacción se observó la presencia de un nuevo producto más polar que el aldehído. Se planea continuar con esta investigación hasta encontrar las condiciones óptimas para obtener el producto aldólico de manera cuantitativa.

REFERENCIAS.

1. Mejias Sánchez, Y., Cabrera Cruz, N., Toledo Fernández, A. M., & Duany Machado, O. J. (2009). La nanotecnología y sus posibilidades de aplicación en el campo científico-tecnológico. Revista Cubana de Salud Pública, 35
2. Fattahi, N., Kashif, M., & Ramazani, A. (2023). Caesium carbonate functionalized magnetic nanoparticles: An efficient heterogeneous and reusable inorganic catalyst for aldol reaction in water. *Inorganic Chemistry Communications*, *149*, 110388.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124164

SÍNTESIS ECOLÓGICA DE NANODOTS DE CARBONO UTILIZANDO RESIDUOS DE HONGOS: UN ENFOQUE DE PRODUCCIÓN RÁPIDA Y FÁCIL

Marco Antonio Vilchis García, Diana Stephanie Ocegueda Vega

Palabras Clave: Nanodots de Carbono, Residuos de Hongos, Horno de Microondas.

RESUMEN. Los nanodots de carbono (CND) son materiales a base de carbono en escala nanometrica que han suscitado un notable interés debido a sus propiedades fluorescentes ajustables en función del tamaño, lo que les confiere una amplia gama de aplicaciones en biomedicina, optrónica, química y catálisis. Por lo tanto, es fundamental desarrollar métodos de síntesis que sean rápidos, simples, económicos y, sobre todo, respetuosos con el medio ambiente. En esta investigación, se ha explorado una nueva estrategia para la síntesis de CND utilizando residuos de hongos como materia prima. Estos residuos, generados a partir de fuentes naturales, son renovables, de bajo costo y ricos en carbono. Los CND fueron sintetizados mediante un horno de microondas convencional y caracterizados mediante luz ultravioleta. Los resultados obtenidos mostraron fluorescencias en tonalidades azules, lo que indica la presencia de nanodots.

INTRODUCCIÓN. Los nanodots de carbono (CND) son materiales a base de carbono que fueron descubiertos en el año 2004 durante la purificación de nanotubos de carbono de pared sencilla (Li et al., 2012). Los CND son partículas a escala nanométrica, que consisten en un sistema de átomos de carbono conjugados con hibridación sp2 y sp3 lo que genera un comportamiento óptico, eléctrico y magnético diferente a materiales convencionales (Qiong et al., 2015). Además, estos materiales poseen propiedades de fluorescencia, que pueden ser ajustadas de acuerdo al tamaño del nanodot, permitiendo una amplia gama de aplicaciones en campos como biomedicina, optrónica, química, catálisis entre muchas otras (Ji et al., 2020). Estos nanomateriales, pueden funcionarse con biomoléculas, son menos tóxicos, químicamente inertes y pueden usarse como portadores efectivos para la administración de medicamentos, obtención de imágenes biológicas, aplicaciones analíticas debido a su solubilidad en agua, inercia química, baja toxicidad y alta biocompatibilidad (Th.G. & CD, 2020; Zhihao et al., 2018; Zhou et al., 2012). Los CND, se han sintetizado mediante diferentes metodologías, donde en las más comunes se encuentra, la carbonización solvotérmica, pirólisis y tratamiento por microondas, síntesis donde han utilizado una gran diversidad de materiales como las cáscaras de naranja, limón, manzana y sandia. Por otra parte, desde la aparición de la química verde, se ha buscado limitar la generación de productos secundarios tóxicos, que impliquen procesos complejos de desecho, disminuir el consumo energético, y la emisión de gases perjudiciales para el medio ambiente. El creciente uso de los nanodots de carbono hoy en día, requiere de proponer métodos de síntesis simples y amigables con el medio ambiente, para la obtención de carbon nanodots como la síntesis asistida por microondas utilizando como precursor un residuo renovable y de bajo costo como lo son los residuos de hongos.

ANTECEDENTES. Ortega (2019), desarrollo nanopartículas de carbono, no tóxicas y económicas, con propiedades de emisión, que abarcan un amplio rango de foto activación, desde el ultravioleta (UV), hasta el infrarrojo cercano (NIR), donde utilizo precursores de fácil disponibilidad en la naturaleza y de bajo coste. Como resultado obtuvieron CND con aplicaciones fluorescentes, agentes de terapia fotodinámica como nanosensores luminiscentes y como fotosensibilizadores en aplicaciones catalíticas. Zhihao et al., (2018), sintetizaron puntos de carbono de emisión de múltiples colores, con utilidad en sistemas tricromaticos en W-LED, donde utilizaron ácido cítrico y urea como materia prima. Además, plantearon un método ecológico, fácil y energéticamente eficiente, para la preparación de compuestos de puntos de carbono/madera transparente (CDs-TW) mediante la eliminación ultrarrápida de la lignina de la madera utilizando un solvente eutéctico profundo (DES, ácido oxálico y cloruro de colina) bajo tratamiento asistido por microondas. Se fabricó la película de madera transparente que incrustaba CD multicolores, que mostró emisión de luz blanca bajo excitación de luz ultravioleta y resistencia mecánica a la tracción mejorada, lo cual proporciono una ruta simple para preparar materiales de encapsulación a base de madera sin metal para W-LED. Zhou et al., (2012), sintetizaron puntos de carbono, fluorescentes, solubles en agua a través de la carbonización a baja temperatura y filtración simple utilizando cáscara de sandía, un recurso crudo reproducible y de desecho. Este enfoque, permitió la producción a gran escala de dispersiones acuosas de puntos C sin ningún proceso de postratamiento. Los puntos C, preparados tuvieron tamaños de partículas pequeños (~2,0 nm), luminiscencia azul fuerte, vida útil de fluorescencia aceptable y buena estabilidad en una amplia gama de valores de pH (pH 2,0–11,0) y en una alta concentración de sal. Los puntos C obtenidos, se aplicaron con éxito, en imágenes de células vivas, lo que indica que estas nanopartículas de carbono pueden servir como sondas de imágenes ópticas de alto rendimiento.

OBJETIVO. Establecer una metodología fácil, rápida y eficiente, para la obtención de nanodots de carbono, usando residuos de hongos, mediante un horno de microondas convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Preparación del material precursor. Fueron tomadas muestras de residuos de hongo *Pleurotus ostreatus*, y molidas hasta convertirlo en polvo, el polvo resultante fue tamizado, para obtener un tamaño uniforme de partícula. Posteriormente se tomaron muestras de polvo de residuo de hongo, para darles el tratamiento final y pasarlas al horno microondas.



***Figura 1**. Preparación del material precursor*

Obtención de CND. Las muestras preparadas fueron llevadas al horno de microondas convencional donde se realizaron corridas con diferentes tiempos de trabajo. El resultante de la síntesis fue separado, enfriado a temperatura ambiente, dispersado en agua destilada, centrifugado y filtrado. Los CND se obtuvieron mediante un método fácil y rápido de los residuos de hongos mediante síntesis por microondas convencional. Las CND resultantes se caracterizaron por irradiación por luz ultra violeta. También se les realizara la caracterización por espectroscopia Raman y Microscopia Electrónica de Transmisión de alta Resolución.

RESULTADOS. Se puede observar bajo la luz visible, la solución obtenida con carbón nanodots, como un líquido café oscuro y bajo la radiación de luz ultravioleta en una longitud de onda de entre 380 a 400 nm, la solución de carbón nanodos resultante, emite una coloración entre el azul cloro y el verde, como se muestra en la Fig. 2.



Figura 2. *Solución resultante de CND (izquierda) y bajo irradiación UV (derecha)*

CONCLUSIONES. La síntesis de CND utilizando como precursores residuos de hongos, es un método fácil, rápido y ecológico que no requiere de ningún tratamiento posterior y es capaz de generar materiales sustentables. De acuerdo a los resultados obtenidos del espectro de emisión de la PL y la coloración en azul intenso podemos decir que el tamaño de la partícula es menor de los nanómetros.

REFERENCIAS.

1. Ji, D., Reina, G., Guo, S., Eredia, M., Samorí, P., Ménard-Moyon, C., & Bianco, A. *Nanoscale Horizons,* (2020).
2. Li, H., Kang, Z., Yang, L., & Lee, S. *Journal of Materials Chemistry*, (2012), p. 24175–24478.
3. Suvarnaphaet, P., Tiwary, C., Wetcharungsri, J., Porntheeraphat, S., Hoonsawat, R., Ajayan, P., Asanithi, P. *Materials Science and Engineering C*, (2016), p. 914-921.
4. Qiong , W., Wei, L., Jia, T., Yanjiao, W., & Shouxin, L. *Chemical Engineering Journal,* (2015), p. 112–120.
5. Th.G., C., & CD, S. Handbook of Nanomaterials in Analytical Chemistry, (2020)
6. Zhihao , B., Tuanwei, L., Hui , S., Yong, N., & and, L. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering,* (2018), p. 9314-9323.
7. Zhou, J., Sheng, Z., Han, H., Zou, M., & Li, C. *Materials Letters, (2018)*, p. 222-224.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124165

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ÓPALOS INVERSOS DE ZnO

Luis Ángel Ortiz Avilés[1], Maria Eunice de Anda Reyes[2], Enrique Sánchez Mora[2], Ismael Santos Ramos[2*]

Palabras Clave: PMMA; Ópalos; Ópalos inversos ZnO, band gap.

RESUMEN. Los materiales que presentan una variación en la constante dieléctrica con una periodicidad submicrométrica muestran propiedades ópticas difractivas que son potencialmente valiosas para una serie de aplicaciones existentes y emergentes. En este trabajo se sintetizaron microesferas de polimetilmetacrilato (PMMA) mediante el método de polimerización en emulsión libre de surfactante, el tiempo de envejecimiento se varió de 6 a 18 horas, asimismo analizamos la formación de los ópalos altamente ordenados usando el método de centrifugación y los ópalos inversos de ZnO obtenidos impregnando la plantilla de ópalo de PMMA con una solución precursora de acetato de zinc. Después de la solidificación de esta solución ocupa los espacios vacíos del PMMA sintético y mediante eliminación térmica de la plantilla de PMMA en un proceso de 2 rampas de calentamiento, se formó el sólido de ZnO poroso tridimensional que constituye un ópalo inverso; los materiales obtenidos fueron caracterizados por microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopia UV-Vis, reflectancia difusa y Raman. Los resultados obtenidos por SEM muestran el autoensamblaje compacto de los ópalos de PMMA. La morfología de la superficie de los ópalos inversos de ZnO formados por espacios vacíos esféricos de 300 nm de diámetro. Los espectros de reflectancia especular de ángulo variable mostraron que los ópalos poseen una banda pseudofotónica (PBG) en la región visible. La brecha de banda de energía de los ópalos inversos de ZnO es de 3.07 eV. Finalmente, Raman mostro las bandas características del ZnO confirmando así la formación de la fase Wurzita del ópalo inverso.

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad existe un interés en la investigación de materiales con un arreglo altamente periódico en todas sus direcciones, conocidos como ópalos o cristales fotónicos, debido a la posibilidad que ofrecen para controlar los fotones. Se han estudiado varias estrategias para sintetizar ópalos, siendo la más importante la obtención de plantillas de cristales coloidales autoensamblados usando polímeros, además, al ser eliminadas permiten obtener estructuras porosas periódicas, conocidas como ópalos inversos (Sánchez-Mora, Fernádez-Candelario, Gómez-Barojas, & Pérez-Rodríguez, 2013); siendo los ópalos inversos de óxidos metálicos de mayor aplicación, debido a que son materiales macroporosos ordenados tridimensionalmente que aprovechan el ordenamiento y la estructura de la plantilla polimérica para aplicaciones como materiales de almacenamiento de energía y sensores químicos o biológicos soporte de nanopartículas y fotocatalizadores para la degradación de contaminantes orgánicos (Xie, Xing, Li, Xu, & Song, 2015). Uno de los materiales más prometedores para s los ópalos es el ZnO, que cuentan con las características de ser transparente en el rango visible, un alto índice de refracción ~2,0. Así como, ser un semiconductor con una banda prohibida electrónica de ~3,4 eV, a temperatura

ambiente, con una alta energía de enlace de excitón (~60 meV) (Dom, Baby, Kim, & Borse, 2017). Existen diferentes técnicas para fabricar ópalos inversos de ZnO de alta calidad, sin embargo, algunos métodos requieren un equipo especial, elevando su costo de fabricación mientras que métodos como la infiltración tiene un: bajo costo, simplicidad y versatilidad. Los diferentes métodos nos permiten obtener ópalos inversos de Ag, In2O3, ZnO, CeO2, Fe2O3, entre otros (Khan, Pathak, & Fulekar, 2018). Por lo tanto, en el presente trabajo se sintetizaron microesferas de polimetilmetacrilato (PMMA) para la formación de los ópalos altamente ordenados usando el método de centrifugación y obtener los ópalos inversos de ZnO.

ANTECEDENTES. Para obtener ópalos poliméricos es necesario controlar las condiciones de la reacción para evitar subproductos indeseables. X. Li y col (Li & King, 1995) en su investigación determinaron que la eficiencia de conversión de MMA a PMMA depende no solo de las condiciones de polimerización aplicadas, sino también del método utilizado para preparar los sustratos. Aziz y col. (Aziz, Abdullah, Hussein, & Ahmed, 2017) en su investigación determinaron que dependiendo el tipo de método de síntesis se pueden obtener variaciones en los valores del band gap del PMMA. Para el caso de los ópalos inversos de ZnO Morales y col. (Morales, Mora, & Pal, 2007) en su investigación determinaron que las propiedades ópticas de los materiales pueden ser estudiadas usando el formalismo de Kubelka-Munk y las muestras pueden ser en polvo y de esta manera obtener valores del band gap similar a las muestras en líquido. Zhang y col (Zhang et al., 2020) en su investigación obtuvieron ópalos inversos de ZnO mediante diferentes tratamientos térmicos, con la finalidad de obtener las mejores condiciones de síntesis, encontrando que la velocidad de calentamiento influye en la eliminación de la parte polimérica y formación del ópalo inverso.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Síntesis de ópalos de PMMA. Los ópalos fueron obtenidos a partir de microesferas de PMMA, obtenidas, siguiendo la experimentación reportada por Matamoros y col (Matamoros-Ambrocio, Sánchez-Mora, & Gómez-Barojas, 2023). Posteriormente, las microesferas fueron a 4300 rpm por 30 min, retirando el exceso de sobrenadante y dejando reposar hasta su secado total. Posteriormente, 0.7 g ópalos de PMMA fueron impregnados con acetato de Zinc ($Zn(H_3CCOO)_2 \cdot 2H_2O$) 10 mM mediante goteo lento, seguidamente fueron recolectados en un crisol para su siguiente tratamiento.

Síntesis de ópalos inversos de ZnO. Se realizo un tratmiento térmico con los ópalos impregnados partiendo de temperatura ambiente hasta los 450 °C a una velocidad de 2 °C por minuto y 2 h de permanencia en un horno tubular marca AYSPEL modelo HT-A1200, en atmosfera ambiental.

Caracterización de los materiales. Los materiales obtenidos en cada etapa se caracterizaron morfológicamente mediante microscopía electrónica de barrido en un equipo JEOL modelo JSM-5400LV. Las suspensiones coloidales diluidas en agua DI se depositaron sobre obleas de Si limpias. La caracterización óptica se realizó con un espectrómetro UV-Vis-NIR (200–2500 nm) (sistema Cary 5000 UV-Vis-NIR), equipado con un DRA-CA-30I y un Labsphere como referencia para registrar espectros de reflectancia difusa (DRS).

RESULTADOS. El método utilizado permite obtener microesferas sin adicionar algún tipo de estabilizante para mantener la forma del material. En la figura 1a muestra micrografías a 5,0000X de las microesferas de PMMA obtenidas a partir de la polimerización por adición

de radicales, se observa la distribución de las microesferas y su morfología esférica sin la formación de algún subproducto. En la figura 1b se presenta la micrografía del ópalo de PMMA obtenido después del proceso de centrifugación, se observa que se mantiene la morfología y el arreglo de largo alcance, así como regiones de corto alcance que tienen las microesferas. El inserto muestra el histograma de la distribución de tamaño de las microesferas teniendo un tamaño promedio de 250 nm. Éstos resultados indican que el método de centrifugación es ideal para obtener ópalos de PMMA, resultados similares fueron obtenidos por (Matamoros-Ambrocio et al., 2023) quienes usaron diferentes relaciones de monómero e iniciador.

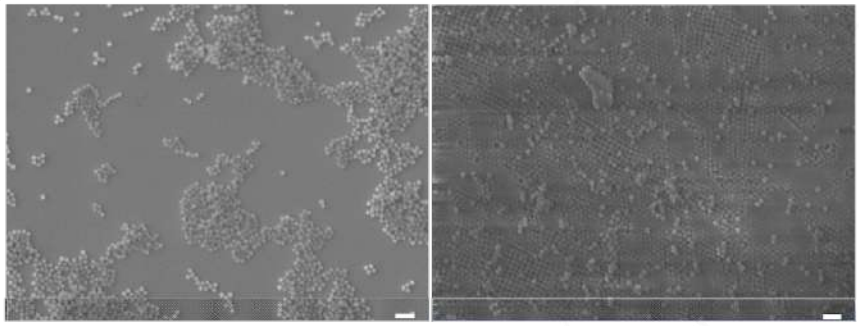


Figura 1. *Micrografías SEM, a) microesferas de PMMA y b) ópalo de PMMA y su inserto de la distribución de tamaño.*

En la figura 2 se muestra el espectro de reflectancia difusa en el intervalo UV-Vis-NIR del ópalo de PMMA. Los espectros en la región UV (200 a 400 nm) muestran un borde de absorción pronunciado, mientras que en la región visible (400 a 800 nm), la absorción es baja y prácticamente constante. En la región NIR (800 a 2500 nm) están presentes siete bandas relacionadas con las vibraciones de los enlaces y grupos funcionales relacionados con C-H y C-O. En la figura 2b se muestra el gráfico para el cálculo del band gap el cual es de 4.7 eV, que corresponde con un material aislante.

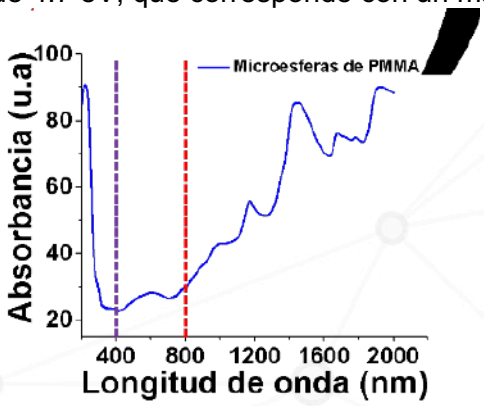


Figura 2. *Espectro de reflectancia difusa UV-Vis-NIR del ópalo de PMMA y b) estimación de la energía de banda prohibida (Eg) del ópalo de PMMA aplicando el formalismo de Kubelka-Munk.*

En la figura 3a se muestra una micrografía de SEM a 5,000X del ópalo inverso obtenido a 450 °C en una atmosfera de aire, se observa que la muestra tiene cierta porosidad, la cual es debido a la eliminación de la parte polimérica. En la figura 3b se muestra una micrografía a 10,000X, donde puede apreciar con mayor detalle la porosidad de la partícula y la unión que existe entre el material que se sinterizo, lo cual nos indica que la el tratamiento térmico fue el adecuado para obtener ZnO.

Una forma de identificar un compuesto es mediante sus propiedades ópticas, en la figura 4a se muestra el espectro Raman del ópalo inverso de ZnO. Los modos fonónicos

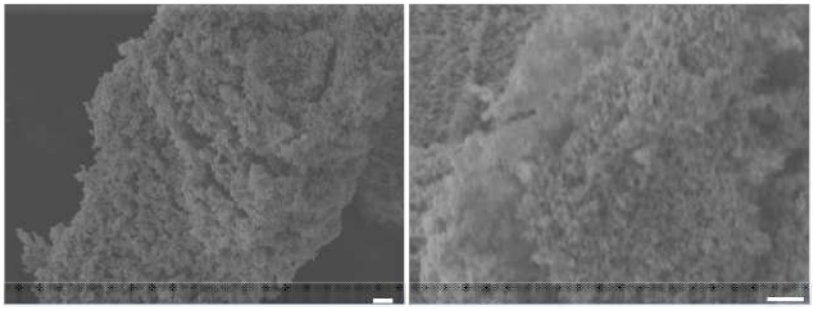


***Figura 3**. Micrografías SEM del ópalo inverso de ZnO, a) Micrografía a 5,000X y b) Micrografía a 10,000.*

característicos del ZnO hexagonal se encuentran en 100, 385, 440 y 585 cm-1, que representan a E2L, A1(TO), E2H y A1(LO)/E1(LO), respectivamente. En la figura 4b se presentan el espectro de absorción para el ZnO, el cual presenta un incremento en la absorbancia en aproximadamente 410 nm, y mediante el calculo del valor de band gap se obtuvo un valor de 3.07 eV, que coincide con lo reportado por otros autores (Liu et al., 2014).

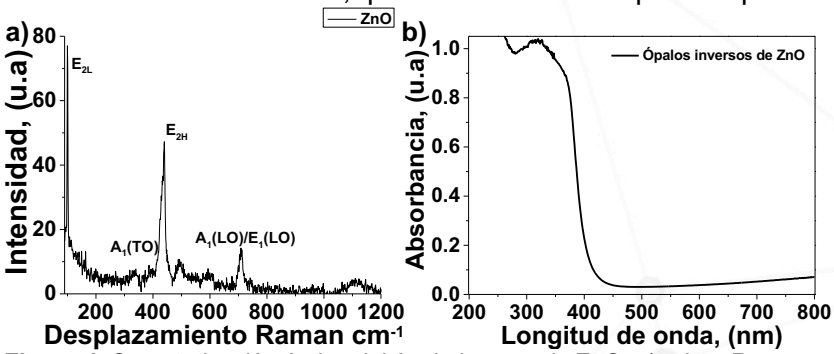


***Figura 4.** Caracterización óptica del ópalo inverso de ZnO, a) micro-Raman y b) UV-Vis.*

CONCLUSIONES. En resumen, utilizando el método de polimerización en emulsión libre de surfactante, es posible sintetizar microesferas de PMMA, con un tamaño homogéneo sin formación de subproductos. Empleando el método de sedimentación se puede obtener un ópal con arreglo periódico uniforme. Mediante el método de impregnación se pueden recubrir los ópalos completamente lo que permite que durante el tratamiento térmico se elimine la parte polimérica y obtener el ópalo inverso de ZnO. Finalmente, es posible determinar la formación de un compuesto mediante sus propiedades ópticas.

REFERENCIAS.

1. Aziz, S. B., Abdullah, O. G., Hussein, A. M., & Ahmed, H. M. (2017). From insulating PMMA polymer to conjugated double bond behavior: Green chemistry as a novel approach to fabricate small band gap polymers. Polymers, 9(11), 626.
2. Dom, R., Baby, L. R., Kim, H. G., & Borse, P. H. (2017). Fe controlled charge-dynamics in ZnO for solar hydrogen generation. International Journal of Hydrogen Energy, 42(9), 5758-5767.
3. Khan, S. H., Pathak, B., & Fulekar, M. (2018). Synthesis, characterization and photocatalytic degradation of chlorpyrifos by novel Fe: ZnO nanocomposite material. Nanotechnology for Environmental Engineering, 3, 1-14.
4. Li, X., & King, T. A. (1995). Microstructure and optical properties of PMMA/gel silica glass composites. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 4(1), 75-82. doi:10.1007/BF00486705

5. Liu, J., Jin, J., Li, Y., Huang, H.-W., Wang, C., Wu, M., . . . Su, B.-L. (2014). Tracing the slow photon effect in a ZnO inverse opal film for photocatalytic activity enhancement. Journal of Materials Chemistry A, 2(14), 5051-5059.
6. Matamoros-Ambrocio, M., Sánchez-Mora, E., & Gómez-Barojas, E. (2023). Surface-enhanced Raman scattering (SERS) substrates based on Ag-nanoparticles and Ag-nanoparticles/poly (methyl methacrylate) composites. Polymers, 15(12), 2624.
7. Morales, A. E., Mora, E. S., & Pal, U. (2007). Use of diffuse reflectance spectroscopy for optical characterization of un-supported nanostructures. Revista mexicana de física, 53(5), 18-22.
8. Sánchez-Mora, E., Fernádez-Candelario, M., Gómez-Barojas, E., & Pérez-Rodríguez, F. (2013). Influence of Fe ions on the optical properties of Fe–ZnO inverse opals. Journal of superconductivity and novel magnetism, 26, 2447-2449.
9. Xie, Y., Xing, R., Li, Q., Xu, L., & Song, H. (2015). Three-dimensional ordered ZnO–CuO inverse opals toward low concentration acetone detection for exhaled breath sensing. Sensors and Actuators B: Chemical, 211, 255-262.
10. Zhang, X., Weinberger, C., Amrehn, S., Wu, X., Tiemann, M., & Wagner, T. (2020). Synthesis of Metal Oxide Inverse Opals from Metal Nitrates by PMMA Colloidal Crystal Templating. European Journal of Inorganic Chemistry, 2020(35), 3402-3407. doi:https://doi.org/10.1002/ejic.202000517

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124167

INFECCIÓN POR EL TREMATODO EXÓTICO Centrocestus spp. EN DOS ESPECIES DE PECES DEL RÍO TEUCHITLÁN, TEUCHITLÁN, JALISCO, MÉXICO

Luna Vanessa Avila Torres; David Tafolla Venegas; Omar Dominguez Domínguez

Palabras Clave: Centrocestus; Peces; Teuchitlán

RESUMEN. Un trematodo es un organismo que pertenece al phylum de los platelmintos, y que puede ser parásito de vertebrados. Las enfermedades por parásitos exóticos suelen ser un peligro para los ecosistemas debido a que los hospederos locales no cuentan con el sistema inmune preparado para afrontar dicha parasitosis. Teuchitlán, Jalisco es una comunidad que ha sobresalido por ser un importante lugar para el estudio y la conservación del ecosistema del Río Teuchitlán. Entre agosto del 2017 y septiembre del 2018 se realizó un muestreo en dos especies de peces: Xiphophorus helleri y Pseudoxiphophorus bimaculatus donde se revisaron un total de 151 branquias de peces, 66 pertenecientes a X. helleri y 85 a P. bimaculatus, donde el único parásito encontrado fue en las branquias fue el digeneo del género Centrocestus. La caracterización de la infección señala una prevalencia del 100% para ambas especies. La abundancia (PHR) e intensidad (PHI) promedio fue de 71.56 y 13.34 para X. hellery y P. bimaculatus respectivamente. La infracomunidad parasitaria señala que el índice de Simpson fue de 0.97, el índice de Shannon fue de 3.8 y el índice de Berger-Parker de 0.07 para X. helleri; por otra parte, los mismos índices para P. bimaculatus fueron los siguientes: índice de Simpson 0.96, índice de Shannon 3.6 y el índice de Berger-Parker 0.11. Estos análisis permiten entender cómo se comporta la infracomunidad helmíntica, donde se puede concluir que el estudio mostró una rica diversidad y una baja dominancia en el parasitismo. Este trabajo permite conocer la relevancia que tienen los estudios parasitológicos en la fauna silvestre, y a su vez remarcar la importancia del control de las especies exóticas, que busca la conservación de los ecosistemas.

INTRODUCCIÓN. Un platelminto es también llamado como “gusano plano” según su etimología. Los platelmintos incluyen formas de vida libres, y parásitas. Todos los miembros de la clase Trematoda son parásitos de animales vertebrados, y tienen ciclos de vida indirectos; es decir que tienen más de un hospedero. (Hickman et al., 2009). Los trematodos son todos duelas hepáticas, y son endoparásitos de vertebrados. Tienen fundamentalmente forma de hoja, el tegumento no contiene cilios. Una de las adaptaciones para las formas larvarias consiste en diversas glándulas que producen el material del quiste. (Hickman et al., 2009). Con raras excepciones, los digeneos tienen un ciclo de vida indirecto; o dicho de otra manera, necesita de más de un hospedero para completar su ciclo de vida. El ciclo de vida de los digeneos es uno de los fenómenos más increíbles, ya que son diversas las fases por las que pasa. Un ejemplo típico incluye el estado adulto, huevo, miracidio, esporocisto, redia, cercaria y metacercaria. La forma en la que el parásito cambia de hospedero es a través de las heces fecales de los hospederos. (Hickman et al., 2009).

La fauna de helmintos parásitos de peces de México es una de las mejor estudiadas en la región neotropical; en este contexto, México destaca por la diversidad de parásitos de sus peces de agua dulce. Al igual que en otras invasiones biológicas, los peces introducidos han tenido infinidad de efectos adversos en los ecosistemas donde se han establecido, entre otros la introducción de enfermedades y patógenos. Si el pez hospedero fue introducido al país, también se consideran sus parásitos asociados como especies exóticas. En general, son especies de helmintos cuyo origen y rango de distribución natural se ha documentado en otras áreas geográficas, en otros continentes; la mayoría de estas especies están reconocidas como invasoras también en otras áreas geográficas y países. (Mendoza y Koleff., 2014).

ANTECEDENTES. Álvarez-Pérez (2017) realizó un estudio sobre helmintos parásitos en la ictiofauna en Teuchitlán, Jalisco entre el 2015 y el 2016 con muestreos mensuales atrapando a los peces con una red de chinchorro de 10 metros. Se les realizó una disección en la busca de helmintos parásitos. En total se muestrearon 7 especies de peces: Goodea atripinnis, Poecilia sphenops, Pseudoxiphophorus bimaculatus, Oreochromis niloticus, Xiphophorus helleri, Zoogoneticus purhepechus, Ameca splendens, donde se obtuvieron los siguientes géneros de parásitos: Contracaecum sp, Estrongylides sp, Rhabdochona sp, Diplostomum sp, Bothriocephalus acheilognathi. La caracterización de la infección fue de una prevalencia del 4.15%, la intensidad promedio y la abundancia promedio resultaron en valores bajos, lo cual quiere decir que la parasitosis es reducida en la ictiofauna y no representa riesgo sanitario alguno. Bautista-Hernández et al., (2014) realizaron un estudio en la Huasteca Hidalguense entre los años 2008 y 2009 donde se estudiaron tres especies de peces de agua dulce: Xiphophorus birchmanni, Pseudoxiphophorus bimaculata y Amantitlania nigrofasciata. Posteriormente se les realizó el estudio parasitológico donde se encontraron 7 especies de parásitos a los cuales se les identificó taxonómicamente. Las especies encontradas fueron: Centrocestus formosanus, Uvulifer sp., Girodactilidae sp., Urocleidoides vaginoclastrum, Rhabdochona sp., R. kidderi y Spinitectus sp. Los nematodos fueron el grupo taxonómico que mejor se representó. Xiphophorus birchmani a nivel comunidad presentó la mayor dominancia. Bustamante-Jiménez (2022) realizó un estudio sobre helmintos parásitos en peces del Arroyo Danta, en en la Reserva de la Biósfera Montes Azules, Chiapas durante los años 2015, 2016 y 2017 donde se colectaron un total de 253 hospederos pertenecientes a 5 especies de 4 familias usando técnicas de pesca de arrastre y electropesca: Astyanax brevimanus, Cynodonichthys tenuis, Pseudoxiphophorus bimaculatus, Rhamdia guatemalensis y Xiphophorus helleri. De los 253 peces colectados, se obtuvieron un total de 582 helmintos que se identificaron como las siguientes especies: *Acanthostomum minimum, Allocreadium mexicanum, Auriculostoma astyanacea, Paracreptotrema blancoi, Paracreptotrematoides heterandriae, Walliana chavarriai, Genarcella isabellae, Phyllodistomum inecoli, Phyllodistomum sp, Posthodiplostomum minimum, Tylodelphys sp. y Uvullifer ambloplitis, Cacatuocotyle chajuli, Urocleidoides vaginoclaustroides y Spinitectus mexicanus*. mediante este estudio se demuestra que el arroyo Danta cuenta con un número importante de especies de helmintos que son parte de la biodiversidad.

OBJETIVO. El presente trabajo tiene como objetivo general determinar la relación simbiótica entre los hospederos: Xiphophorus helleri y Pseudoxiphophorus bimaculatus y el parásito digeneo Centrocestus spp.

MATERIALES Y MÉTODOS. Teuchitlán, Jalisco en un municipio que se encuentra ubicado a 20° 34' y 20° 40' latitud norte y 103°44´y 103° 55' longitud oeste, con una altitud entre los 1300 y 2100 metros sobre el nivel del mar y colinda al norte con Tequila y Amatitlán, al este con Amatitlán, El Arenal y Tala, al Sur con Ameca, San Martín de Hidalgo, al oeste con Ahualulco de Mercado y Ameca. Teuchitlán se encuentra entre 2 regiones hidrológicas, la región de Ameca y la región Lerma-Santiago, siendo la más importante en proporción la región Ameca, pertenece también a la cuenca "Presa la Vega-Colula", los arroyos "del Cocoliso", y Chapulimita circulan de poniente a oriente desembocando en el río Ameca arriba de la cortina de la presa, intermitentes como el Aguilote, el Chamichin, el Campanillito, el Hormigon, el Tajo, grande, la Peña verde, la Tacotera, los Lobos y los Otates La Presa de la Vega es el embalse más grande el cual nace del río Ameca y fue creada entre 1952 y 1956 alimentándose del río Teuchitlán y Salado. Entre agosto del 2017 y septiembre del 2018 se colectaron un total de 151 peces pertenecientes a dos especies: X. helleri (66 individuos) y P. bimaculatus (85 individuos). Los peces se colectaron por medio de redes de pesca, y posteriormente se les extrajo las branquias, mismas que se fijaron y preservaron en alcohol al 70% para su posterior revisión en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Biología de la UMSNH.

RESULTADOS. Tabla 1. Caracterización de la infección, donde se mide la prevalencia, que es la cantidad de hospederos parasitados dividido entre el número de hospederos revisados (%); la Abundancia que es la cantidad de parásitos dividido entre la cantidad de hospederos revisados, y el resultado se define como Parásito por Hospedero Revisado (PHR); y la Intensidad que es la cantidad de parásitos dividido entre la cantidad de hospederos infectados por el parásito, y el resultado se define como Parásito por Hospedero Infectado (PHI).

	Prevalencia (%)	Abundancia (PHR)	Intensidad (PHI)
Xiphophorus helleri	100%	71.56	13.34
pseudoxiphophorus bimaculatus	100%	71.56	13.34

Tabla 2: *Análisis ecológicos sobre diversidad alfa donde se relacionan a los hospederos con la cantidad del parásito Centrocestus.*

	# H. helleri	# P. bimaculatus	# Sp. Parásito
Taxa_S	1	1	1
Individuals	4723	1134	1
Dominance_D	1	1	1
Simpson_1-D	0	0	0
Shannon_H	0	0	0
Evenness_e^H/S	1	1	1
Brillouin	0	0	0
Menhinick	0.01455	0.0297	1
Margalef	0	0	0
Equitability_J			
Fisher_alpha	0.09219	0.108	0
Berger-Parker	1	1	1
Chao-1	1	1	1

CONCLUSIONES. El presente estudio permite enfatizar los estudios parasitológicos dentro de la fauna silvestre, en la que lamentablemente en México sigue siendo un área de investigación poco estudiada; a su vez, este trabajo remarca la relevancia que tiene la parasitología para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, así como para tener en cuenta la problemática que se tiene con las especies exóticas, las enfermedades y patologías que estas traen consigo, y el peligro que son para la conservación.

REFERENCIAS.

1. Hickman, Robert y Larson (2009). Principios integrales de zoología. Editorial McGraw-Hill. 12° edición. España 2001.
2. Mendoza, R. y P. Koleff (coords.). 2014. Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
3. Álvarez, A (2017). HELMINTOS PARÁSITOS DE LA ICTIOFAUNA DE LOS MANANTIALES Y CUERPOS DE AGUA ALEDAÑOS EN TEUCHITLÁN, JALISCO.. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
4. Bautista, C; Monks, S y Pulido, G. (2014). HELMINTOS PARÁSITOS DE LA ICTIOFAUNA DE LOS MANANTIALES Y CUERPOS DE AGUA ALEDAÑOS EN TEUCHITLÁN, JALISCO.
5. Bustamante, J. (2021). HELMINTOS PARÁSITOS DE LOS PECES DEL ARROYO DANTA, EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MONTES AZULES, CHIAPAS. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 1. Ciencias Naturales y de Materiales.

Octubre, 2024
ID: CP0124168

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE POLINIZADORES DIURNOS EN DOS TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA CHAMELA-CUIXMALA

Diana Abarca Solorio[1], Yvonne Herrerías Diego [1,2]; Mauricio Quesada Avendaño[1,2]; Martin Hesajim de Santiago Hernández[1]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1719923q@umich.mx; yvonne.herrerias@umich.mx; martin.hernandez@umich.mx

2Escuela Nacional de Estudios Superiores UNAM, Campus Morelia; mquesada@cieco.unam.mx

Palabras Clave: Polinizadores, Bosques Secos, Visitantes florales.

RESUMEN. Los bosques tropicales secos representan aproximadamente el 60% de la vegetación tropical en México. La Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala está dominado principalmente por dos tipos de vegetación: la Selva Baja Caducifolia y Selva Mediana Subcaducifolia, los cuales presentan condiciones particulares permitiendo que exista una alta diversidad de plantas e insectos. El objetivo de este trabajo es describir la comunidad de visitantes florales de las especies de la selva baja caducifolia y la selva mediana subcaducifolia en la temporada de lluvias y temporada de secas. Se establecieron 3 parcelas experimentales para cada tipo de vegetación. Los datos corresponden a muestreos realizados de abril 2024 a septiembre de 2024. Los visitantes florales se colectaron en cada uno de los sitios durante periodos de 10 minutos efectivos cada hora. La mayor diversidad y abundancia de especies de visitantes florales ha sido en la temporada de lluvias tanto en la Selva Baja Caducifolia (33 especies) como en la Selva Mediana Subcaducifolia (44 especies). Durante la temporada de secas la Selva Mediana Subcaducifolia presento un alto número de especies (38 especies). Existe una alta diversidad beta de visitantes florales entre los sitios debido a la baja similitud por lo que tenemos un alto recambio de especies de visitantes florales en ambos tipos de vegetación.

INTRODUCCIÓN. Las áreas naturales protegidas son de suma importancia en la conservación de los servicios ecosistémicos especialmente en la polinización de bosques ya que brindan zonas de refugio, anidamiento y alimentación (CONANP, 2022). En México los Bosques Tropicales Secos cubren más del 60% del área total de vegetación tropical, representada con una distribución espacial heterogénea de condiciones climáticas, edáficas y topográficas que le permiten tener una variación considerable en estructura y composición de especies (Trejo y Dirzo, 2000). Uno de los servicios ecosistémicos que asegura la diversidad, el éxito reproductivo entre las especies y la productividad de frutos y semillas de zonas de bosques es la polinización (CONABIO, 2022). La mayoría de las plantas con flor (85%) en el mundo dependen de organismos polinizadores como son abejas, murciélagos, moscas, mariposas, polillas, abejorros, aves y otras especies (FAO, 2016). Los insectos desempeñan una gran variedad de nichos funcionales por lo que muchas de las especies son especies claves para monitoreos ambientales, las abejas también han sido utilizadas como bioindicadores ecológicos y ambientales (Meléndez et al. 2014).

ANTECEDENTES. En México los principales representantes de los bosques tropicales secos se encuentran distribuidos en la vertiente pacifica del país, aunque también podemos encontrar manchones discontinuos en la vertiente del Golfo y la Península de Yucatán (Trejo, 2015). Uno de los más representativos y en el que se enfoca este trabajo en la Reserva de la Biosfera Chamela Cuixmala cuya vegetación consiste principalmente en dos tipos de vegetación: 1) Selva Baja Caducifolia (SBC) (de acuerdo a Miranda y Hernández X.1963; equivalente al bosque tropical caducifolio de Rzedowski, 1978) y 2) Selva Mediana Subperennifolia a Subcaducifolia (SMSC) (bosque tropical caducifolio según Rzedowski, 1978) (Lott, 1985). Algunas de las especies más comunes que se pueden encontrar en la selva baja caducifolia son Cordia alliodora, Croton pseudoniveus, Croton sp. nov., Lonchocarpus lanceolatus, Trichila trifolia, Thouinia parvidenteta, Caesalpinia eriostachys, Amphipterygium adstringens y Randia thurberi (Lott, 1985).Este tipo de vegetación le asigna al ecosistema una heterogeneidad ambiental lo que indica una alta diversidad de polinizadores esto de acuerdo con la teoría del disturbio intermedio (Connell, 1978; Sousa, 2001). En la Selva Mediana Subcaducifolia podemos encontrar especies como Thouinidium decandrum, Astronium graveolens, Brosium alicastrum y Sideroxylon capiri (Lott, 1985), este tipo de vegetación genera sombra, minimiza la entrada directa de la radiación solar y reduce la temperatura del agua (Lozano-Peña et al, 2019).
En las selvas bajas caducifolias y medianas subcaducifolias se ha registrado una notable diversidad de visitantes florales, con un predominio de insectos. Entre las abejas, se han identificado 238 especies distribuidas en 81 géneros y 5 familias, siendo la familia Apidae la más abundante con 102 especies, seguida por Halictidae (46 especies) y Megachilidae (52 especies). En cuanto a la familia Syrphidae (Diptera), se documentaron 86 especies pertenecientes a 20 géneros, nueve tribus y tres subfamilias. Dentro del orden Coleoptera, las principales familias reportadas incluyen Cantharidae, Lampyridae, Lycidae y Phengodidae (García y Ayala, 2004).

OBJETIVO. Evaluar la diversidad y composición de visitantes florales de las especies de la selva baja caducifolia y la selva mediana subcaducifolia.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se realizó en la Reserva de la Biosfera Chamela Cuixmala durante la temporada de lluvias en los meses de junio a octubre y la temporada de secas en los meses de noviembre a junio. Para describir la comunidad de visitantes florales de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, se realizará durante 2024-2025 colectas diurnas entre las 06:00 a.m.-01:00 p.m. horas con la finalidad de abarcar el periodo de antesis floral de las diferentes especies de plantas. Los visitantes florales fueron capturados con redes entomológicas en transectos seleccionados en cada uno de los sitios durante periodos de 10 minutos efectivos cada hora. Los visitantes florales fueron identificados al nivel taxonómico más bajo posible utilizando claves taxonómicas y el apoyo de expertos en la identificación de artrópodos (Michener, 2007; Sarmiento-Cordero et al., 2010 y Asher y Pickering, 2013).

RESULTADOS. En el bosque tropical seco, se presenta un patrón climático que se caracteriza por presentar dos temporadas bien definidas a lo largo del año. Este patrón lo podemos observar con la ausencia o presencia de hojas y el proceso de floración en la comunidad de plantas lo que conlleva a la presencia o ausencia de diferentes visitantes

florales. Los datos corresponden a muestreos realizados de abril 2024 a septiembre 2024 donde se han colectaron alrededor de 221 ejemplares. En la temporada de lluvias tanto en la Selva Baja Caducifolia como en la Selva Mediana Subcaducifolia se encontró una alta diversidad alfa (Tabla 1, Fig. 1).

	LLSBC	LL SMSC	SSBC	SSMSC
Riqueza (Taxas)	33	44	2	38
Abundancia (Especies)	62	65	4	90

Tabla 1. *Diversidad alfa en la Selva Baja Caducifolia (SBC) y la Selva Mediana Subcaducifolia (SMSC) durante la temporada de lluvias (LL) y la temporada de secas (SS).*

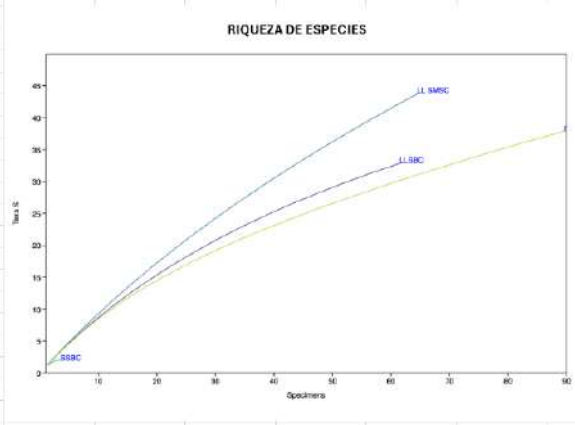


Figura 1. *Riqueza de especies en la Selva Baja Caducifolia (SBC) y la Selva Mediana Subcaducifolia (SMSC) durante la temporada de lluvias (LL) y la temporada de secas (SS).*

De acuerdo a los índices de Shannon y Simpson (Tabla 2) existe una alta equitatividad y una baja dominancia de especies en los dos tipos de vegetación; es decir, la diversidad aumenta durante la temporada de lluvias en la SBC y SMSC y para la temporada secas la diversidad es alta en la SMSB por lo que las especies encontradas están representando la estructura de la comunidad de visitantes florales.

	LLSBC	LL SMSC	SSBC	SSMSC
Dominance_D	0.0349	0.01731	0.3333	0.03995
Simpson_1-D	0.9651	0.9827	0.6667	0.96
Shannon_H	3.524	3.956	0.8181	3.485
Evenness_e^H/S	1.028	1.188	1.133	0.8588

Tabla 2. *Índice de diversidad de Shannon y Simpson para la Selva Baja Caducifolia (SBC) y la Selva Mediana Subcaducifolia (SMSC) durante la temporada de lluvias (LL) y la temporada de secas (SS).*

En la temporada de lluvias la SBC y la SMSC son diferentes estadísticamente (p=0.0202). No existen diferencias en la dominancia de especies en ninguno de los sitios. Shannon y Simpson indican que existe una alta diversidad de especies. Existe una diferencia significativa en la SBC y la SMSC durante la temporada de secas (p=0.0000044174). Existe una alta diversidad en la SMSC de acuerdo a los índices de Shannon (3.2798) y Simpson

(0.050617) en relación con la SBC que presenta valores más bajos de diversidad de Shannon (0.69315) y Simpson (0.5).

De acuerdo a los índices de similitud Jaccard y Bray-Curtis encontramos que existe una baja similitud en los sitios indicando que existe una beta diversidad entre ellos (Tabla 3). Calculamos el fenograma de similitud para ambos índices en los dos tipos de vegetación y este sugiere que la SSMSC y LLSMSC y la LLSBC son los más similares entre sí en cuanto a diversidad de especies, mientras que SSBC es el sitio más diferente, con la menor similitud respecto a los demás (Fig. 2).

JACCARD				
	LLSBC	**LL SMSC**	**SSBC**	**SSMSC**
LLSBC	1	0.16666667	0.02941177	0.12698413
LL SMSC	0.16666667	1	0	0.10810811
SSBC	0.02941177	0	1	0.02564103
SSMSC	0.12698413	0.10810811	0.02564103	1
BRAY-CURTIS				
	LLSBC	**LL SMSC**	**SSBC**	**SSMSC**
LLSBC	1	0.28346457	0.06060606	0.22368421
LL SMSC	0.28346457	1	0	0.24516129
SSBC	0.06060606	0	1	0.04255319
SSMSC	0.22368421	0.24516129	0.04255319	1

Tabla 3. *Índice de similitud cualitativa (Jaccard) e Índice de similitud cuantitativa (Bray-Curtis) para la Selva Baja Caducifolia (SBC) y la Selva Mediana Subcaducifolia (SMSC) durante la temporada de lluvias (LL) y la temporada de secas (SS).*

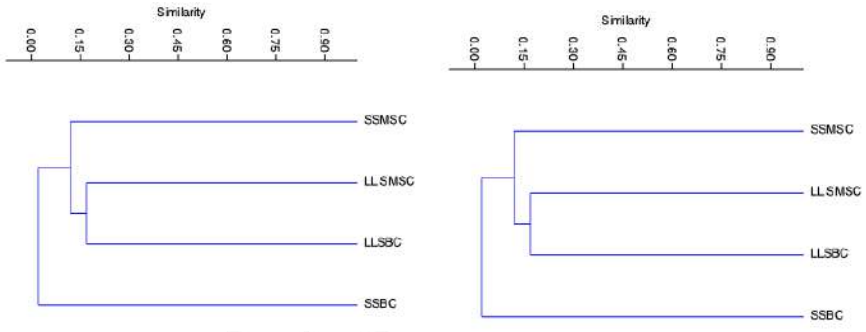


Figura 2. *Fenograma de similitud 1) Jaccard y 2) Bray-Curtis para la Selva Baja Caducifolia (SBC) y la Selva Mediana Subcaducifolia (SMSC) durante la temporada de lluvias (LL) y la temporada de secas (SS).*

CONCLUSIONES. De acuerdo a los resultados obtenidos encontramos que existe una alta diversidad alfa y beta en la Selva Baja Caducifolia y la Selva Mediana Subcaducifolia ya que encontramos valores bajos de similitud lo que quiere decir que hay un recambio de especies entre los dos tipos de vegetación. A pesar de que la Selva Baja Caducifolia es el

tipo de vegetación más dominante (30.8 %) en la Reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala se debe mostrar mayor interés en otro tipo de vegetación como es el caso de la Selva Mediana Subcaducifolia ya que es un sitio que mantiene de manera constante la actividad de los polinizadores durante todo el año.

REFERENCIAS.

1. Asher, J. S., y Pickering, J. 2013. Discover life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_ specie
2. CONANP. (27 de julio de 2022). Áreas Naturales Protegidas. Obtenido de https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226#:~:text=Las%20%C3%81reas%20Naturales%20Protegidas%20son,los%20efectos%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.
3. CONABIO. (2022). Polinización. Obtenido de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion
4. Connell, J.H. (1978) Diversity in tropical rainforests and coral reefs. Science, 199, 1302-1310. http://dx.doi.org/10.1126/science.199.4335.1302
5. FAO (2016) Acción mundial de la FAO sobre servicios de polinización para una agricultura sostenible. Disponible en: http://www.fao.org/pollination/background/es/
6. García Aldrete, A. N. y R. Ayala (2004). Artropodos de Chamela. Instituto de biología, UNAM, México. pp-127-170/ 181-220
7. Instituto de Información Estadística y Geográfico de Jalisco, (IIEG). 2021. La Huerta. Diagnóstico del Municipio. Jalisco, IIEG.
8. Lott E. J. (1985). LISTADOS FLORISTICOS DE MÉXICO. Instituto de Biología UNAM. pp. 27
9. Lozano-Peña S, Vásquez-Moscoso CA, Rivera-Rondon CA, Zapata AM, Ortiz-Moreno ML. (2019) Efecto de la vegetación riparia sobre el fitoperifiton de humedales en la Orinoquía colombiana. Acta biol. Colomb.;24(1):67-85. DOI:http://dx.doi.org/10.15446/abc. v24n1.69086
10. Meléndez V, Ayala R, Délfin H. (2014). Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente. In: César G, Vallarino A, Pérez JC, Low A, editors. Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro. Primera. México, D,F.: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). p. 25.
11. Michener, C. D. (2007). The bees of the world. Second edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
12. Miranda, F. y E. Hernandez X. (1963). Los tipos de vegetacion de Mexico y su clasificacion. Bol. Soc. Bot. Mex. 28:29-179.
13. RZEDOWSKI, J. (1978). Vegetación de Mexico. México, Limusa.
14. Trejo I. y Dirzo Rodolfo (2000).Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. Biological Conservation, Volume 94, Issue 2. pp 133-142. https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00188-3.
15. Tejo Irma (2015). Bosques Tropicales Secos. Revista OKARA: Geografia em debate, v. 9, n.2, p. 261-27
16. Sousa, W.P. 2001. Natural disturbance and the dynamics of marine benthic communities. In Marine Community Ecology, Ed. M.D. Bertness, S.D. Gaines, and M.E. Hay. Sinauer Association Sunderland.
17. Sarmiento-Cordero, M. A., Ramírez García, E., Ramos Contreras, A., Sarmiento-Cordero, M. A., Ramírez García, E., y Ramos Contreras, A. 2010. Diversidad de la familia Syrphidae (Diptera) en la Estación Biológica “Chamela”, Jalisco, México. Dugesiana 17:197–207.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224102

SIMULACIÓN MATEMÁTICA EN 2 DIMENSIONES DE UN PROCESO DE COMBUSTIÓN EN CICLOS QUÍMICOS USANDO CFD

Favio Antonio Ocampo Vaca[1], Rafael Maya Yescas[2], Constantin Alberto Hernández Bocanegra[3], Ma. del Carmen Chávez Parga[4], Rafael Huirache Acuña[5], Gladys Jiménez García6

1 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ocampo.ing90@gmail.com

2 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.maya.yescas@umich.mx

3 Departamento de Metalurgia, Instituto Tecnológico de Morelia; beto.constan@gmail.com

4 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cparga@umich.mx

5 Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, rafael.huirache@umich.mx

6 Academia de Ingeniería Biomédica, Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro; gladiolagyf@yahoo.com.mx

Palabras Clave: CFD, combustión en ciclos químicos, captura de CO2, fluidodinámica.

RESUMEN. En el presente trabajo se realizó la simulación matemática de la fluidodinámica dentro de un sistema no isotérmico de combustión en ciclos químicos (CLC, por sus siglas en inglés), en estado estacionario considerando las reacciones químicas heterogéneas que se llevan a cabo dentro del sistema CLC. El proceso CLC tiene como objetivo quemar un gas combustible para generar energía y una corriente de gases de combustión de la cual el CO2 producido pueda separarse fácilmente, evitando que se descargue a la atmosfera. El sistema se compone de dos reactores de lecho fluidizado interconectados, en los que un sólido acarreador de oxígeno realiza ciclos de reducción (al ceder el oxígeno necesario para la combustión) y oxidación (al regenerarse utilizando aire) al pasar de un reactor al otro. Se usó dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés), con la finalidad de estudiar la distribución de partículas del lecho fluidizado en ambos reactores, así como para estudiar el comportamiento de las reacciones. Se resolvió el modelo multifásico Euleriano y la teoría cinética granular para calcular la distribución de la fase granular, así como las interacciones de esta con la fase gaseosa, para simular la turbulencia se usó el modelo k-ε y la ecuación de energía para resolver el campo térmico, para las reacciones se usó el modelo de trasporte de especies químicas. Se simularon 60 s de operación; los resultados muestran que la fase granular cumple el ciclo al pasar de un reactor al otro, además también es posible observar mayor concentración de la fase granular en las regiones cercanas a las paredes y el campo térmico muestra un calentamiento del sistema a media que el tiempo transcurre y esto es debido al calor liberado por las reacciones de combustión del combustible. Con respecto a las reacciones químicas se concluye que es necesario realizar algunas modificaciones en las condiciones de operación y de frontera con la finalidad de incrementar la conversión de las reacciones de combustión, tales como una recirculación o modificar la temperatura de operación del sistema.

INTRODUCCIÓN. El cambio climático es un fenómeno reconocido desde hace algunas décadas, cuyo impacto más negativo es que puede modificar la biodiversidad en la tierra (Gitay, 2002). Los principales gases que provocan el denominado efecto invernadero son H2O, CO2, CH4, NO2, CFC y SF6 (Masson-Delmotte, y otros, 2018). En este sentido, se

considera al CO2 el gas que produce la mayor contribución al efecto invernadero, como consecuencia de dos factores: El primero es que, exceptuando al vapor de agua, el CO2 representa las mayores emisiones de todas las emisiones antropogénicas a nivel mundial, con valores porcentuales de hasta el 75%. El segundo es su longevidad en la atmósfera, estimada en alrededor de 12 años; sin embargo, se estima que sus consecuencias pueden durar más tiempo (Archer & Jacobson, 2005).

ANTECEDENTES. Hasta ahora, las opciones tecnológicas para reducir las emisiones netas de CO2 a la atmósfera se han centrado en (Rubin & De Coninck, 2005): a) reducir el consumo de energía, al aumentar la eficiencia de la conversión y/o utilización de la energía; b) cambiar a combustibles menos intensivos en carbono; c) aumentar el uso de fuentes de energía renovables (biocombustibles, energía eólica, etc.) o energía nuclear, y d) secuestrar CO2 al mejorar la capacidad de absorción biológica en bosques y suelos. Está claro que ninguna opción tecnológica, por sí sola, proporcionará las reducciones de emisiones necesarias. Incluso, los esfuerzos adicionales de todas las soluciones anteriores probablemente no permitirán alcanzar los niveles deseados de emisiones de CO2. La unidad de combustión en ciclos químicos, o CLC por sus siglas en inglés: “Chemical Looping Combustion”, se sugirió entre las mejores alternativas para reducir el costo económico de la captura de CO2 (Kerr, 2005). El principal inconveniente atribuido a la CLC es el bajo nivel de confianza, a consecuencia de su falta de madurez de la tecnología. Al considerar que esta es una tecnología emergente, se nota como un gran campo de oportunidad para estudiar la combustión en ciclos químicos, como lo es la simulación matemática, que puede brindar información muy valiosa para entender los fenómenos que ahí suceden y ayude a tomar decisiones que den solución a las diversas problemáticas. El modelado del flujo de fluidos por computadora es una herramienta muy útil, ya que permite recrear las condiciones que se tienen en planta, con la ventaja de no gastar en equipos para realizar experimentación, no se pone en riesgo la continuidad de un proceso y tampoco se ponen en riego recursos humanos. Esta técnica se ha ido perfeccionando con los años, pues con el uso de equipos computacionales cada vez más potentes se han podido hacer cálculos más robustos, lo que conlleva a mejores aproximaciones.

OBJETIVO. Realizar el análisis energético integral, mediante el uso de la dinámica de fluidos computacional, para modelar a detalle el movimiento de partículas sólidas y gaseosas dentro de los reactores que conforman el proceso de combustión en ciclos químicos, así como las reacciones químicas heterogéneas que suceden dentro del sistema usando gas de síntesis como combustible e ilmenita como fase granular.

MATERIALES Y MÉTODOS. La simulación se llevó a cabo considerando la geometría de un proceso de combustión en ciclos químicos a escala, reportada por Guan y col. (Guan, Chang, Zhang, Wang, & Sun, 2014), las dimensiones del modelo se muestran en la Figura 1(a), las fases y las condiciones de frontera se pueden apreciar en la Figura 1(b). La malla del dominio computacional consta de 629584 elementos. La Tabla 1 enlista las propiedades de los materiales utilizados, mientras que la Tabla 2 se reportan los parámetros de operación del sistema y las condiciones de frontera.

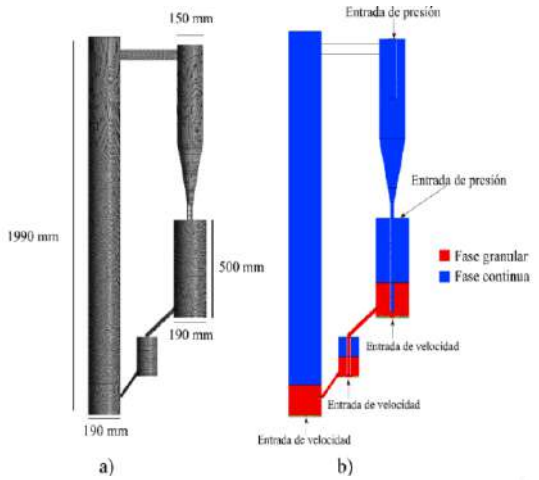


Figura 1. *a) Malla y dimensiones del modelo y b) Condiciones de frontera.*

Propiedades	Valor	Unidad
Densidad fase fluida	1.225	Kg m^{-3}
Densidad fase granular	2600	Kg m^{-3}
Viscosidad fase fluida	$1.7894x10^{-5}$	Kg m^{-1} s^{-1}
Viscosidad fase granular	Teoría cinética	Kg m^{-1} s^{-1}
Calos específico fase fluida	1006.43	J Kg^{-1} K^{-1}
Capacidad térmica fase granular	Teoría cinética	J Kg^{-1} K^{-1}
Conductividad térmica fase fluida	0.0242	W m^{-1} K^{-1}
Conductividad térmica fase granular	2	W m^{-1} K^{-1}

Tabla 1*. Propiedades físicas de los materiales.*

Parámetros	Valor	Unidades
Inventario de sólidos en el sistema	17.5	kg
Velocidad de entrada regenerador	0.8	m s^{-1}
Velocidad de entrada combustor	0.08	m s^{-1}
Velocidad de entrada lecho sellador	0.002	m s^{-1}
Entradas de presión	1	Atm
Temperatura inicial de fase granular	1273	K
Temperatura inicial de fase fluida	800	K

Tabla 2. *Parámetros y condiciones de frontera*

Ecuaciones gobernantes:

Ecuaciones de continuidad

$$\frac{\partial}{\partial t}(\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) = \sum_{p=1}^{n} (\dot{m_{pq}} - \dot{m}_{qp}) + S_q \qquad (2.1)$$

Ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento para ambas fases

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_q \rho_q \vec{v}_q\right) + \nabla \cdot \left(\alpha_q \rho_q \vec{v}_q \vec{v}_q\right) = -\alpha_q \nabla P + \nabla \cdot \bar{\bar{\tau}}_q + \alpha_q \rho_q \vec{g} + \sum_{p=1}^{n} \left(R_{pq}\left(\vec{v}_p - \vec{v}_q\right) + \dot{m}_{pq}\vec{v}_{pq} - \dot{m}_{qp}\vec{v}_{qp}\right) + \left(\vec{F}_q + \vec{F}_{lift,q} + \vec{F}_{wl,q} + \vec{F}_{vm,q} + \vec{F}_{td,q}\right) \quad (2.2)$$

Ecuación de Energía

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_q \rho_q \underline{h}_q\right) + \nabla \cdot \left(\alpha_q \rho_q \vec{v}_q h_q\right) = \alpha_q \frac{\partial p_q}{\partial t} + \bar{\bar{\tau}}_q + \nabla \vec{v}_q - \nabla \cdot \vec{q}_q + S_q + \sum_{p=1}^{n} \left(Q_{pq} + \dot{m}_{pq} h_{pq} - \dot{m}_{qp} h_{qp}\right) \quad (2.3)$$

RESULTADOS. El arrastre de la fase granular a través del regenerador se puede apreciar en los contornos de fracción de volumen de dicha fase, en el plano central vertical, para 1 s, 5 s, 10 s, 20 s, 40 s, y 70 s Fig. 1. Hasta el momento se puede observar, a partir de la Fig. 1, que las partículas están siendo arrastradas por el aire en el regenerador hacia el ciclón, después de 10 segundos es posible apreciar una ligera concentración de la fase granular en la pierna del ciclón, para después incorporase al lecho fluidizado del combustor.

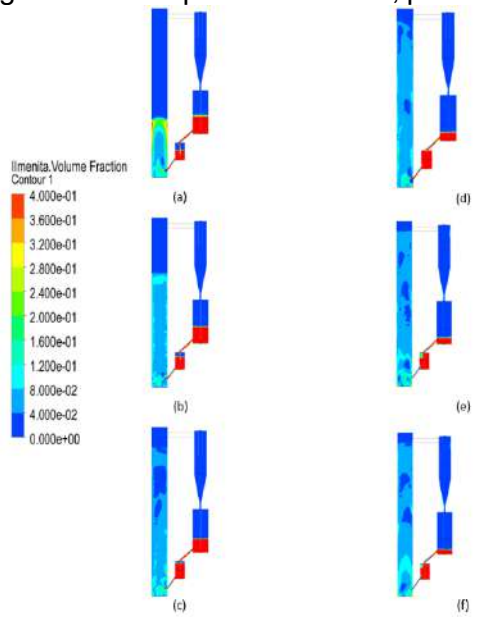


Figura 1. *Contorno de fracción de volumen de ilmenita en el plano vertical central. a) 1 s, b) 5 s, c) 10 s, d) 20 s, (e) 40 s y f) 60 s.*

El gráfico de la Fig. 2 muestra una comparativa de la distribución de las partículas en el regenerador del presente trabajo y los resultados obtenidos en el trabajo de (Guan, Chang, Zhang, Wang, & Sun, 2014). Aunque los flujos de entrada al regenerador no son iguales, la comparativa sirve para darnos una idea de la confiabilidad de los resultados obtenidos. En

el gráfico es posible observar que los resultados obtenidos en este trabajo se corresponden de buena manera en la región central del regenerador y discrepan en las regiones cercanas a las paredes.

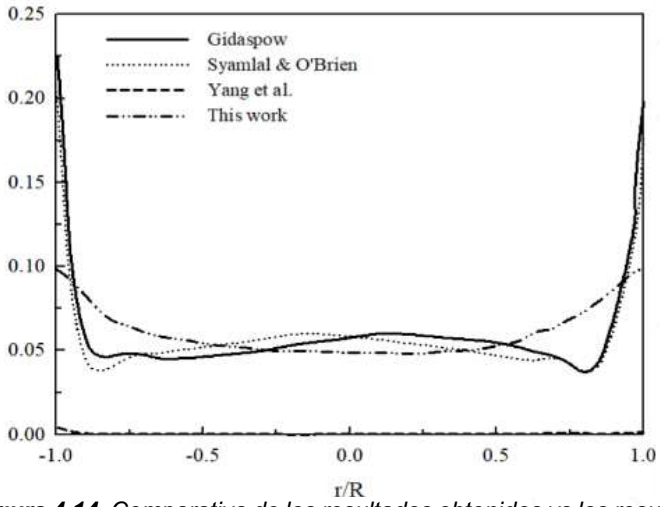


Figura 4.14. *Comparativa de los resultados obtenidos vs los resultados de (Guan, Chang, Zhang, Wang, & Sun, 2014) de la distribución de sólidos en el regenerador a 0.5 m de altura.*

Se procedió a realizar una simulación en estado no isotérmico, con las condiciones de frontera usadas en la simulación en estado isotérmico y con un diámetro de partícula de 150 µm. Contornos de temperatura se muestran en la Fig. 3, en ellos se observa un calentamiento en las zonas donde sucede la combustión del gas de síntesis, esto es en el combustor y en el lecho sellador, alcanzando temperaturas superiores a los 1000 K.

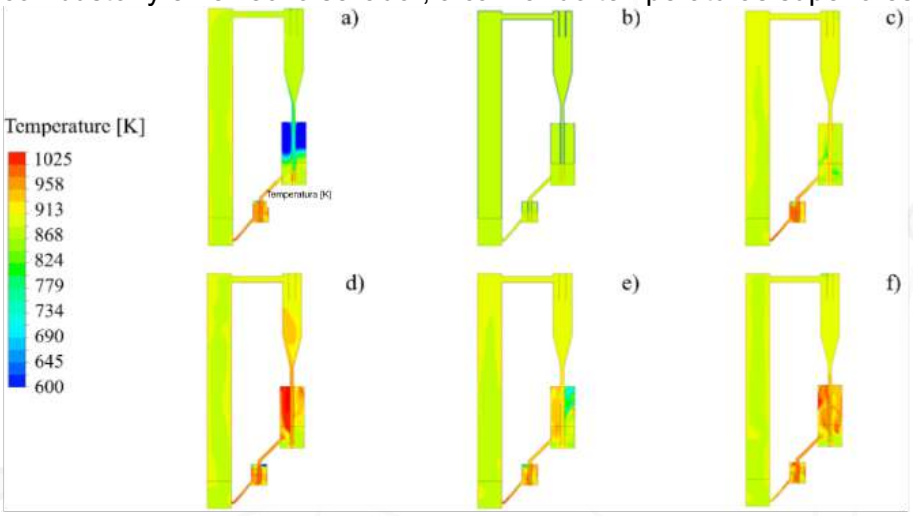


Figura 3. *Contornos de temperatura. a) 1 s, b) 5 s, c) 10 s, d) 20 s, e) 40 s, f) 60 s.*

Finalmente en la Fig. 4 se muestra una gráfica de la conversión del gas de síntesis, en dicho gráfico se pude apreciar conversiones muy bajas, es podría deberse a que las condiciones de operación no son las más adecuadas para favorecer a las reacciones.

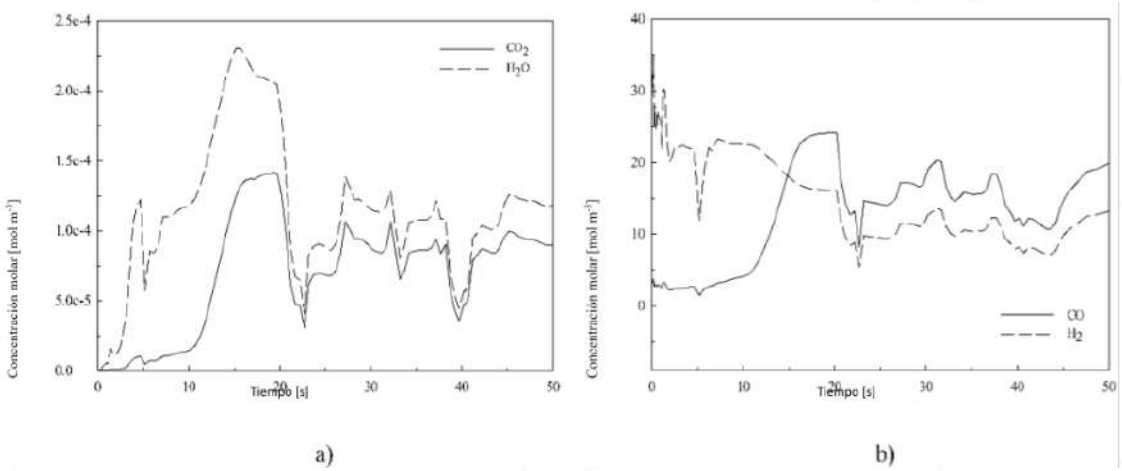


Figura 4. *Gráfico de concentraciones molares. a) gases de combustión y b) gas combustible.*

CONCLUSIONES. Se desarrolló un modelo 2D de un proceso de combustión en ciclos químicos mediante CFD incorporando la teoría cinética de flujo granular con la intención de estudiar la distribución de las partículas dentro del sistema y el comportamiento térmico de las misma, así como las reacciones químicas de óxido-reducción. Se concluye:

1. Se desarrollaron dos distintos regímenes de fluidización en el sistema: el primero, un régimen de arrastre de partículas en el regenerador; y el segundo, un régimen de fluidización suave en el combustor.
2. Los resultados muestran una distribución de partículas con gran similitud con trabajos realizados previamente, como el trabajo de (Guan, Chang, Zhang, Wang, & Sun, 2014).
3. Con respecto a los contornos de temperatura y a las reacciones químicas, los resultados muestran un calentamiento en las regiones del combustor y del regenerador, como resultado de la combustión del gas de síntesis, sin embargo, las conversiones alcanzadas en el sistema son muy bajas.

   En general se puede concluir que para las condiciones de velocidad, presión y temperatura, las partículas con diámetros de 150 micras muestran un comportamiento adecuado tanto en la distribución de las mismas como en los perfiles de velocidad y temperatura. Por otro lado se concluye que es necesario modificar las condiciones de operación y/o de frontera de manera que se pueda incrementar la conversión en las reacciones químicas.

REFERENCIAS.

1. Archer, C., & Jacobson, M. (2005). Evaluation of global wind power. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 110(D12).
2. Ergun, S. (1952). Fluid flow through packed columns. Chem. Eng. Prog., 48, 89-94.
3. Gitay, H. (2002). Biodiversity IPCC Technical Paper. Change Climate.
4. Guan, Y., Chang, J., Zhang, K., Wang, B., & Sun, Q. (2014). Three dimensional CFD simulation of hydrodynamics in an interconnected fluidized bed for chemical looping combustion. Powder technology 268 , 316-328.
5. Kerr, H. (2005). Capture and separation technologies gaps and priority research needs. Elsevier Ltd. Oxford, UK, 38(1).
6. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., . . . Pidcock, R. (2018). Global Warming of 1.5 OC: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Chang. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
7. Rubin, E., & De Coninck, H. (2005). IPCC special report on carbon dioxide capture and storage. UK: Cambridge University Press. TNO (2004): Cost Curves for CO2 Storage, Part 2, 14.
8. Wen, & Yu, C. (1966). Mechanics of fluidization. Chem. Eng. Prog. Symp. Ser., 62, p. 100-111.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224103

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO DIATOMÁCEO

Jaqueline Ruiz Badillo[1], Alondra Martínez Rojas[2], J. Eleazar Arreygue Rocha[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902852a@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alondra.martinez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eleazar.arreygue@umich.mx

Palabras Clave: Diatomeas, propiedades físicas, Michoacán.

RESUMEN. Los patrones de comportamiento de las rocas diatomeas o suelos diatomáceos no han sido ampliamente investigados, aunque generalmente se encuentran en depósitos naturales de suelo. La diatomita, una roca silícea sedimentaria de origen biogénico, está compuesta por esqueletos fosilizados de microalgas unicelulares llamadas diatomeas, que constituyen uno de los tipos más comunes de fitoplancton. Las diatomeas tienen un tamaño que varía entre 10 y 100 µm, y poseen una frústula externa dura y porosa. Los depósitos naturales de suelo que contienen diatomeas se distinguen por tener propiedades físicas y mecánicas únicas, que no se ajustan a las relaciones comúnmente observadas en la mayoría de los suelos. Debido a su composición, estos suelos suelen presentar dificultades en la estabilización de obras de infraestructura. A pesar de que las diatomeas se utilizan en varios campos de la ciencia, su aplicación en la ingeniería geotécnica es limitada. La caracterización física de estos suelos es fundamental para su posterior análisis geotécnico. Entre las pruebas realizadas destacan el análisis de tamaño de partícula, los límites de consistencia (utilizando tanto la Copa de Casagrande como conos de penetración) y la compactación Proctor estándar. Se determinó un comportamiento altamente plástico, con un límite liquido superior al 100%.

INTRODUCCIÓN. Conocer las propiedades y características físicas del suelo es crucial para realizar obras de infraestructura, ya que estas características determinan cómo se debe planificar y diseñar, considerando aspectos como la capacidad de soporte y la resistencia del terreno. La falta de información sobre estas propiedades puede provocar fallas estructurales, lo que resultaría en reparaciones y reconstrucciones costosas. Sin embargo, la información disponible sobre la diatomita como suelo independiente es muy escasa; la mayoría de los estudios se centran en la diatomita combinada con otros suelos. Esto abre un interesante campo de investigación, ya que la diatomita tiene comportamientos únicos que aún no se comprenden completamente, especialmente en su interacción con otras superficies. Los estudios existentes tienden a enfocarse en otros aspectos, sin explorar a fondo cómo estos microfósiles afectan las estructuras. Por lo tanto, es fundamental obtener más datos sobre este suelo para que los ingenieros civiles puedan anticipar su comportamiento y planificar adecuadamente cualquier proyecto que involucre la diatomita. Los resultados obtenidos mostraron altos contenidos de agua (hasta el 105%), y pesos volumétricos secos muy bajos.

ANTECEDENTES. Los suelos diatomáceos son altamente porosos, llegando a tener hasta un 90% de su volumen en huecos, lo que les otorga altos límites de plasticidad y líquido. (Matthew Evans y Moug et al., 2020). En cuanto a su aplicación en ingeniería, Díaz-Rodríguez et al. (2011) discute que las propiedades físicas y mecánicas únicas de los suelos diatomáceos limitan su uso, ya que no siguen las correlaciones geotécnicas habituales. Finalmente, Díaz-Rodríguez y González-Rodríguez (2013) señalan que, debido a la estructura interna de los fósiles, estos suelos presentan baja densidad seca, altos contenidos de humedad y Límites de Atterberg que los clasifican generalmente como limo de alta plasticidad.

OBJETIVO. Estudiar y definir las propiedades físicas de un suelo diatomáceo originario del municipio de Erongarícuaro, Michoacán, para evaluar su viabilidad en aplicaciones estructurales y anticipar su comportamiento bajo diferentes fuerzas. Mediante la realización de pruebas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un muestreo del suelo en estudio, utilizando técnicas manuales para evitar alteraciones. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” de la UMSNH. Las pruebas ensayadas fueron: tamaño de partícula, limites de consistencia, y prueba de compactación Proctor estándar. Se llevó a cabo un análisis del tamaño de partícula con el equipo COULTER LS 100 Q, que utiliza un rayo láser para detectar diámetros de partículas entre 0.4 y 900 µm, basado en la dispersión de la luz. (Fig. 1).

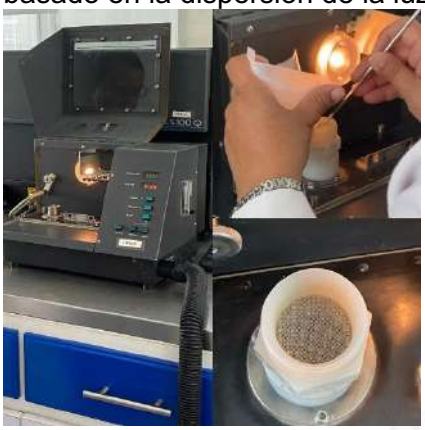


Figura 1*. Prueba de tamaño de partícula*

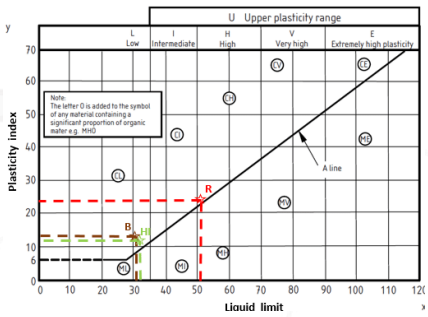


Figura 2. *Carta de plasticidad.*



Figura 3. *Materiales utilizados.*

Adicionalmente, se realizaron pruebas de límites de consistencia con el método de la copa de Casagrande y el de conos de penetración. Para la copa de Casagrande, se utilizó una copa calibrada con una altura de caída de 1 cm y se aplicaron 25 golpes a una velocidad de 2 golpes por segundo para cerrar una ranura trapecial en la muestra de suelo. Este suelo alcanzando un máximo de 10 golpes necesarios debido a la alta capacidad de absorción de agua del suelo. El límite líquido también se puede calcular de manera simplificada utilizando la ecuación 1. De igual manera obteniendo el índice de plasticidad con la ec 2.

$$LL = W_N\left(\frac{W_N}{25}\right)^{0.12} \qquad \text{Ec. 1}$$

Donde: [LL] Límite liquido del suelo (%), [WN] Contenido de agua a la cual fue aplicado un número N de golpes. [N] Número de golpes para lograr que la ranura se cierre.

$$PI = LL - PL \qquad \text{Ec. 2}$$

Donde: [LL] Límite liquido del suelo (%), [PL] Límite plástico (%).

Para clasificar los suelos, se usó el manual M-MMP-1-07/07. Se consideran suelos finos aquellos en los que más del 50% de las partículas pasan por la malla No. 200 (0.075 mm). Los suelos finos se clasifican como arcilla si su límite líquido y su índice plástico están en las zonas II o IV de la carta de plasticidad; de lo contrario, se clasifican como limo si están en las zonas I o III. (Fig. 2). En la prueba de conos de penetración, se utilizó la norma inglesa BS 5930:1999, que incluye una carta de plasticidad diferente a la de Casagrande, clasificando la plasticidad en cinco niveles: baja, intermedia, alta, muy alta y extremadamente alta. (Fig. 4). Se utilizó un cono inglés de 30° y 80 g para la prueba. La muestra de suelo, mezclada con agua destilada, se colocó en un recipiente cilíndrico sin aire atrapado y con la superficie alisada. El cono se colocó tocando la superficie del suelo, se liberó por 5 segundos, y se registró la diferencia entre la lectura inicial y final para medir la penetración en el suelo. (Fig. 5)

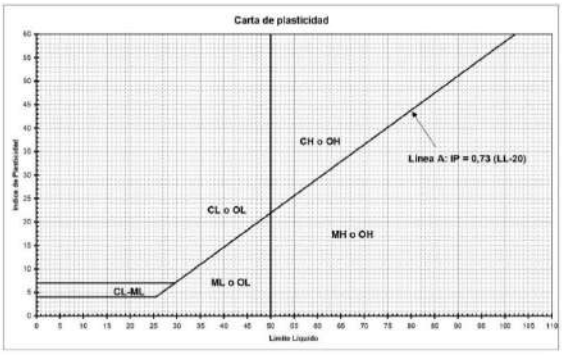


Figura 4. *Carta de plasticidad. (Conos de penetración).*



Figura 5. *Límites de consistencia (Conos de penetración).*

A medida que aumenta el porcentaje de agua, también se incrementa la penetración. El suelo es más blando y menos resistente a medida que aumenta su contenido de agua. Esto podría ser relevante en la evaluación de la capacidad de carga del suelo o en la planificación de cimentaciones. Para obtener el límite plástico (Fig. 6), se emplea el método de rodado. Se toma una pequeña cantidad de suelo mezclado con agua y se forman cilindros de 3 mm de diámetro mediante presión manual. El proceso se repite hasta que el cilindro se fisura y

no puede ser remodelado, indicando el límite plástico. El límite plástico se calcula utilizando la ecuación 3.

$$PL = \frac{\sum Wi}{3} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde: [PL] Límite plástico del suelo (%), [Wi] Contenido de agua registrado (%).

Para la compactación estándar, se utilizó el manual M-MMP-1-09/22. Estas pruebas determinan la compactación de materiales en terracerías, estimando su densidad máxima en seco y el contenido óptimo de agua. Se realiza con un molde cilíndrico metálico sujeto a una base con un collarín removible del mismo diámetro. Se emplea un pisón metálico de base circular, diseñado según normativas específicas. Otros equipos incluyen regla, balanza, horno a 105°C ± 5°C, probetas, mallas, cápsulas, charolas, espátulas, aceite, agua destilada y guantes. Se prepara una muestra representativa de 4 kg de material que pasa por la malla N°4, añadiendo agua hasta obtener una mezcla homogénea. El material se divide en tres capas, compactando cada una con 25 golpes del pisón (Fig. 7).



Figura 6. *Limite plástico (Método de rolado)*



Figura 7. *Compactación Proctor estándar.*

RESULTADOS.

Tamaño de partícula. De acuerdo con la prueba se determinó que la muestra estaba conformada en su mayoría por partículas correspondientes a un de limo, representando un 94.6% del total. Solo una pequeña proporción, equivalente al 5.4%, correspondía a partículas de arcilla, lo que sugiere que el material presenta una textura predominantemente limosa con una mínima presencia de arcilla. En la Fig. 8 se muestra la curva granulométrica de tamaño de partícula correspondiente a la fracción fina.

Límites de consistencia. Con el método de la *Copa de Casagrande* se obtuvo un límite liquido de 158.44%, un Límite plástico de 100 % produciendo un Índice de plasticidad de 41.94%. Utilizando los conos de presentación se obtuvo un límite liquido de 141.94%. Al posicionarnos en la carta de plasticidad (Fig. 2), observamos que, al graficar los resultados obtenidos, se trata de un limo de alta plasticidad. Este hallazgo confirma la clasificación del material como limo, lo cual concuerda con los resultados de la prueba de tamaño de partícula, reafirmando las características limosas del suelo.

Compactación. Al graficar los resultados, se determinó que el contenido de agua óptimo promedio fue del 105%, logrando un peso volumétrico seco de 0.61 g/cm3. Estos valores confirman nuevamente la alta capacidad de absorción de este suelo, lo que es coherente con las características investigadas previamente. Sin embargo, su bajo peso específico pone de manifiesto una porosidad muy alta. En la Fig. 9 se muestran 2 curvas de compactación obtenidas para el mismo suelo.

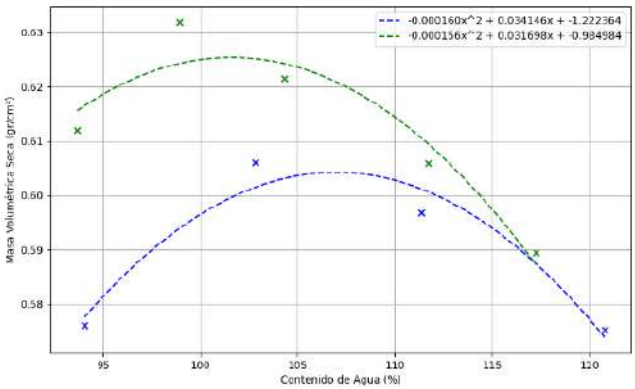


Figura 9. *Curvas de compactación.*

CONCLUSIONES. El suelo diatomáceo en estudio presenta alta plasticidad y capacidad de absorción elevada, lo que puede afectar su comportamiento en proyectos de infraestructura, especialmente bajo cargas y condiciones húmedas. Comprender estas propiedades es clave para mejorar la estabilidad en dichos proyectos, optimizando su uso y garantizando seguridad en la provisión de servicios. Sin embargo, es importante mencionar que falta realizar la determinación de parámetros resistentes, para establecer escenarios de comportamiento ante distintas condiciones de carga.

REFERENCIAS.

1. Matthew Evans T., Moug D. (2020). Diatomaceous soils: a less than cromulent engineering material https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-2184-3_92
2. Díaz Rodríguez J. A. (2011). Comportamiento monotónico de suelos diatomáceos. https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/978-1-60750-822
3. Díaz Rodríguez J. A, Gonzalez Rodríguez R. (2013). Influence of diatom microfossils on soil compressibility. https://www.cfms-sols.org/sites/default/files/Actes/325-328.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224106

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE MANGO PARA EL DESARROLLO DE CARBÓN ESTRUCTURADO

Aylin Carrillo Juárez, Sayra Orozco, Roberto Guerra González, Michel Rivero

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1837101d@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; sorozcocerros@gmail.com

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; roberto.guerra@umich.mx

4 Universidad Nacional Autónoma de México, IIM Unidad Morelia; mrivero@materiales.unam.mx

Palabras Clave: Residuos de mango, carbón estructurado, post-tratamiento de agua.

RESUMEN. Michoacán destaca por ser el principal estado exportador y uno de los más importantes productores de mango a nivel nacional; especialmente la región de Tierra Caliente. Contribuye con el 7.8% de la producción total. La agro-industrialización del mango es uno de los procesos más rentables en el estado y representa un gran reto en relación con el manejo integral de residuos, como piel y semilla de mango, debido a la gran cantidad generada y a sus características. La piel y semilla de mango son residuos que carecen de manejo integral para la industria. Considerando el marco regulatorio relacionado con el manejo de residuos, es importante desarrollar metodologías que permitan aprovechar y valorizar los residuos para generar modelos económicos circulares que conduzcan a proceso sostenibles. En este trabajo se recolectaron, reciclaron y valorizaron residuos de piel de mango para el desarrollo de carbón estructurado con excelentes propiedades para su aplicación en la remoción de contaminantes presentes en agua. La metodología de trabajo consistió en: i) recolectar y reciclar la piel de mango empleando procesos químicos y térmicos, ii) sintetizar carbón estructurado mediante procesos de combustión y pirolíticos, bajo condiciones óptimas, y iii) aplicar el carbón estructurado para mejorar la calidad de agua tratada en una planta tratamiento en la comunidad de Pichátaro. La calidad de agua se analizó mediante los métodos reportados en la NOM y APHA. Los resultados mostraron buenas propiedades fisicoquímicas (alta porosidad y área superficial, estabilidad térmica y química y la presencia de grupos funcionales) para su uso en la remoción de contaminantes. Adicionalmente demostró alta eficacia, incrementó la calidad del agua post-tratada, que permitiría su uso en riego de cultivos y en viveros, y su uso se extiende a ciclos continuos.

INTRODUCCIÓN. El cultivo de Mango en Michoacán es uno de los más importantes. En 2017 se produjeron 153,214 toneladas de mango, haciendo que ocupara el quinto lugar como estado productor de mango. La alta producción, la presencia de plagas y la baja oportunidad en los mercados nacionales e internacionales, causan una gran cantidad de desechos postcosecha (Lorenzo-Santiago et al., 2018). Actualmente, estos desechos no tienen valor y la mayoría de las veces, su eliminación es inadecuada. Por esta razón, es importante el aprovechamiento y valorización de residuos de mango como son la semilla y piel. El desarrollo de bioadsorbentes a partir de residuos es una alternativa viable, y puede formar parte de las estrategias de gestión de residuos agroindustriales. Los biomateriales poseen varios grupos funcionales. Estos grupos son los encargados de la adsorción de

diferentes contaminantes orgánicos y metales pesados. Los carbones estructurados y activados, sintetizados a partir de diferentes precursores químicos y altas temperaturas, han demostrado excelentes características y altas áreas superficiales.

Los materiales de carbono derivados de residuos de biomasa poseen cualidades superiores a los nanomateriales de carbono tradicionales, por ejemplo, contenido de carbono (grado grafítico), longitud, estructura y diámetro (Mubarik et al., 2021). Para la síntesis de materiales derivados de la biomasa se emplean varios métodos, como el método de activación física, la activación química y la carbonización hidrotermal (Mubarik et al., 2021). La carbonización o pirólisis extrema, que en su mayoría deja carbono como residuo, implica el calentamiento, la deshidratación, la degradación y, finalmente, la carbonización de la sustancia orgánica presente en el precursor de la biomasa. En este trabajo se sintetiza y caracteriza un material de carbón estructurado de bajo costo, a partir de piel de mango, por un método pirolítico empleando el agente activante de hidróxido de potasio. Este material es aplicado en el post-tratamiento de agua residual de una planta de tratamiento de agua de la comunidad Purépecha de San Francisco Pichátaro. El análisis de calidad de agua post-tradada se analizó mediante los métodos reportados en las normas oficiales mexicanas y los métodos estandarizados APHA.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la síntesis del carbón estructurado se empleó la piel de mango. La piel de mango fue recolectada y recuperada p procesos físicos, mecánicos y térmicos para preparar polvos de piel. A 10 g de polvo de piel de mango se le agregaron 10 g de KOH y 5 mL de agua ultrapura, se mezclaron hasta formar una mezcla homogénea. La mezcla resultante (piel + KOH) fue sometida a un proceso térmico a 650°C, en atmósfera inerte, y fue etiquetada como BPM. El carbón estructurado fue caracterizado por espectroscopía IR, difracción de rayos X, y análisis termogravimétrico. Para este propósito se empleó: un difractómetro Bruker D2-Phaser utilizando radiación CuKα a 30 kV y 10 mA; un espectrómetro IR Thermo Scientific Nicolet; y un analizador térmico Perkin Elmer modelo STA 6000, utilizando oxígeno a 30 cm3 min-1, con muestra de aproximadamente 20 mg de material y calentándolo de 25 a 900°C a 10°C min-1. El carbón estructurado fue aplicado para el post-tratamiento de una muestra de agua tratada. El proceso se llevó a cabo en una columna de adsorción de 100 cm3 y con operación hidrodinámica continua, y consistió en la aplicación de tres ciclos continuos. Para el análisis de la calidad de agua tratada y post-tratada se evaluaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura demanda química de oxígeno (NMX-AA-030/1-SCFI-2012, 2012), oxígeno disuelto (método Yodométrico reportado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2004), dureza (método EDTA) y Fe (técnica de o-fenantrolina).

RESULTADOS. El carbón estructurado fue sintetizado por un proceso pirolítico en presencia de KOH, como agente activante. En la Figura 1 se muestra el espectro IR del carbón estructurado BPM. La banda a 3280 cm^{-1} se debe a las vibraciones de estiramiento OH del enlace de hidrógeno intermolecular. Dos pequeños hombros en 1560 y 1370 cm^{-1} podrían asignarse enlace C=C sp^2 y al estiramiento C-H del anillo aromático. Las bandas a 1030-1080 cm^{-1} podrían asignarse al estiramiento C-O de fenoles y alcoholes, respectivamente, y la banda a 870-990 cm^{-1} podría asignarse a la flexión C-C y C-H fuera del plano en los anillos aromáticos. Los grupos funcionales más importantes presentes en el material BPM incluyen *(i)* O-H probablemente de alcoholes y fenoles, *(ii)* anillos aromáticos y *(iii)* CH de compuestos aromáticos y alifáticos (Leite et al., 2018; Orozco et al.,

2024). En la Figura 2 se muestra el patrón de difracción de RX de material BPM. Como se puede observar, el material muestra picos característicos de un material carbonoso amorfo (Sinha, 2020). En la Figura 3 se presenta el análisis termogravimétrico del carbón estructurado BPM. Como se puede observar los materiales BAP y BAS muestran un comportamiento similar, en cuanto a pérdida de peso. El material BPM tiene una pérdida de peso de 12% (T<100°C) atribuible a la desorción de las moléculas de agua superficiales y adsorbidas sobre el material. El carbón estructurado posee estabilidad térmica a T<335 °C, y por encima de esta temperatura el material se descompone. San Francisco Pichátaro se abastece del recurso hídrico de manantiales, el agua es entubada y cae a un depósito, del cual se distribuye por gravedad a la población. Cuenta con 4 manantiales importantes que abastecen a la población de manera suficiente: Huiracuaro, Puerto Pomio, Cananguio y Ojo de Agua. Los dos últimos abastecen a la comunidad para el servicio de agua potable y su uso se ha restringido para fines agrícolas.

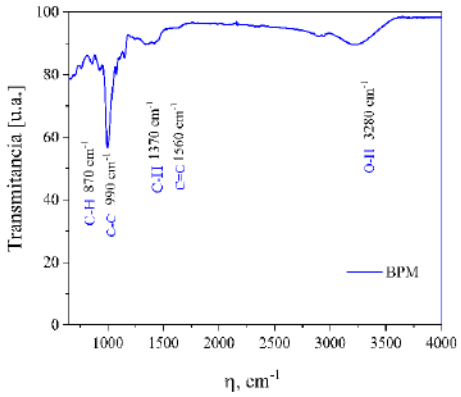


Figura 1 *Espectro FT-IR del carbón estructurado BPM.*

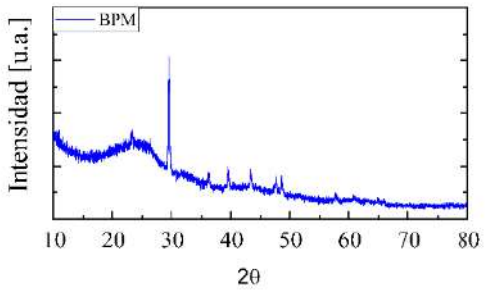


Figura 2 *Patrón de difracción de rayos X del carbón estructurado BPM.*

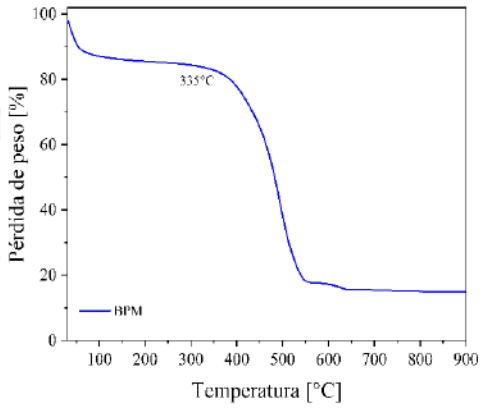


Figura 3 *Análisis termogravimétrico del carbón estructurado BPM.*

San Francisco Pichátaro tiene servicio de drenaje, con una cobertura del 75%. La comunidad tiene una Planta de Tratamiento de Agua Residual (ver Figura 4) que incluye pretratamiento físico, 2 lagunas de maduración (anaerobia y facultativa), tuberías de interconexión y equipamiento, con capacidad de 7 L/s (licitación: LO-916035999-E19-2019).



Figura 4 *Planta de Tratamiento de Agua de San Francisco Pichátaro.*

El carbón estructurado se aplicó como tecnología para el post-tratamiento de una muestra de agua residual tratada, con el propósito de incrementar la calidad del agua tratada. Los resultados de los parámetros analizados para el agua tratada al inicio y después de cada ciclo (3 ciclos consecutivos) se presentan en la Tabla 1. De acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-2021, los valores de pH y la DQO del agua post-tratada después del segundo ciclo cumplen con los límites máximos permisibles para su descarga directa en ríos, arroyos, canales, drenes. Los STD están por encima de los límites permisibles (>1000 mg L^{-1}, NOM-127-SSA1-2021) para uso y consumo humano. Sin embargo, es apta para sistemas de riego cuando el valor de alrededor de 1000-2000 mg L^{-1}. La conductividad eléctrica del agua prácticamente se mantuvo constante después de post-tratamiento, lo que indica que existe una gran cantidad de iones disueltos en el agua, como sales minerales, metales, ácidos y bases. El agua post-tratada cumple con los valores permisibles de dureza (<500 mg L^{-1}, NOM-127-SSA1-2021). El valor para oxígeno disuelto para el agua post-tratada tiene una buena calidad.

Parámetro	**Agua Tratada**	**Ciclo 1**	**Ciclo 2**	**Ciclo 3**
pH	6.86	8.37	8.38	8.25
Dureza, mg $CaCO_3$/L	849.89	64.27	121.41	221.40
OD, mg/L	0.7573	3.6921	3.1241	2.8401
DQO, mg/L	799.06±37.67	142.92±11.69	135.12±15.59	201.39±16.89
Fe, mg/L	0.518±0.026	0.107±0.012	0.373±0.020	0.382±0.009
STD, mg/L	1630	1670	1668	1715
CE, mS/cm	3230	3350	3225	3125

Tabla 1. *Resultados de los parámetros fisicoquímicos del post-tratamiento del agua tratada.*

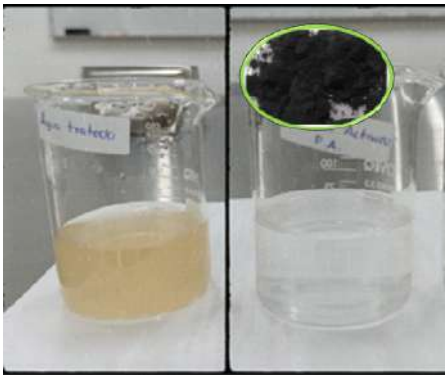


Figura 5 *Comparación visual de una muestra de agua tratada y post-tratada.*

CONCLUSIONES. La aplicación del carbón estructurado, sintetizado a partir de residuos de piel de mango, para incrementar la calidad de agua se llevó a cabo y los resultados calidad de agua de los parámetros para el agua post-tratada se incrementan, respecto al agua tratada. Esto indica que BPM tiene la capacidad de remover contaminantes presentes en el agua tratada en la PTAR. Estos resultados permiten considerar el uso del bioadsorbentes para la eliminación de contaminantes, como una tecnología viable y sostenible.

AGRADECIMIENTOS. Aylin Carrillo agradece al Proyecto UNAM-PAPIME PE109024 por la beca otorgada. Sayra Orozco agradece al CONAHCYT, por la Beca de Consolidación M1 y M2 (I1200/320/2022-I1200/331/2023). Michel Rivero reconoce el apoyo financiero de los proyectos ICTI-PICIR23-004, FCCHTI23_ME-4.1.-0027 y UNAM-PAPIME PE109024. Los autores agradecen a los representantes de la comunidad de Pichátaro.

REFERENCIAS.

1. Lorenzo-Santiago, M. A., Juárez-López, A. L., Rosas-Acevedo, J. L., Rendón-Villalobos, J. R., Toribio-Jiménez, J., & García-Hernández, E. (2018). Management and Final Disposal of Mango Waste in the State of Guerrero, Mexico: A Brief Review. Journal Of Agricultural Science, 10(12), 34.
2. Leite, A.B., Saucier, C., Lima, E.C., Reis, G.S., Umpierres, G.S., Mello, B.L., Shirmardi, M., Días, L.P.S. Sampaio, C.H. (2018) Activated carbons from avocado seed: optimisation and application for removal of several emerging organic compounds. Environ. Sci. Pollut. Res. 25, 7647–7661.
3. Mubarik, S., Qureshi, N., Sattar, Z., Shaheen, A., Kalsoom, A., Imran, M., & Hanif, F. (2021). Synthetic Approach to Rice Waste-Derived Carbon-Based Nanomaterials and Their Applications. Nanomanufacturing, 1(3), 109-159
4. S Orozco. (2024) Effective RhB dye removal using sustainable natural bioadsorbents synthesized from avocado seed and skin. Water, Air, & Soil Pollution
5. Sinha, P., Banerjee, S., Kar, K.K. Characteristics of Activated Carbon. 2020 Handbook of Nanocomposite Supercapacitor Materials I, ISBN : 978-3-030-43008-5

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224107

HETEROUNIÓN FOTOCATALÍTICA A BASE DE METAL LÍQUIDO DE GALIO APLICADA EN LA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES

Sayra Orozco, Karen Murguía-Ceja, Jaime Espino, Michel Rivero

Palabras Clave: Fotocatalizador, Degradación, Remediación.

RESUMEN. La investigación y el desarrollo de tecnologías para procesos fotocatalíticos ha avanzado considerablemente en las últimas décadas. Los dos grandes retos son la optimización del uso de la radiación solar y el desarrollo de tecnología que pueda incorporarse en las plantas de tratamiento de aguas a bajo costo y con un nivel mínimo de mantenimiento. Uno de los fotocatalizadores más utilizado es el TiO2, que tiene características redox, no tóxico, bajo precio y una fotoactividad elevada. Sin embargo, su activación requiere luz ultravioleta y tiene alta velocidad de recombinación, disminuyendo las reacciones catalíticas de oxidación y reducción. Por lo anterior, el reto es la optimización estructural del TiO2. Para este propósito, el TiO2 se ha dopado con diferentes metales. En este trabajo se desarrollaron heterouniones fotocatalíticas de Ga2O3/TiO2 dopadas con iones de Fe para su aplicación en la degradación de contaminantes presentes en agua residual. El objetivo fue sintetizar y caracterizar Ga2O3/TiO2 dopadas con iones de Fe con actividad fotocatalítica en la región visible. La síntesis de la heterounión se realizó por el método de peptización ácida, a partir de metal líquido de galio y TiCl4, y como sal dopante se utilizó el Fe(NO3)3. La heterounión fotocatalítica mostró un alto grado de cristalinidad y estabilidad química ante reacciones redox, se utilizó en la degradación y mineralización del acetaminofén, bajo iluminación visible. Los porcentajes de degradación de acetaminofén alcanzados son del orden del 95% y la mineralización de 60%, después de un periodo de iluminación de 300 min.

INTRODUCCIÓN. La fotocatálisis ha surgido como una tecnología prometedora para aplicaciones de remediación ambiental y conversión de energía, debido a su capacidad para utilizar la energía solar para degradar contaminantes orgánicos (Orozco et al., 2023). El TiO2 es uno de los fotocatalizadores más estudiados debido a sus ventajas. Sin embargo, sigue siendo un reto disminuir la tasa de recombinación y la separación del fotocatalizador una vez que el proceso ha finalizado (Fujishima et al., 2000). Para enfrentar esta limitante, el TiO2 ha sido dopado con diferentes metales para mejorar la movilidad y la transferencia de electrones. Song et al. (2011) reportaron que el dopaje con galio induce vacantes de oxígeno y crea niveles de defecto cerca de la banda de conducción en TiO2, que actúan como trampas de electrones y mejoran la separación de los pares electrón-hueco fotogenerados (Song et al., 2011). Por su parte, los fotocatalizadores de óxidos de galio dopados han recibido una atención considerable entre los diversos materiales fotocatalíticos debido a sus propiedades únicas y aplicaciones potenciales en la degradación de contaminantes (Orozco et al., 2023; Orozco et al., 2024). Las heterouniones de TiO2 y Ga2O3 son materiales interesantes con aplicaciones funcionales en los campos de la fotocatálisis, la electrocatálisis y la detección de gases (Mohamed et al., 2021). En

trabajos reportados mencionan que la adición de Ga2O3 afecta significativamente al proceso de cristalización del TiO2, ampliando el rango de temperaturas en el que se produce la transformación de fase anatasa-rutilo, separando las partículas de TiO2 y evitando la sinterización durante la calcinación. Además, la elevada actividad catalítica y selectividad del óxido de galio soportado puede conducir a un desplazamiento hacia el rojo en el rango espectral visible de 25 nm (Song et al., 2011). En la heterounión de Ga2O3/TiO2, las especies de Ga pueden localizarse en los sitios Ti4+ en forma de Ga3+, y así se forman vacantes de oxígeno que mantienen el equilibrio de carga de las partículas, lo que produce que la actividad fotocatalítica del TiO2 dopado con Ga sea superior a la del TiO2 puro (Song et al., 2011). En este trabajo se desarrollaron heterouniones fotocatalíticas de Ga2O3/TiO2 dopadas con iones de Fe para su aplicación en la degradación de contaminantes presentes en agua residual. El objetivo fue sintetizar y caracterizar Ga2O3/TiO2 dopadas con iones de Fe con actividad fotocatalítica en la región visible. La actividad catalítica de la heterounión Ga2O3/TiO2 y Fe/Ga2O3/TiO2 fue evaluada empleando como contaminante modelo al acetaminofén. El acetaminofén es un producto farmacéutico que se ha identificado en el agua residual y que se ha convertido en una gran preocupación debido a la falta de normativa y a los riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente. El acetaminofén no es biodegradable y no puede eliminarse mediante procesos convencionales de tratamiento del agua, por lo que se necesitan tecnologías avanzadas como procesos avanzados de oxidación, ósmosis inversa, adsorción en carbón activado u otros materiales, y membranas de filtración para eliminarlos. Los procesos fotocatalíticos son métodos muy eficaces para degradar el acetaminofén y sus compuestos intermedios (Orozco et al., 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS. La síntesis de la heterounión se realizó por el método de peptización ácida, a partir de metal líquido de galio y TiCl4, y como sal dopante se utilizó el Fe(NO3)3. Para la evaluación de actividad catalítica de la heterounión Ga2O3/TiO2 y Fe/Ga2O3/TiO2 se empleó un fotorreactor con operación hidrodinámica tipo batch y agitación constante para mantener el catalizador en suspensión. Como fuente de iluminación se emplearon dos lámparas de 13 W de baja energía que iluminaron el sistema reactante. Las fuentes de iluminación tienen un rango de emisión en las regiones del espectro visible (de 400 a 700 nm) y UVA (de 320-400 nm). El espectro de emisión de estas lámparas se describe en el trabajo Orozco et al. (2023). El proceso de degradación se llevó a cabo a una concentración de acetaminofén de 12 mg/L, 0.5 g/L de fotocatalizador y a un valor de pH de 3. El proceso de degradación se llevó a cabo en dos etapas: i) un proceso de adsorción de 30 minutos, y ii) el proceso de reacción fotocatalítica, con una duración de 300 minutos. La solución sintética se preparó disolviendo 4.8 mg de acetaminofén en 400 mL de agua desionizada, ajustado el valor de pH. En este momento (t=t0), se tomó la primera muestra, y se añadió a la solución el fotocatalizador. La mezcla reaccionante se mantuvo en agitación en condiciones de oscuridad durante 30 minutos para homogeneizarla y alcanzar el equilibrio de adsorción. En ese momento, se tomó una segunda muestra, se encendió la lámpara y se inició la reacción fotocatalítica. La solución se mantuvo en agitación constante durante todo el proceso fotocatalítico, y se tomaron muestras a 15, 30, 60, 120, 180, 240 y 300 minutos. Para el análisis de las muestras de Acetaminofén se separaron las partículas de catalizador mediante centrifugación a 7500 rpm por 15 minutos. La concentración de acetaminofén se siguió mediante la absorción del grupo acetaminofén a 243 nm por espectroscopía UV-Vis, empleando un Equipo Hatch

DR6000. La evaluación del proceso de mineralización se determinó mediante el método estandarizado Hatch, para lo cual se empelo el kit de rango bajo de COT.

RESULTADOS. Los patrones de difracción de rayos X de las heterouniones de Ga_2O_3/TiO_2 y $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$, sintetizadas por el método de peptización ácida, muestras un patrón característico de la fase cristalina anatasa para el TiO_2. Dada la baja concentración de galio y Fe no se identificaron especies asociadas a compuestos de oxi-hidróxidos de galio óxidos de hierro. No obstante, la presencia de galio y hierro se identificó mediante el análisis por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X.
La caracterización fotocatalítica de las heterouniones Ga_2O_3/TiO_2 y $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$ se analizó por la degradación del acetaminofén, bajo condiciones de iluminación UV-A y Visible. En la Figura 1 se muestran los perfiles de degradación fotocatalítica del acetaminofén empleando los materiales TiO_2 (sintetizado por peptización ácida), TiO_2-P25 comercial (Degusa P25) y la heterounión Ga_2O_3/TiO_2. Como se puede observar, el TiO_2 y la heterounión tienen actividad catalítica, alcanzando porcentajes de degradación de 44 y 80 %, respectivamente. Mientras que, para el catalizador comercial, se alcanza en 95 % de degradación en los primeros 60 minutos, lo que confirma su alta eficacia en los procesos de degradación (Fujishima et al., 2000). Es importante destacar que la incorporación de galio en la matriz de TiO_2, sintetizados vía peptización ácida, mejora la actividad catalítica. Resultados similares fueron obtenidos por Song et al. (2011).

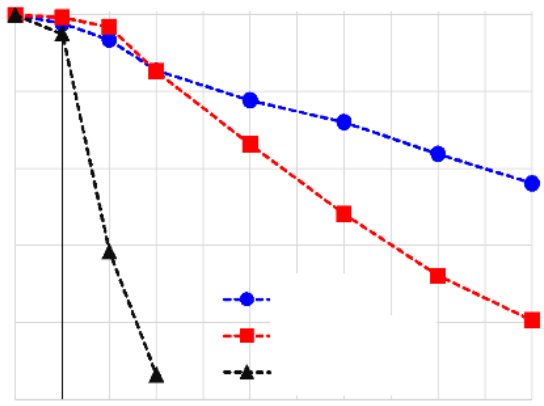


Figura 1. *Perfiles de degradación del acetaminofén empleando los fotocatalizadores de TiO_2 y Ga_2O_3/TiO_2, bajo condiciones de iluminación UV-A.*

En la Figura 2 se muestra la actividad fotocatalítica de las heterouniones de Ga_2O_3/TiO_2 y $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$, bajo iluminación Visible. A un valor de pH de 3, las dos heterouniones tiene actividades catalíticas, logrando degradaciones de 28%. El TiO_2 Degusa P25 no presenta actividad en la región Visible. Cuando incrementamos el valor de pH de 3 a 9, la heterounión $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$ muestra alta actividad catalítica, logrando 95% de degradación del acetaminofén después de 300 minutos. Este resultado es importante, ya que la incorporación de galio y Fe mejora la actividad en la región visible, y con ello abre la posibilidad de empelar de forma eficaz la radiación solar.

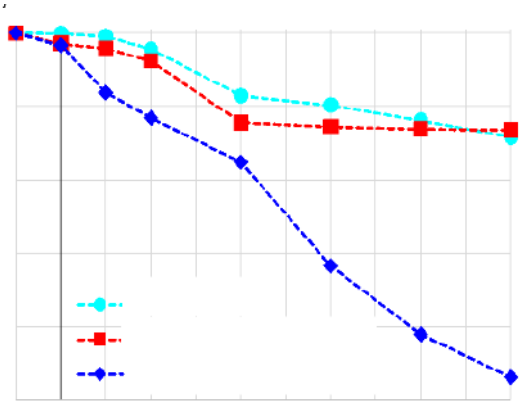


Figura 1. *Perfiles de degradación del acetaminofén empleando los fotocatalizadores de Ga_2O_3/TiO_2 y $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$, bajo condiciones de iluminación Visible.*

Los resultados experimentales se ajustaron a un modelo pseudo orden cero. El modelo considera que la velocidad de reacción depende sólo del tiempo transcurrido. La ecuación utilizada para describir la variación de la concentración de acetaminofén (Ac) en función del tiempo está dada por la expresión:

$$\frac{dC_{Ac}}{dt} = k_0 t$$

Donde k_0 es la contante cinética de pseudo orden cero y es determinada experimentalmente. La siguiente ecuación describe el cambio de la concentración con respecto al tiempo.

$$C_{Ac,0} - C_{Ac,t} = k_0 t$$

En la Tabla 1 se presentan las constantes cinéticas de pseudo orden cero. Como se puede observar, las heterouniones de Ga_2O_3/TiO_2 - UVA y $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$ - Visible presentan valores muy semejantes. Sin embargo, la incorporación de Fe hace posible su activación con luz visible. Más aún, al analizar el proceso de mineralización, con la heterounión $Fe/Ga_2O_3/TiO_2$ no sólo se logra la degradación de acetaminofén, sino también el 60% de la mineralización del contaminante. Esto garantiza que el catalizador podría ser una alternativa viable para la degradación de los contaminantes emergentes.

Fotocatalizador	k_0, L/mg min	R^2
TiO_2 P25 UV	0.1639	0.9861
TiO_2 UV	0.0196	0.9892
TiO_2/Ga_2O_3 UV	0.0343	0.9968
TiO_2/Ga_2O_3 Vis	0.0126	0.9255
$Fe/TiO_2/Ga_2O_3$ Vis (pH=3)	0.0134	0.9816
$Fe/TiO_2/Ga_2O_3$ Vis (pH=9)	0.0460	0.9944

Tabla 1*. Valores de las constantes de pseudo orden cero para los fotocatalizadores.*

CONCLUSIONES. La síntesis de la heterounión se realizó por el método de peptización ácida, a partir de metal líquido de galio y TiCl4, y como sal dopante se utilizó el Fe(NO3)3. La heterounión fotocatalítica mostró un alto grado de cristalinidad y estabilidad química ante reacciones redox. La heterounión fotocatalítica de Ga2O3/TiO2 dopada con iones de Fe fue aplicada en la degradación y mineralización del acetaminofén, bajo iluminación visible. Los porcentajes de degradación de acetaminofén alcanzados son del orden del 95% y la mineralización de 60%, después de un periodo de iluminación de 300 min. Lo cual garantiza

que el catalizador podría ser una alternativa para la degradación de los contaminantes emergentes.

AGRADECIMIENTOS. Michel Rivero reconoce el apoyo financiero de los proyectos UNAM-DGAPA-PAPIIT IA103623 e ICTI FCCHTI23-ME-4.1.-002. Sayra Orozco agradece al CONAHCYT, por la Beca de Consolidación M1 y M2 (I1200/320/2022-I1200/331/2023).

REFERENCIAS.

1. Orozco, S., Espino-Valencia, J., Rivero, M.: 2023 Effect of copper salt on the synthesis of copper-doped gallium metal liquid based photocatalyst (Cu/Ga_2O_3), and its application in acetaminophen photodegradation. *Catalysis Communications 183*, 106779
2. Fujishima, Akira, Rao, Tata N., Tryk, Donald A. (2000) Titanium dioxide photocatalysis,Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews (1)1, 1-21
3. Song, S., Wang, C., Hong, F., He, Z., Cai, Q., Chen, J., 2011. Gallium- and iodine-co-doped titanium dioxide for photocatalytic degradation of 2-chlorophenol in aqueous solution: Role of gallium. *Applied Surface Science (257)*, 3427-3432
4. Orozco, S., Espino, J., Montiel, E., Rivero, M. (2024) Influence of copper content on the synthesis and application of copper-doped gallium liquid metal-based photocatalyst Cu_x/Ga_2O_3 in acetaminophen photodegradation. *Meterials Letter*.
5. Mohamed, Hanan H., Qarni, Fatimah Al. Alomair, Nuhad A. (2021) Design of porous Ga doped TiO_2 nanostructure for enhanced solar light photocatalytic applications. *Materials Research Bulletin (133),*111057.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224108

ANÁLISIS Y CALIBRACIÓN DE SENSORES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE BAJO COSTO

Tania Rojas Torres[1], Juan Ángel Saucedo García[2], José Jaime Madrigal Barrera[3], Sonia Tatiana Sánchez Quispe[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; tania.rojas@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.angel.saucedo@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.madrigal@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: Calibración, Sensores meteorológicos, bajo costo.

RESUMEN. Los datos recopilados por las estaciones meteorológicas automáticas (EMA's) son útiles en diversos campos como la agricultura, gestión de recursos hídricos, etc. Lamentablemente, los costos de adquisición de las EMA's son altos, por lo que una opción factible es optar por tecnologías de bajo costo. Sin embargo, muchos de los sensores de bajo costo presentan variaciones en sus lecturas que deben ser corregidas, por lo que es importante tomar medidas correctivas antes de ser usados en una EMA. En este trabajo se realizaron pruebas de calibración del sensor de temperatura y humedad (DHT22) y un pluviómetro genérico. Para la calibración de ambos dispositivos se obtuvieron datos en distintas condiciones, utilizando materiales de bajo costo para crear un ambiente controlado, así como la utilización del software Arduino IDE. Para el DHT22, se analizaron temperatura de -4°C a 50°C, y la humedad estuvo entre el 40% al 90%; para la precipitación se registraron datos en distintas condiciones de intensidades. Los datos fueron analizados utilizando métodos estadísticos como desviación estándar, error cuadrático medio, y curvas de tendencia. Los resultados muestran que la capacidad del balancín del pluviómetro varía en intensidades bajas, con una capacidad media experimental de 0.43, distinta al 0.28 proporcionado por el fabricante. En el caso de los sensores DHT22, se obtuvo que, la tendencia de datos fue muy similar, concluyendo buena relación de lecturas, el error cuadrático medio (MSE) de los seis DHT22 utilizados, mostró variación entre ellos, con un MSE mínimo de 0.155, en uno de los sensores. En conclusión, la calibración de sensores de bajo costo es importante para la obtención de lecturas precisa en las EMA, y en este estudio se demuestra que, con las medidas correctivas adecuadas, los sensores de bajo costo pueden ser una alternativa viable.

INTRODUCCIÓN. La necesidad de registrar los datos meteorológicos de manera confiable se ha vuelto un requisito importante hoy en día, ya que los fenómenos meteorológicos como sequías, inundaciones, o incluso el cambio climático, no tendrían validez sin un registro climatológico preciso (Ureña Elizondo, 2011). Anteriormente, estos registros se realizaban con ayuda de instrumentos de medición convencionales, como termómetro, el pluviógrafo, pluviómetros de lectura directa, entre otros; los cuales, en su conjunto, conforman una estación meteorológica convencional (EMC), la cual tiene como principal desventaja la necesidad de un operador para la recolección de información. Sin embargo, en épocas más

recientes, los avances tecnológicos han el desarrollo de instrumentos de medición automáticos y de mayor precisión, como los sensores de temperatura y humedad, sensores de radiación solar, pluviómetros automáticos, entre otros instrumentos, transformando así a las EMC a estaciones meteorológicas automáticas (EMA's). Comisión Nacional Del Agua (2019) menciona que, en México, existen un aproximado de 7,499 estaciones climatológicas convencionales, y más de 151 estaciones meteorológicas automáticas (CONAGUA, 2024). Esta diferencia en cantidad radica principalmente en el alto costo de los instrumentos de medición empleados en las EMA's. Para la reducción de costos de estos instrumentos de medición, se ha visto la necesidad de implementar sensores de bajo costo en las estaciones, los cuales deben de cumplir con la precisión, y fiabilidad necesaria, independientemente de su costo. Por lo tanto, la calibración de estos instrumentos antes de aplicarlos a proyectos reales se vuelve crucial.

ANTECEDENTES. La calibración de sensores es esencial para garantizar la precisión de la medición en diversas aplicaciones. A lo largo de los años se han desarrollado diversas metodologías para mejorar la exactitud y la confiabilidad de estos sensores. Uno de los métodos más comunes para la calibración de sensores de temperatura radica en la utilización de hielo-seco con el fin de obtener un ambiente térmico controlado y consistente durante el proceso de calibración (González Coneo, J., et al.,2012). Este método es valorado por su capacidad para generar condiciones de referencia precisas a temperaturas bajas, lo cual es esencial para asegurar la precisión de las mediciones en un amplio rango de temperatura. Además, debido a las variaciones en la precisión de los sensores fabricados en masa, otro enfoque frecuentemente utilizado es la calibración de múltiples sensores simultáneamente bajo las mismas condiciones de medición. Este método ayuda a reducir las discrepancias entre sensores y proporcionar un método más confiable (Mobaraki et al., 2022). La calibración múltiple ayuda a mejorar la precisión de las mediciones individuales, así como para establecer punto de referencia en todos los sensores.

OBJETIVO. Evaluar la precisión de los sensores meteorológicos de bajo costo en distintas condiciones ambientales, con el fin de determinar su aplicabilidad en estudios reales.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el análisis de los sensores a evaluar se utilizó la siguiente metodología que consta de 5 pasos esenciales:
Determinación de sensores a evaluar: Se analizaron el DHT22 (sensor de temperatura y humedad) y un pluviómetro de balancín de la marca Generic, seleccionados por su uso frecuente en estaciones meteorológicas automáticas de bajo costo.
Diseño del experimento: Diseño del experimento (véase figura 1): Se analizaron los elementos necesarios para crear los ambientes de prueba y los sensores de referencia, seleccionados según los rangos y precisión del DHT22 (temperatura: -40°C a 80°C, precisión ±0.5°C; humedad: 0% a 100%, precisión ±2%). Para las pruebas del DHT22 se utilizó una hielera de unicel, hielo con sal para temperaturas inferiores a 10°C, agua hirviendo para valores hasta 46°C, y esponjas para controlar la humedad. Para el pluviómetro de balancín se generaron diferentes intensidades de lluvia con una probeta y un simulador de lluvia. Los datos se registraron mediante una placa Arduino Nano, un módulo SD y un RTC.



Figura 1*. Se observa la forma en que se realizaron los experimentos en distintos escenarios, en donde la primera imagen muestra la forma de los experimentos con la variable de temperatura, en la segunda se enfoca a la humedad, y por último se observa la mesa de simulación de lluvia para la precipitación.*

Ejecución de las pruebas. Se recolectaron más de 400 registros minutales para analizar el comportamiento del DHT22, mientras que el pluviómetro generó aproximadamente 60 registros de datos.
Análisis de datos. Se realizó una limpieza de datos eliminando los valores atípicos. Para el sensor DHT22, se calcularon los siguientes parámetros:
Error cuadrático medio (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - Y_i)^2$$

Donde:
X_i =son los valores registrados por el sensor.
Y_i= Valores de referencia.

Curva de tendencia/series temporales: Utilizºada para observar la evolución de los datos a lo largo del tiempo.

Desviación estándar (σ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \mu)^2}$$

Donde:
X_i =son los valores medidos.
μ = es la media de los valores.

Para el pluviómetro, se analizó la curva de series temporales con el objetivo de determinar la capacidad media experimental del balancín y compararla con la capacidad proporcionada por el fabricante.
Interpretación de resultados. Se realiza la interpretación de resultados con ayuda de los parámetros estadísticos.

RESULTADOS. Error cuadrático medio (MSE): Las tablas muestran que los sensores presentan MSE altos en condiciones ambientales normales. Se utilizó el termómetro como instrumento de control y el DS18B20 como sensor de referencia.

Tabla 1. Error cuadrático medio(MSE) en DHT22 (Humedad)

Escenario	Sensor	DHT1	DHT2	DHT3	DHT4	DHT5	DHT6
Humedad ambiente	MSE	4.005	3.678	4.725	4.331	4.231	4.761
Humedad después de lluvia	MSE	14.951	13.184	10.346	7.569	5.981	4.798

Tabla 2. Error cuadrático medio(MSE) en DHT22 (Temperatura)

Escenario	Sensor	DHT1	DHT2	DHT3	DHT4	DHT5	DHT6
Temperatura baja	MSE	0.482	0.580	0.260	0.120	0.361	0.186
Temperatura ambiente	MSE	5.460	4.191	2.957	2.516	2.610	3.127
Temperatura alta	MSE	3.473	3.982	1.963	2.362	2.350	3.204

Curva de tendencia/curva de series temporales. Temperatura: Como se muestra en la figura 2, a altas temperaturas, los sensores presentaron un comportamiento similar, y las lecturas de los DHT22 se mantuvieron dentro del rango del instrumento de control y el sensor de referencia (termómetro de alcohol y sensor DS18B20, respectivamente). Sin embargo, hubo variaciones en las lecturas debido a la diferente precisión de los sensores. A temperaturas ambiente y bajas, los sensores mostraron fluctuaciones y tendencias distintas en sus lecturas.

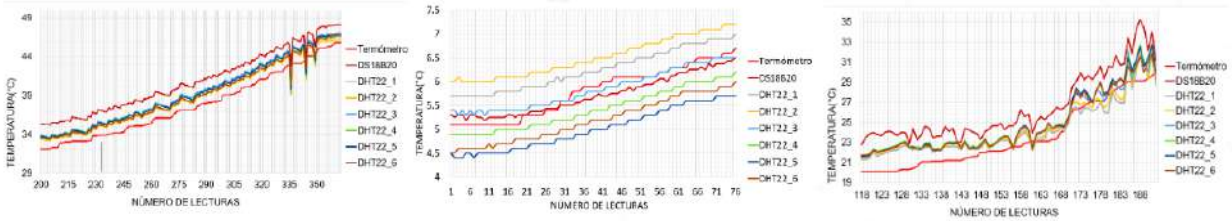


Figura 2. *Tendencia de datos en temperaturas altas (primera gráfica), ambiente (segunda gráfica) y, bajas (tercera gráfica). Las líneas en rojo representan el instrumento de referencia y el de apoyo.*

Humedad. La figura 3 muestra el comportamiento de los sensores frente a cambios en la humedad. En condiciones normales, los sensores presentan una tendencia similar a la del sensor de referencia SHT30. Sin embargo, después de una lluvia, el comportamiento de los sensores varió, lo que afectó principalmente en la precisión de estos.

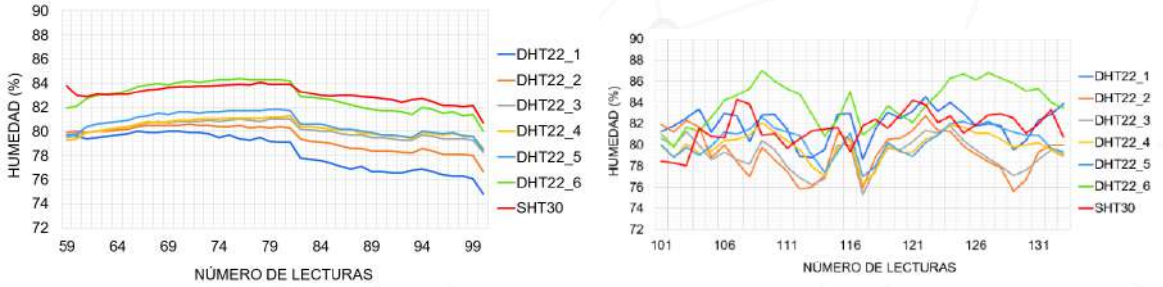


Figura 3. *Tendencia de datos en humedad. En donde la línea roja es el sensor de referencia utilizado para hacer la comparativa, y el resto de las líneas representan los sensores DHT22 utilizados.*

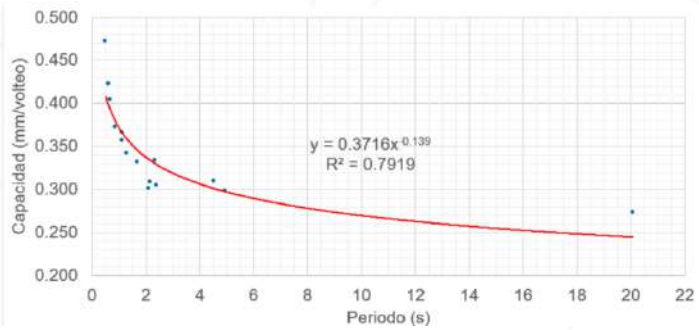


***Figura 4**. Muestra la distribución de datos del pluviómetro.*

La figura 4 muestra que el pluviómetro presentó una capacidad media experimental de 0.3463 mm/volteo, que difiere de la capacidad media de 0.28 mm/volteo proporcionado por el fabricante.

Desviación estándar (DE): Se observa que las DE son muy altas, esto debido a que en la experimentación se obtuvieron valores dinámicos, lo que es normal debido a las grandes fluctuaciones en periodos cortos. Un comportamiento similar se observa en la humedad, aunque las DE son generalmente similares entre sensores, excepto para el DHT6, cuyo rendimiento en medición de humedad se vio afectado.

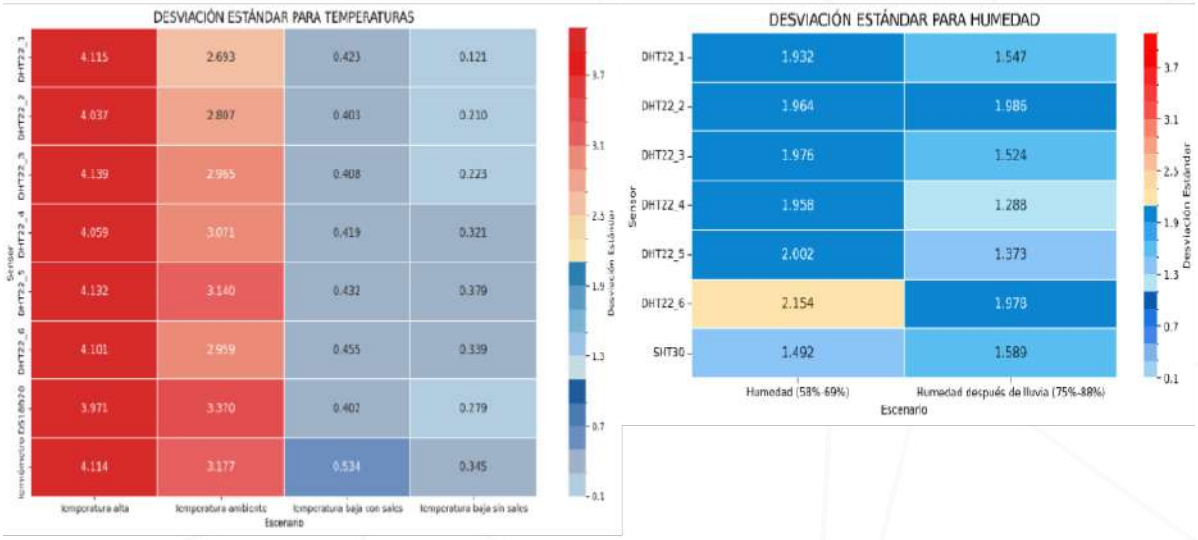


***Figura 5.** Se muestran las desviaciones estándar de los sensores en cada uno de los escenarios generados para el sensor DHT22.*

CONCLUSIONES. Los sensores DHT22 presentaron una mayor dispersión de datos en entornos con rápidos cambios de temperatura y humedad, lo que indica una sensibilidad limitada a variaciones rápidas en estas condiciones. Sin embargo, en condiciones de altas temperaturas, sus lecturas fueron consistentes con las de los sensores de referencia. Se encontraron discrepancias entre la capacidad media del pluviómetro en pruebas experimentales y la capacidad teórica proporcionada por el fabricante. Para mejorar la precisión y la robustez de los resultados, es esencial aumentar el número de registros en futuras investigaciones.

REFERENCIAS.

1. Mobaraki, B., Komarizadehasl, S., Castilla Pascual, F. J., & Lozano-Galant, J. A. (2022). Application of Low-Cost Sensors for Accurate Ambient Temperature Monitoring. Buildings, 12(9). https://doi.org/10.3390/buildings12091411
2. Ureña Elizondo, F. (2011). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos. Revista Posgrados y Sociedad Sistema de Estudios de Posgrado Universidad Estatal a Distancia, 11(1), 33–49.
3. González Coneo, J., Nuñez Pérez, B., & Viloria Molinarez, P. (2012). Sistema de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura. Scientia et Technica, 17(50), 128-131. Universidad Tecnológica de Pereira.
4. Comisión Nacional del Agua. (2019, 22 de agosto). Sistema de Información Hidrológico. https://sih.conagua.gob.mx/
5. Comisión Nacional del Agua. (2024). Estaciones meteorológicas automáticas (EMA). https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224110

MONITOREO DEL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL EN LA UNIÓN SOLDADA DE UN ACERO MICROALEADO POR MEDIO DE TÉCNICAS DE EVALUACIÓN NO DESTRUCTIVAS

Valdemar Conejo Hernández[1], Héctor Guillermo Carreón Garcidueñas[2], Alberto Ruiz Marines[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales; 0617812f@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales; hcarreon@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales; alberto.ruiz@umich.mx

Palabras Clave: Conductividad eléctrica, caída de potencial, corriente alterna.

RESUMEN. En la presente investigación se monitorearon los cambios en la conductividad eléctrica en la unión soldada de un acero API X60 sometida a un proceso de envejecimiento artificial. La conductividad de la unión soldada envejecida artificialmente se midió por el método de caída de potencial de corriente alterna (ACPD). Se realizaron mediciones de micro-dureza Vickers (HV) para monitorear la evolución de esta propiedad con respecto al tratamiento térmico de envejecido. La conductividad eléctrica monitoreada mediante ACPD muestra un comportamiento directamente proporcional a la micro-dureza, indicando que la técnica de ACPD de cuatro puntas puede ser empleada para el monitoreo del envejecimiento en uniones soldadas de aceros API.

INTRODUCCIÓN. Las tuberías de acero API se utilizan de forma extensiva para el manejo y transporte de hidrocarburos y gas natural desde su punto de extracción hasta las refinerías. Los aceros utilizados para este fin deben poseer una buena combinación de fuerza y dureza para poder ofrecer periodos de vida en servicio prolongados [1]. Las tuberías de aceros API cuentan con una unión soldada longitudinal obtenida por el proceso de arco sumergido de doble paso (DSAW) y en ocasiones es necesario la aplicación de más de un paso de soldadura. Los calores aportados por los ciclos térmicos de la soldadura alteran la microestructura del material base resultando en la formación de una zona de fusión, una zona afectada térmicamente y el material base que permanece inalterado [2, 3]. Los aceros utilizados para tuberías y en general todos los materiales sufren un proceso de envejecimiento natural el cual se ve acelerado debido a la exposición prolongada a las temperaturas y presiones de operación [4]. Estas condiciones de operación conducen a cambios en la microestructura, cambios en las propiedades mecánicas (limite elástico, dureza, ductilidad y tenacidad) y la probabilidad de fallo después de años en servicio [5].
El uso de una técnica de evaluación no destructiva (END) para detectar cambios microestructurales resulta novedoso y se ha demostrado que las técnicas de END basadas en la medición de propiedades eléctricas tienen el potencial de proveer información de cambios microestructurales provocados por tratamientos térmicos [6, 7]. La conductividad eléctrica es una propiedad fundamental que indica la facilidad que tienen las cargas eléctricas (usualmente electrones) para moverse libremente a través de un material [8]. La conductividad eléctrica puede ser afectada por el proceso de envejecimiento de un material,

ya que conlleva cambios en la microestructura como lo son el crecimiento de grano, formación de precipitados o la formación de defectos tienen un impacto en la conductividad eléctrica del material [9-10].

ANTECEDENTES. Las técnicas de caída de potencial se basan en la medición del voltaje (caída de potencial) a lo largo de la superficie de un conductor metálico por el cual fluye una corriente eléctrica. La caída de potencial depende de la resistencia eléctrica entre los puntos de medición. En las técnicas de medición de caída de potencial de cuatro puntas, dos electrodos se encargan de suministrar y extraer la corriente eléctrica, los dos electrodos restantes miden el voltaje generado por la corriente inyectada (Fig. 1). Las propiedades eléctricas y magnéticas del material están relacionadas con la microestructura, dureza y/o composición química del material [11, 12].

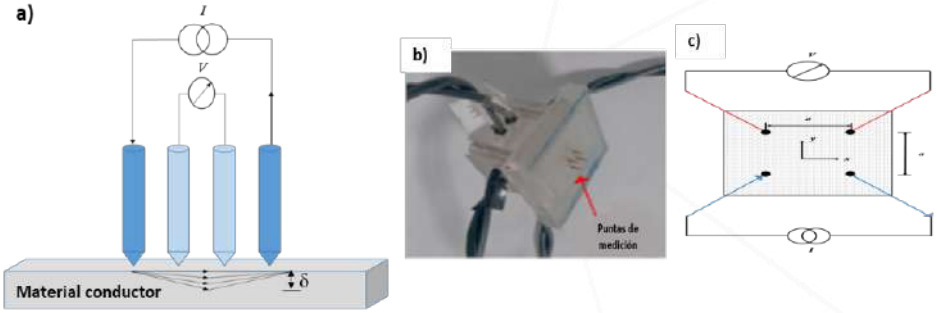


Figura 1. *a) Arreglo para la medición de la caída de potencial de cuatro puntas; b) transductor con arreglo cuadrado para ACPD; c) esquema de operación del transductor de arreglo cuadrado.*

El método ACPD se basa en el "skin effect" [13, 14], un efecto característico provocado por un flujo de corriente de alta frecuencia en un material conductor, donde la mayoría de la corriente se concentra en una sección delgada en la superficie del material. Esta sección delgada es conocida como "skin effect" o profundidad de penetración. La profundidad de penetración se calcula con la siguiente expresión [15]:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \sigma \mu}} \quad (1)$$

Donde δ es la profundidad de penetración de las líneas de corriente, σ es la conductividad magnética del material, μ es la permeabilidad magnética del material y f es la frecuencia de la corriente alterna aplicada. Materiales con alta permeabilidad o conductividad tienen profundidades de penetración relativamente bajas. Para el mismo material la profundidad de penetración se ve reducida cuando la frecuencia de la corriente se incrementa.

OBJETIVO. El objetivo de esta investigación es determinar los efectos del envejecimiento artificial a 300°C por diferentes periodos de tiempo en la microestructura, en la conductividad eléctrica y la micro-dureza en la unión soldada de un acero API 5L X60. Los resultados de esta investigación harán posible correlacionar la conductividad eléctrica con las propiedades que exhiba el material envejecido naturalmente por periodos prolongados de servicio y determinar si es apto o no para seguir en operación.

MATERIALES Y MÉTODOS. El material utilizado para este estudio fue una tubería de acero API 5L X60 la cual cuenta con una soldadura longitudinal producida mediante el proceso

DSAW en una configuración en X a 45°. La composición química de la tubería y su respectivo cordón de soldadura se muestra en la Tabla 1. Para el análisis del material se obtuvieron probetas con dimensiones de 70 mm de longitud y 8 mm de espesor. El envejecimiento artificial se realizó a una temperatura de 300°C por periodos de permanencia en el horno de 3, 7, 9, 18, 30 y 45 h seguido de un enfriamiento en agua. Posteriormente se dio la preparación metalográfica correspondiente a las muestras y se realizó un ataque químico con Nital al 2% por 20 s. La microestructura fue observada mediante microscopia óptica y microscopia electrónica de barrido (SEM).

	C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Ti
X60	0.077	1.299	0.244	0.012	0.002	0.029	0.039	0.085	0.29	0.09	0.015	0.04	0.009
ZF	0.076	1.438	0.345	0.001	0.0005	0.013	0.023	0.113	0.02	0.068	0.085	0.027	0.001

Tabla 1. *Composición química (%peso)*

La micro-dureza fue evaluada la unión soldada envejecida artificialmente utilizando un equipo Mitutoyo HM200, aplicando una carga de 100 g. Para registrar la conductividad eléctrica por medio del método ACPD se utilizó un transductor con arreglo cuadrado como se muestra en la Fig. 1b. La separación entre puntas es de 4 mm (Fig. 1c), se empleó corriente alterna con amplitud constante de 10 mA y una frecuencia de 4 Hz, el equipo de ACPD utilizado mide la resistencia eléctrica del material en la dirección x como se muestra en la Fig. 1c.

La resistencia eléctrica registrada por el equipo está relacionada con la conductividad eléctrica y la separación de las puntas como se muestra en la siguiente expresión [16]:

$$R = \frac{1}{\sigma \pi a}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \quad (2)$$

Donde σ es la conductividad eléctrica del material y *a* es la distancia de separación entre las puntas del transductor.

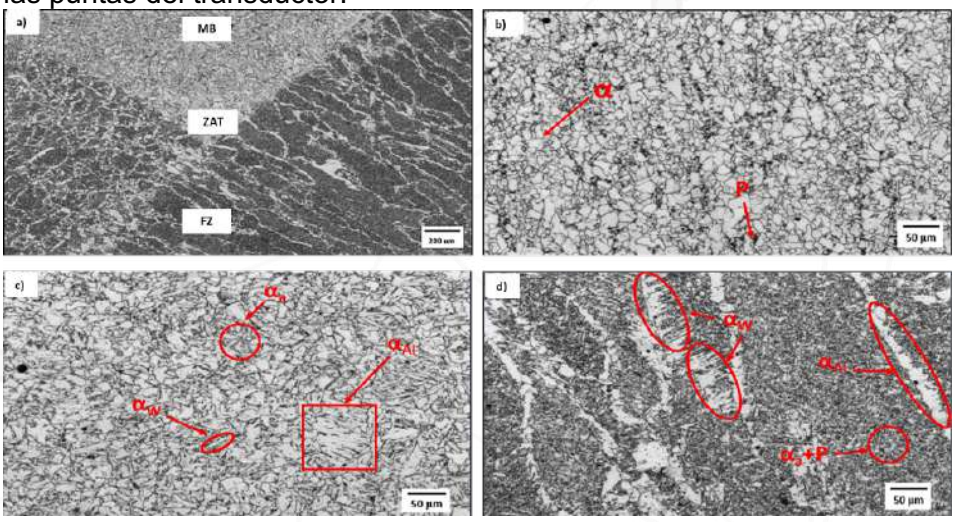


Figura 2. *Microestructura de la unión soldada API X60. a) interacción entre el metal base, zona afectada térmicamente y cordón de soldadura. b) MB; c) ZAT y d) ZF.*

RESULTADOS. La Fig. 2a muestra que la unión esta compuestas de tres zonas con distintas microestructuras: el metal base (MB), la zona afectada térmicamente (ZAT), y la zona de fusión (ZF). En el MB del acero API X60 (Fig. 2b), se observa una microestructura compuesta principalmente por ferrita equiaxial (α) zonas claras y algunas colonias de perlita (*P)* zonas obscuras. Por otro lado, durante el proceso de soldadura, el flujo de calor del metal liquido al metal base genera una zona intermedia llamada la zona afectada térmicamente (ZAT), la Fig. 2c muestra la microestructura compuesta por perlita, ferrita equiaxial, ferrita alotriomórfica (α_{Al}) y ferrita acicular (α_a). La microestructura de la zona de fusión (ZF) se muestra en la Fig. 3d donde se puede observar que está compuesta por ferrita alotriomórfica, ferrita Widmanstätten (α_W) y ferrita acicular como las fases mayoritarias. El análisis mediante SEM permitió observar la presencia de precipitados en el MB envejecido por 3 h (Fig. 3a), en los límites de grano se observó la presencia (Ti,Nb)C y en el interior de los granos de ferrita fue posible detectar la presencia de (Ti-Nb)(C,N). En la ZF se observó la presencia de TiC en los límites de grano (Fig. 3b). La precipitación de Ti, Nb(C,N) en la unión soldada induce el endurecimiento de estas debido a la interacción de los precipitados con las dislocaciones, actuando como obstáculos para su movimiento incrementando las propiedades mecánicas del material. En los tiempos posteriores de envejecimiento no fue posible detectar la presencia de precipitados.

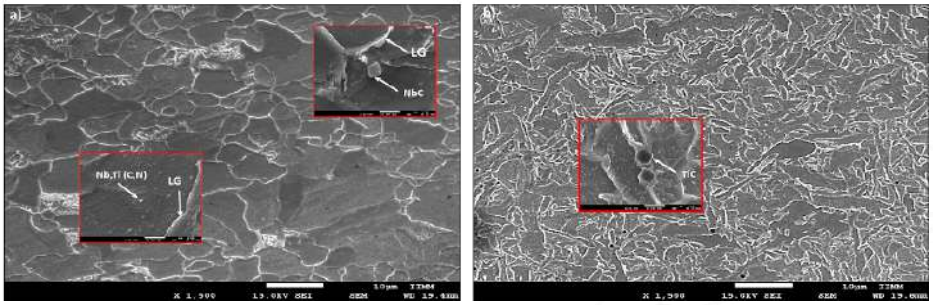


Figura 4. *Imágenes de SEM que muestran la precipitación en la unión soldada API X60 envejecida a 300°C por 3 h: a) NbC en los límites de grano del MB y (Nb-Ti)(C,N) dentro de los granos de ferrita; b) TiC en la ZF.*

Los valores de micro-dureza de la union soldada envejecida se muestran en la Fig. 4a, se observa que la ZF exhibe los valores más altos de micro-dureza. La micro-dureza disminuye tanto para la HAZ y el material base siendo este último el que registró los valores más bajos. Comparada contra el tiempo de envejecido la micro-dureza de la unión soldada aumenta hasta alcanzar un máximo después de tres horas de tratamiento térmico como se muestra en la Fig. 4a, posteriormente los valores de dureza comienzan a decrecer.

La diferencia entre los valores de dureza en las tres zonas de la unión soldada son atribuidas a las tres principales microestructuras desarrolladas por el proceso de soldadura, mientras que el incremento con respecto al tiempo de envejecido se atribuye a la primer etapa del tratamiento térmico donde la precipitación de (Ti, Nb) (C,N) de tamaño nanométrico en la matriz y el posterior decremento es debido a la segunda etapa del tratamiento térmico de envejecido (sobre-envejecimiento) en donde los precipitados formados tienden a disolverse o refinar su tamaño.

El comportamiento de la conductividad eléctrica registrado mediante la técnica ACPD se muestra en la Fig. 4b. La conductividad eléctrica en la unión soldada X60 se incrementa en las primeras horas de envejecimiento (3h) y posteriormente tiende a decrecer. El uso de una corriente alterna de baja frecuencia minimizo el efecto de la permeabilidad magnética

sobre la medición de las propiedades eléctricas del material. La profundidad de penetración de las líneas de corriente es mayor con este método, existiendo una mayor interacción entre la microestructura del material y los portadores de carga. El MB al tener una microestructura más homogénea y con un tamaño de grano fino mostró los valores más altos de conductividad eléctrica, seguido por la ZF la cual al tener una microestructura compuesta por ferrita de distintas morfologías y tamaños impide el flujo libre de los portadores de carga.

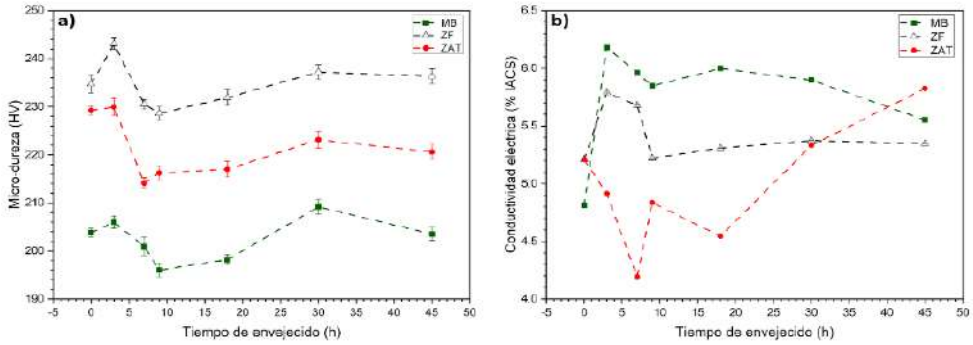


Figura 4. *a) Evolución de la micro-dureza con respecto al tiempo de envejecido; b) cambios en la conductividad eléctrica de la unión soldada mediada mientras la técnica ACPD.*

Comparando el comportamiento de la conductividad eléctrica y la micro-dureza se puede observar una relación directa entre ambas propiedades, indicando que los cambios microestructurales generados por el proceso de soldadura y el posterior envejecimiento artificial tienden a afectar de forma similar a la micro-dureza y la conductividad eléctrica del material. Por lo que la técnica ACPD de cuatro puntas puede ser considerada para el monitoreo del envejecimiento en uniones soldadas de aceros API.

CONCLUSIONES. La técnica ACPD demostró ser sensible a los cambios microestructurales inducidos por el envejecimiento artificial en uniones soldadas de aceros API X60. Al emplear una corriente alterna de baja frecuencia se evita que la permeabilidad magnética del material modifique la medición de las propiedades eléctricas del material, además de permitir una penetración mayor de las líneas de corriente, incrementando la interacción de los portadores de carga con la microestructura del material. La relación directa entre la micro-dureza y la conductividad eléctrica indican que mediante el monitoreo de esta propiedad eléctrica se pueda evaluar el estado de envejecimiento de uniones soldadas de aceros API, convirtiendo a la técnica ACPD en una herramienta valiosa para determinar la vida remanente de este tipo de uniones.

REFERENCIAS.

1. Hwang, B, Kim, Y. G., Lee, S., Kim, Y. M., Kim, N. J., Yoo, Y. “Effective grain size and charpy impact properties of high-toughness X70 pipeline steels” Metall. Mater. Trans. A. vol. 36 p.p 2107–2114. doi:10.1007/s11661-005-0331-9. 2005.
2. Avila, J.A., Ruchert, C.O.F.T., Mei, P.R., Marinho, R.R., Paes, M.T.P., Ramirez, A.J., “Fracture toughness assessment at different temperatures and regions within a friction stirred API 5L X80 steel welded plates” Eng. Fract. Mech. vol. 147 p.p 176–186. 2015. doi:10.1016/j.engfracmech.2015.08.006.
3. Bai, F., Ding, H., Tong, L., Pan L., Wang L. “Microstructural Changes and Impact Toughness of Fill Pass in X80 Steel Weld Metal” Metals vol. 9 (898). 2019. doi:10.3390/met9080898.

4. Vargas-Arista, B., Hallen, J. M., Albiter, A., & Ángeles-Chávez, C. “Effect of Artificial Aging Time on the Mechanical Properties of Weldment on API 5L X-52 Line Pipe Steel”, Metallurgical and Materials Transactions A, vol. 9, no. 37, pp. 2683-2690, 2006, doi: 10.1007/bf02586102.
5. Ramírez, S., Carreón, H., Ruiz, A., Barajas, M., “Characterization of steel pipeline welded joints with artificial aging using TEP measurements”, AIP Conference Proceedings, no. 2102, pp. 1-2, 2019, doi: 10.1063/1.5099760.
6. Arun S.; Polly T. 2022. Eddy current characterization on material surface during high power application – A benchmark experiment. Materials Today: Proceedings, 50 (5), 1747-1753.
7. Oliver Bruchwald, O.; Frackowiak, W.; Reimche, W.; Maier, H. 2016. Applications of High Frequency Eddy Current Technology for Material Characterization of Thin Coatings. Journal of Materials Science and Engineering A, 6 (7), 185-191.
8. Camerini, C., Sacramento, R., Areiza, M. C., Rocha, A., Santos, R., Rebello, J. M. 2015. Eddy current techniques for super duplex stainless steel characterization. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 388, 96-100.
9. Silva, V., Camerini, C., Pardal, J., de Blás, J., Pereira, G. 2018. Ferrite content meter analysis for delta ferrite evaluation in superduplex stainless steel. Journal of Materials Research and Technolog, 7, 395-401.
10. Khan, S., Ali, F., Khan, A., Iqbal, M. 2018. Eddy current detection of changes in stainless steel after cold reductions Computational Materials Science, 43, 623-628.
11. Bowler, N. 2011. Four-point potential drop measurements for materials characterization. Meas. Sci. Technol. 22, 012001.
12. Velicheti, D.; Nagy, P.; Hassan, W. 2018. High-frequency Hall coefficient measurement using inductive sensing for nondestructive materials characterization. NDT & E International, 94, 109-119.
13. Dover, W. D., Collins, R., Michael, D. H. 1991.Review of Developments in ACPD and ACFM. British Journal Of Nondestructive Testing, 33 (3), 121-127.
14. Topp, D. A., Dover, W. D. 1991. Review of ACPD/ACFM Crack Measurement Systems. Review Of Progress In Quantitative Nondestructive Evaluation, 10, 301-308.
15. Bowler, N.; Huang, Y. 2005. Electrical conductivity measurements of metal plates using broadband eddy-current and four-point methods. Meas. Sci. Technol. 16, 2193-2200.
16. Gutierrez-Vargas, G.; Ruiz, A.; Lopez-Morelos, V. Evaluation of 475°C embrittlement in UNS S32750 super duplex stainless steel using four-point electric conductivity measurements, Nuclear Engineering and Technology.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224111

APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEROS MULTIFASICOS Y SU DETECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Martha Yunuen León Aguilar[1], Ariosto Medina Flores[1], Héctor Guillermo Carreón Garcidueñas[1]

Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. 2330894b@umich.mx

Palabras Clave: Aceros multifásicos, tratamientos térmicos, ensayos no destructivos, corrientes de Eddy, efecto Trip.

RESUMEN. La fabricación de un acero multifásico mediante la variación de la ruta clásica de procesamiento partiendo de un acero convencional 1020 a partir de adiciones elementales de Si, Al y su caracterización por medio de los ensayos no destructivos es presentado en siguiente trabajo. La aplicación de una ruta alterna en el proceso de obtención de un acero multifásico sensible al efecto Trip permite establecer cambios microestructurales sensibles en su detección por medio de las técnicas de corrientes de Eddy y potencial termoeléctrico, elucidando los cambios efectuados por la aplicación de tratamientos térmicos.

INTRODUCCIÓN. Los aceros multifásicos se encuentran dentro de la clasificación denominada como aceros avanzados de alta resistencia (AHSS), para aplicaciones principales en el sector automotriz para componentes de alta responsabilidad como travesaños de parachoques y pilares de refuerzo; donde las propiedades requeridas son una alta ductilidad a fin de lograr espesores significativos que contribuyan en la disminución del peso y así mismo capaces de proporcionar una alta resistencia. Los aceros multifásicos sensibles a efectos de transformación inducida por plasticidad (Trip) presentan una elevada resistencia mecánica asociada al efecto de la transformación de fase causada por la aplicación de esfuerzos superiores al limite de cedencia. El proceso de fabricación de los aceros Trip tiene etapas especificas en la obtención de la microestructura deseada [2]. La evaluación de a partir de técnicas de caracterización no destructiva, surge como una implementación innovadora en su estudio.

ANTECEDENTES. El estudio y desarrollo de los aceros con transformación inducida por plasticidad y el uso del acrónimo Trip, surge en el núcleo de trabajo realizado por Zackay y col. [5] (1967). Donde es reportada la transformación de austenita inestable a martensita durante la aplicación de esfuerzos mecánicos en aceros austeníticos presentando un incremento en la resistencia mecánica de los materiales estudiados, sin embargo, por efecto del costoso proceso de fabricación y uso de elementos como el Níquel en grandes cantidades su desarrollo es abandonado. Es hasta el trabajo de Matsumura y col. [4] (1990) miembros investigadores del Nippon Steel Corporation (NSC) reportan un nuevo enfoque para la obtención de aceros con efecto Trip partiendo de un acero al Carbono de baja aleación con adiciones de Silicio y Manganeso a fin de lograr retener de forma inestable a

la Austenita, en una matriz de Ferrita y por efecto de la aplicación de tratamientos térmico tener una microestructura constituida de las fases Ferrita, Bainita y Austenita Retenida metaestable capaz de transformar a una cuarta fase denominada Martensita.
OBJETIVO. Lograr la formación y retención de una microestructura multifásica sensible al efecto Trip por medio de los tratamientos térmicos por medio de dos distintas rutas denominadas como alta y baja temperatura. Detectar por medio de los ensayos no destructivos (END); corrientes inducidas (EC) y potencial termoeléctrico (PTE) los cambios microestructurales producidos por efecto de los tratamientos térmicos.

MATERIALES Y MÉTODOS. La obtención de un acero multifásico sensible al efecto Trip, es por medio de la adición de elementos promotores del efecto Trip tales como Silicio, Aluminio y Manganeso a un acero comercial denominado 1020. La composición de la aleación 00 es presentada en la tabla 1.1.

Si	Al	Mn	Nb	C	Fe
0.96 %wt	0.52%wt	1.2%wt	0.063%wt	0.199%wt	Balance %wt

Tabla 1.1 *Composición nominal en porciento en peso de la aleación 00 para acero multifásico.*

El diseño de los tratamientos térmicos es llevado a cabo con la asistencia del software especializado llamado Jmat Pro®, donde fueron obtenidos los diagramas TTT y CCT para la aleación 00, en donde fueron establecidas las rutas de tratamiento térmico.
Ruta de Tratamiento Térmico A0. Denominada como ruta de alta o A0, es diseñada para realizar un solubilizado total en la región austenítica a 1000°C por 500 segundos como etapa 1, seguida de un mantenimiento en la región intercrítica a 800°C por 420 segundos (región bifásica, Austenita + Ferrita), en la tercera etapa se lleva un mantenimiento isotérmico en la región bainitica a 415°C por 420 segundos finalizado en tiempo se realiza un temple en agua.
Ruta de Tratamiento Térmico B0. Denominada como ruta de baja o B0, considerada como la ruta convencional para la fabricación de aceros Trip, consta de dos etapas establecidas, primero es realizado un recocido en la región intercrítica a 800°C por 420 segundos, para ser llevado en seguida a un tratamiento isotérmico a 415°C por 420 segundos y finalmente enfriando por temple para lograr la retención de las fases de interés por medio su inmersión en agua. La realización de los tratamientos térmicos fue llevada a cabo en hornos mufla para controlar las temperaturas de 1000°C y 800°C, empleando dos equipos para la ruta alta, y durante el tratamiento isotérmico es llevado acabo en un horno de sales fundidas a 420°C.
Caracterización no Destructiva por Potencial Termoeléctrico y Corrientes de Eddy. Es realizada a través de la evaluación de los cambios efectuados por los tratamientos térmicos en los materiales bajo las condiciones MB, AO y B0, haciendo posible diferenciar la conductividad eléctrica los efectos generados en las microestructuras.
Potencial Termoeléctrico (TEP). Está basado en la interacción del material a caracterizar y el fenómeno termoeléctrico conocido como efecto Seebeck, En la Fig. 1.1 se muestra el equipo de TEP.
Corrientes de Eddy o Foucault. está basada en el principio del electromagnetismo y la interacción magnética y la conductividad eléctrica característica de los materiales a evaluar, I.M.O. y col. [3] Han empleado la técnica de corrientes de Eddy para evaluar la relación entre microestructura y dureza. Véase Fig. 1.2 Equipo de ET utilizado.



Fig. 1. Olympus Nortec 500D, equipo de ET.

RESULTADOS. La obtención de los resultados consiste en la evaluación primaria de las fases obtenidas por medio de la microscopia óptica y análisis de imagen para la cuantificación de fases precipitadas por los tratamientos térmicos

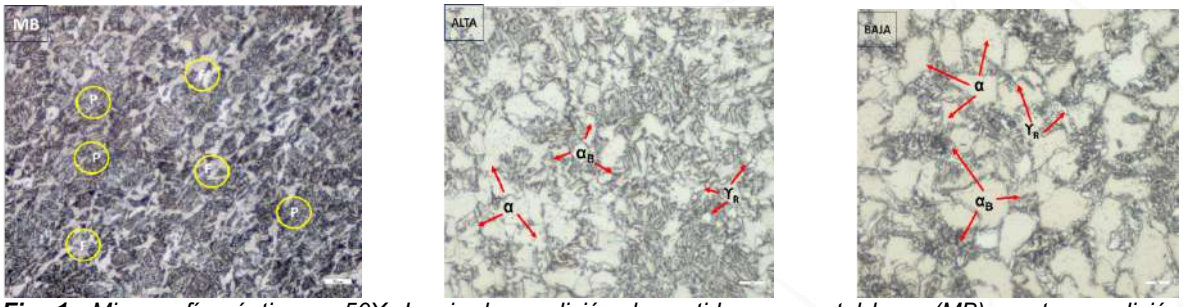


Fig. 1. *Micrografías ópticas a 50X, Izquierda condición de partida para metal base (MB), centro condición tratada térmicamente para ruta alta, derecha condición después del tratamiento térmico para ruta baja.*

En la Fig. 1.3 se encuentran las micrografías ópticas obtenidas para las tres condiciones de los materiales, se observa una microestructura de partida en la condición de metal base (MB) característica de un acero 1020 constituido por una microestructura de Ferrita (fase clara, α) y Perlita (microconstituyente obscuro), mientras que para las condiciones tratadas térmicamente en alta y baja se observa un el cambio evidente en la microestructura dando paso a Bainita (α_B) y logrando la retención de la Austenita (Y) en forma de bloques o laminas, logrando así la obtención del acero multifásico con la microestructura sensible al efecto Trip, conformada por una matriz Ferrítica, con la presencia de fases secundarias del tipo Bainita y Austenita Retenida. A través del análisis de imágenes en las micrografías ópticas (Véase Fig. 1.4) se logra estimar el volumen porcentual de las fases precipitadas para las condiciones de Alta; teniendo los siguientes valores 60.4% para la matriz Ferrítica y un 39.6% en volumen de las fases secundarias, mientras que para la condición de Baja presenta valores de 68.18% y 32.18% teniendo un aumento significativo de Ferrita y una menor precipitación en volumen de las fases secundarias.

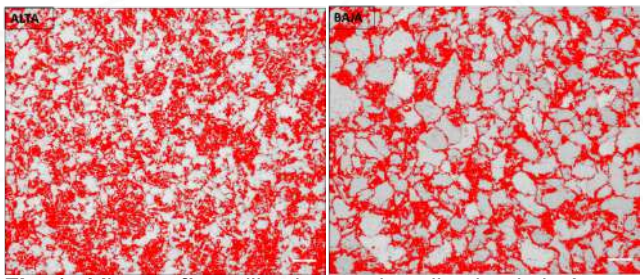


Fig. 1. *Micrografías utilizadas en el analizador de imágenes en la estimación de fases*

Los aceros multifásicos sensibles al efecto Trip debido a su proceso de fabricación presentan un microconstituyente característico en su formación debido a no presentan la saturación incompleta de carbono durante la cinética de transformación inhibiendo la formación de carburos de hierro (Fe_3C) asociada con los elementos Al y Si retardantes de la formación de este tipo de carburos, dejando una bainita sin presencia de ellos. A través de la asociación entre la conductividad y la resistencia eléctrica que presentan las distintas fases es posible caracterizarlos haciendo uso de los cambios efectuados en la microestructura ocasionados por los tratamientos térmicos, en la Fig.1.5 se muestran las conductividades eléctricas ante el incremento de temperatura específicos para la condición de equilibrio para la aleación de acero 00.

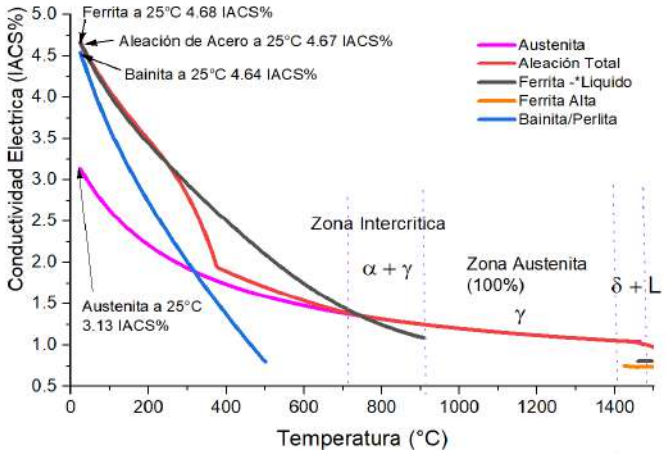


Fig. 1. 5 *Conductividad eléctrica en %IACS para las fases y microconstituyentes del acero multifásico 00.*

Evaluación por EC. El empleo de las corrientes de Eddy está asociado directamente con la conductividad eléctrica de los materiales evaluados, Hernández y col. Han demostrado la efectividad de las técnicas no destructivas empleando los cambios presentados en la conductividad eléctrica causada por efecto del paso de una corriente generada externamente, si bien Hernández y col.[1] Emplearon la técnica de potencial termoeléctrico (TEP), la discusión de sus resultados puede ser extrapolado al empleo de las corrientes de Eddy al tener una interacción con la conductividad eléctrica permitiendo ser empleada para realizar su medición y asociar los efectos presentes de la microestructura con las propiedades eléctricas. Por medio de la aplicación de ET, es posible determinar la conductividad electrica de los materiales al obtener la resultante vectorial o modulo de impedancia electrica, el cual es formado por las componentes de resistividad Ohmica (R) y la reactancia Inductiva (X_L)[], formando además del módulo de impedancia la formación de un angulo entre la reactancia inductiva y la resistividad, el angulo es conocido como angulo de fase (Φ). En la Fig. 1.6 se muestra el plano de impedancia formado en el equipo de ET, se muestra el efecto de conductividad en %IACS para distintos grados de de aceros. Empleando materiales con conductividad electrica conocida se calibro el equipo de ET para las muestras a evaluar, tomando al cobre con una conductividad superior al 100%IACS, y otros grados de aceros con conductividades intermedias como el acero 1080 (16%IACS), API X65 con 7.35%IACS. Mientras que para la condicion de metal base se obtiene una conductividad de 4.67, B0 o baja de 7.06 y para A0 o alta de 7.21 en %IACS respectivamente para cada una como se muestra en la Fig. 1.6.

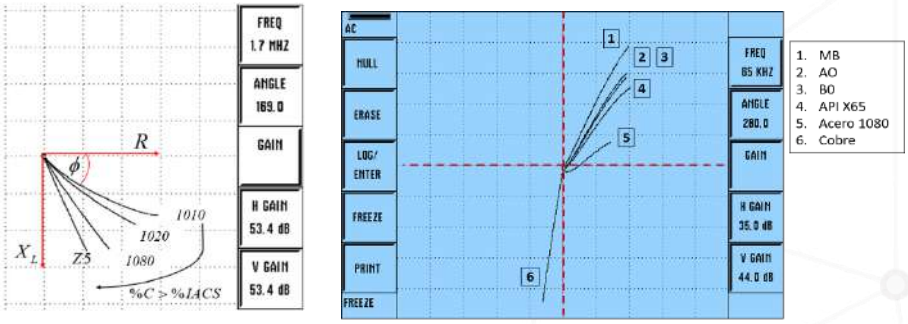
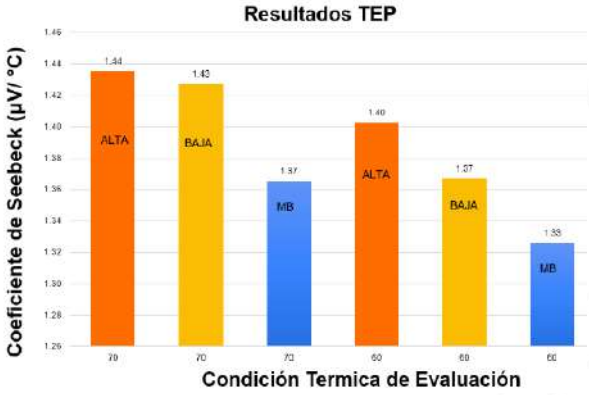


Figura 1. 6 *Izquierda, se presenta el plano de impedancia formado en el equipo de ET bajo la interacción de distintos aceros. Derecha resultados gráficos obtenidos por medio de la técnica ET para las muestras MB, A0 Y B0.*

La evaluacion por TEP, es llevada a cabo empleando dos distintos direfenciales en la temperatura de evaluacion para el extremo caliente designando las temperaturas de 70°C y 60°C , mientras que para el extremo frio se establece la temperatura de 25°C, obteniendo asi los coeficientes de Seebeck para las condiciones de MB, A0, y B0 logrando asi elucidar entre las condiciones de tratamiento termico y sus efectos en la disminucion del coefficiente de Seebeck, ver Fig. 1.7.



A través de los resultados obtenidos por las técnicas de evaluación no destructiva, se ha logrado establecer la relación entre el incremento de conductividad en los aceros tratados térmicamente logrando así inhibir la formación de agregados de carácter covalente como el Carburo de Hierro (Fe3C), al estar presente en la condición del metal base actúa como un elemento resistivo al paso de la corriente formada por las técnicas de ET y PTE, así como también se evalúan los efectos causados por los tratamientos térmicos como tamaño de grano, segmentación de granos, presencia de otras fases cristalinas, morfología y su dispersión dentro de las microestructuras.

CONCLUSIONES. Se ha demostrado la sensibilidad de las técnicas no destructivas de potencial termoeléctrico y corrientes de Eddy ante los cambios microestructurales ocasionados por efecto de los tratamientos térmicos durante la obtención del acero multifásico sensible al efecto Trip, la presencia de fases metalúrgicas como la ferrita, austenita y bainita afectan significativamente la conductividad eléctrica del material, debido al volumen en el porcentaje de las mismas además de estar asociadas con su tamaño, sitios de nucleación y efectos de segmentación en los granos constituyentes de la

microestructura. A través del valor en el coeficiente de Seebeck es posible asociar el efecto de la variación de volumen de fases y su presencia en las distintas condiciones del acero estudiado, siendo posible establecer una temperatura de evaluación por potencial termoeléctrico a fin de obtener una mayor sensibilidad en la elucidación de los materiales. Con corrientes de Eddy se ha demostrado el aumento asociado en la conductividad de los materiales tratados al lograr inhibir la formación de Fe3C, agregado intermetálico de enlace covalente y con composición estequiométrica fija que al carecer de electrones libres actúa como una resistencia al paso de la corriente inducida

REFERENCIAS.

1. Hernández, L., Carreón, H., & Bedolla, A. (2023). Estimation of the Segregation in a High Carbon Cast Steel by Thermoelectric Power Means. Russian Journal of Nondestructive Testing, 59(7), 785–795. https://doi.org/10.1134/S1061830923600351
2. Matsumura, O., Sakuma, Y., & Takechi, H. (1987). Enhancement intercritical of elongation annealed by retained austenite steel. Transactions ISIJ, 27.
3. M. O. A. Costa, C. Mesplont, J. Bouquerel, and J.-B. Vogt, “Relations between microstructure and hardness of plain carbon steels using eddy current technique,” IOP Conf Ser Mater Sci Eng, vol. 859, p. 012005, 2020, doi: 10.1088/1757-899x/859/1/012005.
4. M. S. Amiri and M. Kashefi, “Investigation of variables affecting impedance plane in Eddy current testing of carburized steels,” J Mater Eng Perform, vol. 20, no. 3, pp. 476–480, 2011, doi: 10.1007/s11665-010-9697-y.
5. V.F. Zackay, E. R. P. D. F. R. B. A. T. Q. 60, 2 (1967). (1969). Enhancement of Ductility in High Strength Steels.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224113

SÍNTESIS DE PELÍCULAS DELGADAS DE SnO2 MEDIANTE EL DEPÓSITO ATÓMICO POR CAPAS

Jorge Rodríguez López, Ricardo Rangel Segura, Pascual Bartolo Pérez, Armando Ramos Corona3

1 Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; jrl_ibqa@hotmail.com

2 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; rrangel@umich.mx

3 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados -Unidad Mérida; pascualbartolo@gmail.com; aramoscorona88@gmail.com

Palabras Clave: óxido de estaño, semiconductor, ALD.

RESUMEN. Actualmente, los materiales semiconductores juegan un papel muy importante el desarrollo de aplicaciones tecnológicas. Dentro de estos materiales, el óxido de estaño ha generado gran interés en la comunidad científica debido a sus interesantes propiedades ópticas y eléctricas que lo convierten en un semiconductor muy atractivo para diversos campos tecnológicos. Por otro lado, el método de síntesis es un factor clave en el control de la morfología y estructura cristalina de dichos materiales por lo que resulta relevante el uso de metodologías que permitan combinar propiedades difíciles de proporcionar a compuestos puros. Entre las diversas técnicas de depósito de película, el depósito atómico por capas (ALD por sus siglas en inglés), destaca como una técnica de depósito que proporciona un excelente control en el espesor y composición química de la película depositada. En el presente trabajo, se centra en la síntesis de películas delgadas de SnO2 sobre dos diferentes sustratos diferentes mediante la técnica de depósito atómico por capas, basada en la reacción de tetrakis(dimetilamino)estaño y agua. Para determinar las propiedades fisicoquímicas de las películas se emplearon diversas técnicas de caracterización como difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, espectroscopia fotoelectrónica de rayos X, espectroscopia Raman y espectroscopia UV-Vis. Los resultados muestran características interesantes que permitirían el uso de las películas en diversos campos tecnológicos.

INTRODUCCIÓN. Actualmente, el campo de los semiconductores ha despertado un gran interés por parte de la comunidad científica debido a que estos materiales posen un gran potencial de aplicación en diferentes nano dispositivos [1]. Dentro de estos materiales semiconductores, el SnO2 ha destacado por ser un importante semiconductor tipo p con atractivas propiedades eléctricas, incluyendo un band gap de 3.6 eV y una energía de enlace de excitación de 300 mV, una alta transparencia y conductividad con una excelente estabilidad ambiental [2]. Lo que ha propiciado que sea un material de importancia en aplicaciones como electrodos fotovoltaicos, sensores de gas, celdas solares, fotocatalizadores y antimicrobianos por mencionar algunas [3-5]. Además, las propiedades del SnO2 material pueden ser mejoradas significativamente eligiendo un método de síntesis que permita controlar la forma y tamaño de dicho material.

ANTECEDENTES. Recientemente, las películas delgadas son materiales que sido ampliamente estudiados dado que sus propiedades fisicoquímicas difieren significativamente de los materiales a granel. Además, de la gran cantidad de aplicaciones, hoy en día existen diversas técnicas de síntesis para producir de películas delgadas de SnO2 como el depósito por vapor químico metal-orgánico (MOCVD), la evaporación térmica y el depósito atómico por capas (ALD), por mencionar algunas [6-8]. Entre ellas, la técnica de ALD destaca por ser una técnica de depósito en fase vapor basada en reacciones secuenciales y autolimitadas sobre la superficie de un sustrato, que generan una película a través de un numero repetido de ciclos de depósito [9]. Destaca por proporcionar a las películas depositadas un excelente control sobre el espesor y la composición química. Por otro lado, permite el uso de sustratos con morfologías complejas, reduciendo el número de defectos y propiciando una alta calidad a la película depositada [10]. Como ocurre en muchos procesos, la elección de los precursores es un punto clave para llevar a cabo una síntesis exitosa, priorizando el uso de compuestos de fácil manejo y respetuosos con el medio ambiente.

OBJETIVOS. Obtener películas de SnO2 mediante la técnica de depósito atómico por capas. Determinar las propiedades fisicoquímicas de las películas de SnO2. Calcular los parámetros estructurales de las películas de SnO2

MATERIALES Y MÉTODOS. La síntesis de las películas de SnO2 se llevó a cabo utilizando un reactor ALD Savanah 100, empleando como sustratos silicio (100) y silicio impurificado con boro. Antes de ser introducidos en el reactor los sustratos fueron lavados con H2SO4, HF, HCl y agua destilada, respectivamente. Posteriormente fueron secados con gas nitrógeno a temperatura ambiente. Para el depósito de la película de SnO2 se utilizaron como precursores tetrakis(dimetilamino)estaño (Sn(NMe2)4) y agua desionizada, mientras que como gas de purga se usó gas N2. La secuencia de los ciclos de ALD fue Sn(NMe2)4/Purga/H2O/Purga que se mantuvieron constantes en una proporción de 0.5/30/0.015/30 s. Finalmente, las películas se calcinaron a 400°C por 4 h para obtener la estructura tetragonal del SnO2. Las películas fueron analizadas por diversas técnicas de caracterización como difracción de rayos X, microscopia electrónica de barrido, espectroscopia de fotoelectrones de rayos X, espectroscopia Raman y espectroscopia UV-Vis.

RESULTADOS. En la Fig. 1a se muestra el patrón de difracción X, para la película de SnO_2 sobre el sustrato de silicio, se puede observar que se lo localizan los planos correspondientes a la estructura tetragonal del SnO_2. También, se aprecia que la película presenta un crecimiento preferencial en el plano (101). Por otro lado, en la Fig. 1b, se presenta la micrografía para la película de SnO_2 crecida sobre silicio impurificado con boro, se aprecia un recubrimiento uniforme sobre la superficie del sustrato, con pequeños agregados que asemejan esferas.

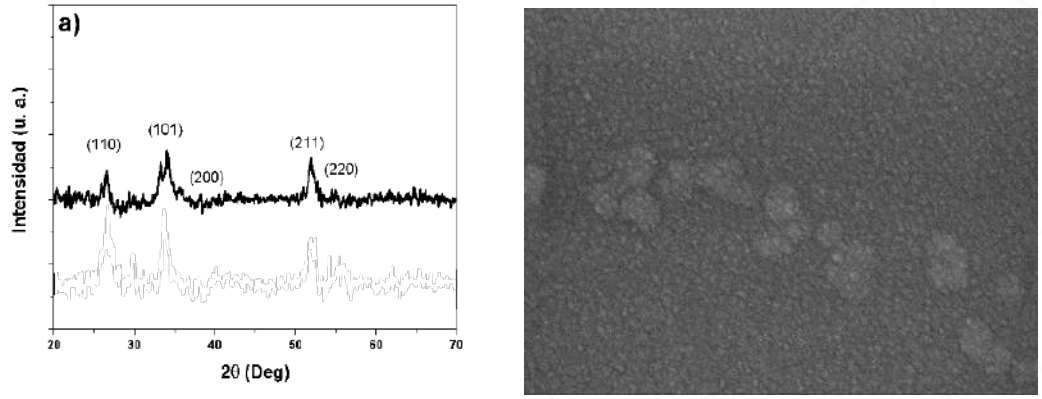


Figura 1. *a) Patrón de difracción de rayos X para la película de SnO_2; b) Micrografía MEB para la película de SnO_2 depositada en silicio-B.*

En la Fig. 2a presenta el espectro XPS de la película de SnO_2 crecida sobre silicio se detectaron valores de energía para O1s (530.39 eV) y Sn3d (486.48 y 44.48 eV) y N1s (400,08 eV), corroborando la síntesis exitosa del SnO_2 [6]. Además, en la Fig. 2b se muestra el espectro Raman para la película de SnO_2 depositada sobre el silicio impurificado con boro. Las señales a 303 cm^{-1} y 520 cm^{-1} corresponden al silicio utilizado como sustrato [11]. Por otro lado, las señales a 474 cm^{-1} y 639 cm^{-1} confirman la presencia del SnO_2.[12]

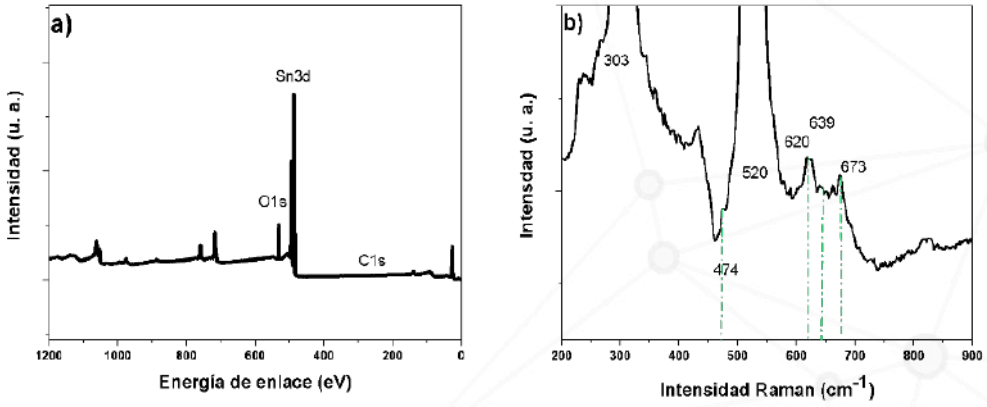


Figura 2. a) *Espectros XPS para la película de SnO_2 depositada en silicio; b) Espectro Raman para la película de SnO_2 depositada sobre silicio-B.*

Por otro lado, en la Fig. 3a se es espectro de reflectancia difusa de la película de SnO_2 depositada sobre silicio impurificada con boro, mientras que en la figura 3b se presenta su band gap el cual se determinó mediante la conversión del espectro de reflectancia difusa mediante el método de Kubelka-Munk [7]. Los valores de band gap de las películas de SnO_2 en silicio y silicio impurificada con boro fueron 3.02 y 3.05 eV, respectivamente.

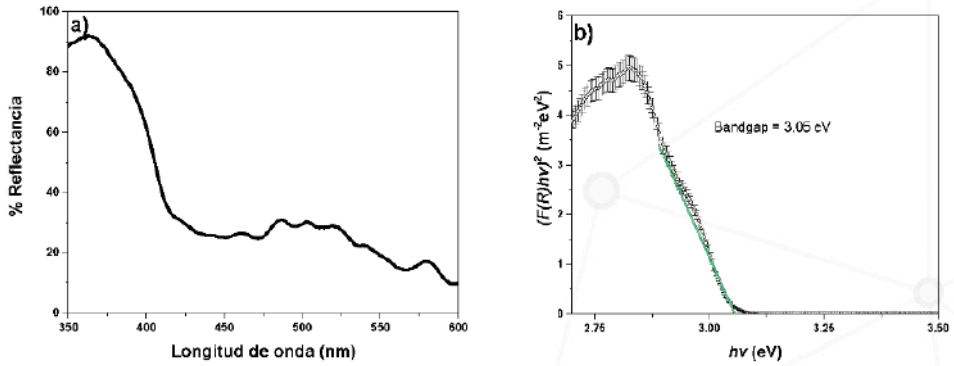


Figura 3. *a) Espectro de reflectancia difusa y b) Band gap de la película de SnO_2 depositada sobre silicio impurificado con boro.*

CONCLUSIONES. Los resultados demuestran que se logró con éxito la síntesis de películas delgadas de SnO2 a través de la técnica de ALD. Los análisis de DRX confirman la estructura tetragonal de las películas de SnO2. Las películas mostraron alta cristalinidad y baja densidad de defectos. Las películas presentan absorción de energía en el rango del visible. Estos resultados demuestran que las películas delgadas de SnO2 son materiales prometedores para su uso en diferentes campos tecnológicos, como sensores de gases o celdas solares, así como su uso como plantillas para el crecimiento de materiales nanoestructurados.

REFERENCIAS.

1. Hussain, S., Jacob, J., Riaz, N., Mahmood K., Ali, A., Amin, N., Nabi, G., Isa, M., Mahmood, H.R. (2019). Effect of growth temperature on catalyst free hydrothermal synthesis of crystalline SnO2 micro-sheets. J. Ceram. Int., 2(45), 4053-4058.
2. Choi, D., Park, J.S. (2014). Highly conductive SnO2 thin films deposited by atomic layer deposition using tetrakis-dimethyl-amine-tin precursor and ozone reactant. Surf Coat Technol, 259, 238-243.
3. Pavelko, R.G., Yuasa, M., Kida, T., Shimanoe, K., Yamazoe, N. (2015). Impurity level in SnO2 materials and its impact on gas sensing properties. Sensors Actuators, B Chem., 210, 719-725.
4. Pan, J., Shen, H., Mathur S. (2012). One-dimensional SnO2 nanostructures: Synthesis and applications. J. Nanotechnol, 2012.
5. Sujatha, K., Seethalakshmi, T., Sudha, A.P., Shanmugasundaram, O.L. (2019). Photocatalytic activity of pure, Zn doped and surfactants assisted Zn doped SnO2 nanoparticles for degradation of cationic dye. Structures and Nano-Objects, 18.
6. Turishchev, S.Y., Chuvenkova, O.A., Parinova, E.V., Koyuda, D.A., Chumakov, R.G, Presselt, M., Schleusener, A., Sivakov, V. (2018). XPS investigations of MOCVD tin oxide thin layers on Si nanowires array. Results Phys. 11, 507-509.
7. Ingole, S.M., Navale, Y.H., Bandgar, D.K., Patil, B.V., Navale, S.T., Stadler, F.J., Ramgir, N.S., Gupta, S.K., Aswal, D.K., Mane, R.S. (2017). Nanostructured tin oxide films: Physical synthesis, characterization, and gas sensing properties. J. Colloid Interface Sci. 493, 162-170.
8. Bang, J.H., Lee, N., Mirzaei, A., Choi, M.S., Na, H.G., Jin, C., Oum, W., Shin, S., Choi, H.S., Park, H., Choi, Y., Jeon, H., Kim, H.W. (2019). Effect of microwave irradiation on the electrical and optical properties of SnO2 thin films. Ceram. Int. 45, 7723-7729.
9. Muneshwar, T., Miao, M., Borujeny, E.R., Cadien, K. in Handb. Thin Film Depos. (Elsevier, 2018), pp. 359–377.
10. Levchuk, I., Guillard, C., Dappozze, F., Parola, S., Leonard, D., Sillanpää, M. (2016). Photocatalytic activity of TiO2 films immobilized on aluminum foam by atomic layer deposition technique Journal Photochem. Photobiol. A Chem. 328, 16-23.
11. Zhang, Y., Lin, B., Fu, Z., Liu, C., Han, W. (2006). Strong ultraviolet emission and rectifying behavior of nanocrystalline ZnO films Opt. Mater. (Amst). 28, 1192-1196.
12. Zhao, D., Wu, X. (2018). Nanoparticles assembled SnO2 nanosheet photocatalysts for wastewater purification Mater. Lett. 210, 354-357.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224116

OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE FRESA VARIEDAD SAYULITA EN DIFERENTES SOLUTOS OSMOTICOS

Manuela Cervantes Villegas[1], Yolanda Martínez Andrade[2], Yolanda Ruiz Suárez[3], Francisco José Parra Ortiz[4]

1 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; vasquez.cervantes.1408@gmail.com

2 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; yolanda.ma@zamora.tecnm.mx

3 TECNM Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes; yolanda.rs@losreyes.tecnm.mx

4 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; francisco.po@zamora.tecnm.mx

Palabras Clave: Osmodeshidratación, fresa Sayulita, vida útil.

RESUMEN. La variedad de fresa Sayulita, evaluada en México desde 2012 en diversas zonas de producción, ha demostrado un notable potencial genético. Según Planasa (2023), esta variedad se caracteriza por ser precoz, rústica y vigorosa, apta tanto para cultivo convencional como orgánico. Su fruto es de gran calibre, maduración uniforme, color rojo brillante, sin cavidad interna y con una piel firme. La fresa es una fruta altamente perecedera con una corta vida de anaquel postcosecha, principalmente debido a la descomposición causada por hongos, se han explorado diversas técnicas para extender su durabilidad. Entre estas, la osmodeshidratación destaca como un proceso eficaz. Según la FAO (2013), la osmodeshidratación consiste en sumergir la fruta en una solución de agua con sacarosa o glucosa, lo que provoca la salida del agua de la fruta, reduciendo su contenido de humedad complementando con un secado mediante aire caliente. En esta investigación, se aplicó la osmodeshidratación a la fresa Sayulita para prolongar su vida útil. Se llevaron a cabo ocho tratamientos diferentes, sumergiendo las fresas en soluciones de glucosa y sacarosa a diversas concentraciones de 40, 35, 30 y 25 Brix y posteriormente se deshidrataron en un secador de bandejas por convección a 68°C durante 6 horas, con el fin de eliminar la mayor cantidad de humedad posible y disminuir la actividad de agua. Finalmente, se evaluaron las características organolépticas de las fresas osmodeshidratadas para determinar cuál de los tratamientos ofreció mejores resultados en términos de sabor, textura, color y vida de anaquel. Los hallazgos de esta investigación proporcionan una alternativa viable para extender la vida útil de las fresas, mejorando su calidad y aceptación en el mercado.

INTRODUCCIÓN. Según Bastida (2022), en 2021 los estados que lideraron la producción de fresa en México fueron Michoacán, Guanajuato, Baja California, Estado de México y Baja California Sur. En 2022, Michoacán se consolidó como el principal productor a nivel nacional, alcanzando una producción anual de 354,048 toneladas. Dentro de este estado, el municipio de Zamora destacó al producir 112,041 toneladas, según datos de la SADER (2023). Dada la naturaleza altamente perecedera de la fresa, caracterizada por su elevado contenido de humedad y su corta vida útil, se ha buscado una alternativa para extender su durabilidad. En este contexto, se llevó a cabo una investigación utilizando la variedad de

fresa Sayulita, enfocada en aplicar osmodeshidratación con solutos como glucosa, sacarosa y sin tratamiento para su posterior secado utilizando el secador de bandejas por convección modelo (NOVATECH-Modelo: 915850734) a 68°C durante 6 horas, este proceso implica la transferencia de masa mediante difusión molecular. La investigación se realizó en el taller de frutas y hortalizas del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora. A través de este estudio, se determinó cuál de los tratamientos aplicados ofreció mejores resultados en términos de características organolépticas y fisicoquímicas, logrando así extender la vida útil de la fresa y mejorar su aceptación entre los consumidores.

OBJETIVO. Alargar la vida útil de la fresa (variedad Sayulita) mediante la optimización del proceso secado por osmodeshidratación utilizando diferentes concentraciones de solutos osmóticos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se llevaron a cabo ocho tratamientos y un testigo utilizando fresas de la variedad Sayulita. Se formaron lotes de 200 g de fresas rebanadas, los cuales fueron rotulados de L1 a L8 para su posterior tratamiento con solutos osmóticos. Las soluciones osmóticas se prepararon utilizando 500 ml de agua, a la cual se añadieron las cantidades correspondientes de sacarosa y glucosa para alcanzar diferentes concentraciones de °Brix. Los primeros tres lotes (L1-L3) se trataron con soluciones de sacarosa a concentraciones de 40, 35 y 30 °Brix, respectivamente. Los lotes L4 y L5 fueron tratados con combinaciones de sacarosa y glucosa a concentraciones de 35 y 25 °Brix. El lote L6 se preparó con 500 ml de agua, el lote L7 se utilizó como testigo (sin tratamiento), y el lote L8 se trató con 500 g de sacarosa. Todos los lotes se dejaron reposar durante 24 horas, con los frascos bien tapados. Después del reposo, se retiró la solución osmótica utilizando un colador y se pesaron los lotes nuevamente para determinar sus °Brix. Posteriormente, se procedió a la deshidratación de las fresas en un secador de bandejas por convección (NOVATECH-Modelo: 915850734) a 68°C. Se utilizaron dos bandejas previamente pesadas, y se rotularon para ubicar cuatro lotes por bandeja, asegurando que las rebanadas de fresa no se superpusieran para lograr un deshidratado uniforme. Las bandejas se introdujeron en el horno una vez alcanzada una temperatura superior a 50°C. El proceso de deshidratación se mantuvo a 68°C durante 6 horas, pesando cada hora las bandejas, se retiraron del secador, posteriormente, se evaluaron las características organolépticas de las fresas (olor, color, forma, apariencia) y se pesaron los lotes para calcular su rendimiento. Además, se determinó la actividad acuosa (Aw) utilizando el AquaLab. Finalmente, cada lote se empaquetó y rotuló en bolsas de celofán selladas, que se almacenaron en un lugar fresco y seco, a una temperatura no mayor a 35°C. Los lotes con el producto terminado se mantuvieron bajo revisión constante.

RESULTADOS. Se llevó a cabo la osmodeshidratación de fresas de la variedad Sayulita utilizando ocho tratamientos diferentes, seguidos de su deshidratación. Cada lote comenzó con 200 g de fresa fresca. En la Tabla 1 se presentan los pesos iniciales, correspondientes a los valores después de la osmodeshidratación, y los pesos finales, obtenidos tras la deshidratación en el horno. Además, se incluyen datos relevantes como porcentaje de humedad, actividad acuosa (Aw), rendimientos, entre otros, los cuales fueron considerados para evaluar cuál de las variables ofreció los mejores resultados en términos de osmodeshidratación. También se evaluaron diversas características organolépticas de las fresas, como olor, color, apariencia y forma.

lotes	peso inicial	Peso final	ºBrix	% de humedad inicial	% de humedad final	Aw	% de rendimiento
1	140	44	18	82	75.12	0.669	31.43%
2	144	43	17	83	74.60	0.703	29.86%
3	152	24	14	86	42.42	0.499	15.79%
4	149	24	12.2	87.8	40.73	0.482	16.11%
5	182	48	11.8	88.2	99.05	0.812	26.37%
6	240	31	2.1	97.9	76.00	0.855	12.92%
7	200	17	7.2	92.8	36.64	0.698	8.50%
8	83	29	37.3	62.7	38.39	0.595	34.94%

Tabla 1. *Resultados del proceso de osmodeshidratación de fresa*

En cuanto a los tratamientos osmóticos, se observó que los lotes 3 y 4, con concentraciones de 30°Brix de sacarosa y 35°Brix de glucosa, respectivamente, mostraron la mejor deshidratación, con una actividad acuosa inferior a 0.5. Estos lotes también presentaron pesos y rendimientos similares, en un rango de 15.79% a 16.11%.



Figura 1. *Rendimiento de lotes en función del peso.*

Los lotes 1 y 8 tuvieron los rendimientos más altos por arriba del 30%; con un rendimiento un poco menor están los lotes 2 con un 29.86% y el 5 con un 26.37% de rendimiento; los lotes 3 y 4 tienen pesos y rendimientos similares que van del 16.11% al 15.79%; y si bien los lotes 6 y 7 tenían un mayor peso después del deshidratado por osmosis su rendimiento fue el más bajo siendo del 12.92% en el lote 6 y de 8.5% en el lote 7.

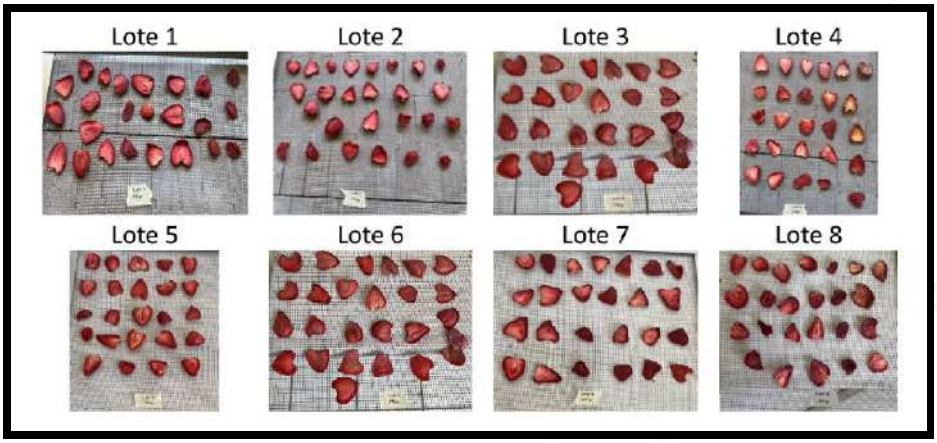


Figura 2. *Lotes de fresa deshidratada con diferentes tratamientos.*

La evaluación de las características organolépticas reveló variabilidad entre las muestras. Los lotes 4 y 7 destacaron por su excelente apariencia y color apetecible, característico de las fresas deshidratadas. Sin embargo, algunos lotes como el 1, 2 y 5, aunque mostraron un color agradable, no lograron una deshidratación adecuada. Por otro lado, los lotes 6 y 8 presentaron deformaciones en las hojuelas, perdiendo la forma característica de las fresas deshidratadas.

Respecto al olor, la mayoría de los lotes mostró un aroma agradable, intenso y apetecible. No obstante, el lote 5 carecía de un aroma distintivo, y el lote 6 desarrolló un olor a fermento al final del proceso de deshidratación.

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos demuestran que el lote 4, tratado con 35°Brix de glucosa, ofreció el mejor rendimiento en términos de osmodeshidratación, conservando las mejores características organolépticas y logrando extender la vida útil de las fresas por seis meses. Aunque el lote 4 destacó, los lotes 3 (tratado con 30°Brix de sacarosa), 7 (sin tratamiento) y 8 (tratado únicamente con sacarosa) también lograron prolongar la vida útil de las fresas y mantener características organolépticas óptimas. Es importante destacar que en seis meses ninguno de los lotes mostró crecimiento microbiano, lo que indica la efectividad del proceso de osmodeshidratación y secado en la inhibición de contaminantes.

REFERENCIAS.

1. Bastida, O. (2022, 4 de octubre). Regiones productoras de fresa en México. ProducePay. https://producepay.com/es/el-blog/regiones-productoras-de-fresa-en-mexico/
2. FAO. (2013). Procesado de frutas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/3/au168s/au168s.pdf
3. Geankoplis, C. J. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias (3ra ed.). Continental. Recuperado en abril de 2024.
4. Planasa. (2023). Planasa Innovation in Plant Varieties. https://planasa.com/mx/variedad/sayulita/
5. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2023). Michoacán, consistente como líder fresero. Gobierno del Estado de Michoacán. https://sader.michoacan.gob.mx/michoacan-consistente-como-lider-fresero/#:~:text=El%20SIAP%20calcul%C3%B3%20el%20valor,hect%C3%A1reas%20distribuidas%20en%2031%20municipios

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224118

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE MANZANAS VARIEDAD FUJI

Jacqueline Urbina Estrada[1], Yolanda Martínez Andrade[2], Francisco José Parra Ortiz[3]

1 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; iia_jurbina440@accitesz.com

2 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; yolanda.ma@zamora.tecnm.mx

3 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; francisco.po@zamora.tecnm.mx

Palabras Clave: Manzana fuji, osmodeshidratación, vida útil.

RESUMEN. La manzana Fuji (Malus domestica), perteneciente a la familia Rosáceas, es una de las variedades más populares por su dulzura y textura crujiente. Sin embargo, la alta demanda de calidad en el mercado provoca que muchas manzanas sean rechazadas por no cumplir con los estándares requeridos, lo que genera un desperdicio significativo, así como pérdidas económicas y problemas ambientales. Para reducir este desperdicio, es crucial explorar alternativas que permitan aprovechar los frutos que no cumplen con estos estándares. Una opción viable es la deshidratación osmótica, un proceso que incluye dos tipos de transferencia de masa: la difusión del agua del alimento hacia la solución y la difusión de solutos de la solución al alimento. En el primer caso, la fuerza impulsora es la diferencia de presión osmótica, mientras que, en el segundo, es la diferencia de concentraciones (Barbosa-Canovas, 2000). En esta investigación, se llevaron a cabo dos tipos de deshidratación: osmótica y secado por convección. Para la deshidratación osmótica, se prepararon soluciones con concentraciones de 30, 40 y 50 °Bx de sacarosa y glucosa, y las manzanas rebanadas se sumergieron en estas soluciones durante 24 horas. Este proceso provocó una transferencia de masa desde la fruta hacia la solución, reduciendo su contenido de humedad. Posteriormente, las manzanas se deshidrataron a 65°C por 6 horas. El resultado fue un producto óptimo para el consumo, con una actividad acuosa (Aw) de 0.60, una textura crujiente y consistente, y una alta aceptación entre los consumidores. El tratamiento con sacarosa demostró ser más efectivo en términos de flavor (olor y sabor combinados), mientras que el tratamiento con glucosa provocó un ablandamiento indeseado de la fruta. Además, el producto se mantuvo libre de hongos durante seis meses.

INTRODUCCIÓN. El manzano (Malus domestica) es originario de Europa y Asia, pero en la actualidad su cultivo se ha extendido a prácticamente todos los continentes, excepto en las regiones tropicales, donde la falta de temperaturas frías impide el desarrollo adecuado del fruto. Este árbol requiere un clima templado y húmedo, con temperaturas que no desciendan por debajo de los -20 ºC. Con una producción mundial anual superior a los 40 millones de toneladas, la manzana se posiciona como la cuarta fruta más producida globalmente, superada solo por la uva, la naranja y el plátano. A nivel comercial, existe una gran diversidad de variedades de manzanas que se distribuyen en los mercados globales. Entre las más comunes se encuentran la manzana Golden, apreciada por su dulzura y jugosidad, ideal para la repostería; la manzana Reineta, con su característico sabor ácido,

perfecta para platos salados; y la Fuji, una variedad bicolor crujiente que se destaca por su versatilidad en el consumo en fresco. En particular, la manzana roja Fuji, con su base picuda y su intenso color rojizo, es muy popular en ensaladas y como snack saludable. No obstante, la naturaleza perecedera de la manzana y la alta demanda de calidad presentan un reto significativo para los productores, ya que una porción considerable de la producción es descartada debido a imperfecciones superficiales o estándares estéticos. La osmodeshidratación surge como una técnica innovadora y prometedora para prolongar la vida útil de las manzanas y reducir el desperdicio. Este proceso, que se realiza a temperaturas moderadas de entre 20 y 50 ºC, consiste en la inmersión de los alimentos en soluciones hipertónicas de sales y/o azúcares, lo que permite la extracción del agua sin comprometer las características organolépticas y nutricionales del producto. Además, al reducir la movilidad molecular, se minimiza el pardeamiento enzimático y se conserva la calidad del alimento (Suca & Suca, 2010).

ANTECEDENTES. Rocca (como se citó en Meneses, 2018), en su artículo "Deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas: Una revisión de desarrollos recientes", desarrollado por la Escuela de Ingeniería Agroindustrial en Ica, Perú, destaca que el secado convectivo, a pesar de extender la vida útil de los productos, tiende a deteriorar su calidad debido a las altas temperaturas y los tiempos prolongados requeridos. Esto plantea un desafío para mantener las propiedades organolépticas y nutricionales de los alimentos procesados mediante este método. Torregiani y Bertolo (2004), junto con Zapata y Castro (2009) (como se citó en Meneses, 2018), señalan que la deshidratación osmótica (DO) ha ganado popularidad debido a su capacidad para producir alimentos con humedad intermedia, los cuales pueden ser sometidos posteriormente a otros métodos de conservación como el secado por convección, la liofilización o el secado al vacío. Esta versatilidad convierte a la DO en una técnica prometedora para prolongar la vida útil de frutas y hortalizas sin comprometer significativamente su calidad. En el estudio realizado por Martínez, Román, Gutiérrez y Flórez (2003), titulado "Caracterización sensorial de fibras de algunas frutas comunes en Colombia", se explica que, dado que las frutas y vegetales frescos contienen una alta cantidad de agua libre, la contracción que se produce durante el proceso de deshidratación es significativa. La base teórica de esta contracción se basa en las leyes mecánicas que describen las tensiones y deformaciones que experimentan los materiales durante la eliminación de agua. En términos de la deshidratación osmótica, Barbosa-Cánovas (2000) establece que este proceso involucra dos tipos de transferencia de masa: la difusión de agua desde el alimento hacia la solución hipertónica y la difusión de solutos desde la solución hacia el alimento. La fuerza impulsora de esta transferencia es la diferencia en la presión osmótica y las concentraciones entre el alimento y la solución osmótica. Kaymak y Sultanoglu (2000) confirman que la osmodeshidratación es un tratamiento eficaz para eliminar parcialmente el agua de los alimentos, prolongando su vida útil y mejorando su calidad.

OBJETIVO. Evaluar la eficacia de la deshidratación osmótica en manzanas utilizando diferentes concentraciones de soluciones de sacarosa y glucosa, con el fin de determinar su impacto en la preservación de las características organolépticas y nutricionales, así como su viabilidad como método de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS. En este estudio, la materia prima principal fue la manzana, la cual se sometió a un proceso de lavado y desinfección antes de la osmodeshidratación. Se utilizaron dos formulaciones osmóticas a base de sacarosa y glucosa, junto con un control. Se prepararon tres soluciones de sacarosa con concentraciones de 40 °Brix, 30 °Brix y 25 °Brix, y una solución de glucosa a 26 °Brix. Las rodajas de manzana, previamente lavadas, peladas y cortadas a un espesor de 5 mm, se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 1% durante 10-15 minutos para evitar la oxidación. Posteriormente, se sumergieron en las soluciones osmóticas durante 24 horas. Después del tratamiento osmótico, las rodajas se escurrían, lavaban para eliminar residuos de jarabe y se sometían a secado por convección a 68°C durante 4 horas. Se realizaron mediciones horarias de °Brix, contenido de humedad y características sensoriales.

RESULTADOS. En los resultados obtenidos, se observó una notable diferencia entre las manzanas expuestas a soluciones de sacarosa y glucosa. Las manzanas tratadas con sacarosa mantuvieron una estructura firme, mientras que aquellas expuestas a glucosa experimentaron un ablandamiento significativo. Este efecto de ablandamiento también se observó en las manzanas del grupo de control, que se sumergieron en agua.
Un aspecto relevante es la pérdida de peso en las frutas sometidas al proceso de osmodeshidratación, así como el ajuste de los grados Brix de la fruta hacia los niveles de las soluciones osmóticas, logrando un equilibrio en los sólidos solubles. Esto indica una transferencia efectiva de masa durante el tratamiento.

Tiempo (h)	Peso de manzana (g)	Agua evaporada	% Sólidos solubles	% Humedad	Kg de sólidos secos / Kg de agua	Kg de agua / Kg de sólidos secos
0	528	0	24.00%	76.00%	0.32	3.17
1	360	168	35.20%	64.80%	0.54	1.84
2	220	140	57.60%	42.40%	1.36	0.74
3	150	70	84.48%	15.52%	5.44	0.18
4	135	15	93.87%	6.13%	15.30	0.07

Tabla 1. *Resultados de manzana deshidratada*

La Tabla 1 presentada resume las horas de deshidratación aplicadas a las muestras y muestra una representación gráfica detallada del impacto del tiempo en el peso de las manzanas deshidratadas. La primera gráfica ilustra cómo el peso de las manzanas disminuye gradualmente con el tiempo de exposición en el deshidratador, validado por mediciones horarias.

La Fig. 1 ilustra claramente cómo el tiempo afecta el peso de las manzanas deshidratadas. A medida que el tiempo avanza durante el proceso de deshidratación, el peso de las manzanas disminuye de manera gradual. Esta tendencia se confirma con las mediciones realizadas en cada hora, mostrando una reducción continua del peso conforme se prolonga el tiempo de exposición en el deshidratador.

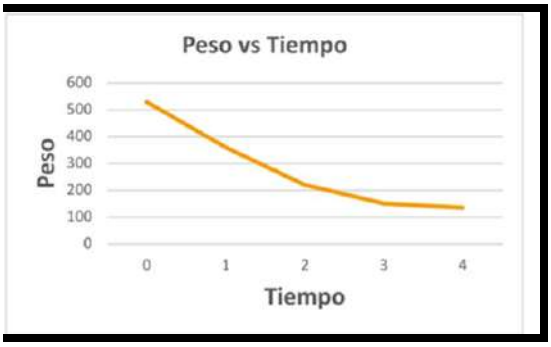


Figura 1. *Peso de manzana vs tiempo*

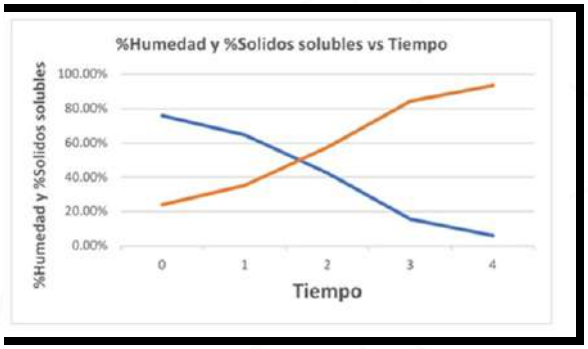


Figura 2*. Comparativa Humedad contra Sólidos*

En la Fig. 2 se muestra la variación en los porcentajes de sólidos y humedad a lo largo del tiempo. Se observa que mientras la humedad disminuye con la deshidratación, los sólidos aumentan, lo que contribuye a la textura crujiente de las manzanas deshidratadas y ayuda a prevenir la proliferación de hongos y mohos. Para una comparación más precisa, se combinaron ambas gráficas, permitiendo una evaluación integral del proceso de deshidratación en función del tiempo y sus efectos en las características de las manzanas.



Figura 3. *Frutos de manzana osmodeshidratados con diferentes tratamientos*

CONCLUSIONES. La investigación concluye que la osmodeshidratación representa una alternativa avanzada y efectiva frente a los métodos tradicionales de deshidratación en la industria alimentaria. Este tratamiento ha demostrado ser altamente eficaz en la conservación de manzanas, resultando en un producto con una textura crujiente y consistente que cumple con las expectativas de los consumidores y evaluadores. Las manzanas tratadas mediante osmodeshidratación presentaron una actividad de agua adecuada, permitiendo que el producto se mantuviera en óptimas condiciones durante seis meses sin la presencia de hongos, un desafío significativo en la deshidratación de frutas.
Los resultados indicaron una mayor aceptación sensorial en las muestras tratadas con soluciones de sacarosa, particularmente en los lotes 2 y 3, que destacaron por su sabor y aroma, aspectos clave en la evaluación del producto. En contraste, el tratamiento con glucosa no alcanzó el mismo nivel de aceptación, mostrando una diferencia notable en el sabor y textura en comparación con los lotes tratados con sacarosa.

En resumen, la osmodeshidratación no solo mejora la vida útil del producto, sino que también preserva sus cualidades organolépticas, ofreciendo una solución viable para la conservación de frutas y potencialmente optimizando el aprovechamiento de productos que no cumplen con los estándares de calidad para el mercado fresco.

REFERENCIAS.

1. Aguilar, & Aguilar. (1988). Aplicación de deshidratación osmótica en manzanas, peras y duraznos. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
2. Aprende Institute. (2024). Tipos de cortes en la cocina profesional. https://aprende.com/blog/gastronomia/tecnicas-culinarias/tipos-de-corte/
3. Barbosa-Cánovas, G. V. (2000). Deshidratación de alimentos (1ª ed.). Editorial Acribia, S.A.
4. Kaymak, F., & Sultanoglu, M. (2000). Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple. Journal of Food Engineering, 46, 243-247.
5. López, M. (2015). Formulación del proceso de liofilización en frutas y hortalizas como valor agregado a su presentación a mercados tipo exportación. http://hdl.handle.net/10654/14989
6. López-Malo, A., Alzamora, S. M., & Guerrero, S. (2000). Natural antimicrobials from plants. En S. M. Alzamora, M. Tapia, & A. López-Malo (Eds.), Minimally Processed Fruits and Vegetables. Fundamental Aspects and Applications (pp. 237-263). Aspen Publication Inc.
7. Martínez, O., Roman, M., Gutiérrez, E., & Flórez, G. (2003). Caracterización sensorial de fibras de algunas frutas comunes en Colombia. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. http://www.redalyc.org/pdf/1698/169817981001.pdf
8. Zapata, J., & Castro, G. (1999). Deshidratación osmótica de frutas y vegetales. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 52, 451-466. https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/23782/24455

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224119

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS CAUCES "RÍO BELLO" Y "LA HIGUERA" Y SU IMPLICACIÓN EN EL RÍO GRANDE DE MORELIA

Stefanny Geraldine Feria Herrera[1], Angie Yesenia Santana Callejas[2], Juan Pablo Molina Aguilar[3], Sonia Aguilera Juárez[4]

Palabras Clave: Calidad del agua, río grande Morelia, parámetros físicos - microbiológicos, conservación, sostenibilidad.

RESUMEN. El aumento de la urbanización y las actividades productivas en la ciudad de Morelia han provocado una degradación significativa de los cauces hídricos, particularmente del río Bello y el arroyo La Higuera. La descarga de contaminantes en estos cuerpos de agua está generando un impacto negativo en la calidad del río Grande, comprometiendo así un recurso hídrico vital para la región. Este estudio busca evaluar la calidad del agua de estos cauces, a través de un análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de identificar el impacto de la contaminación en las aportaciones al río Grande y proponer recomendaciones para la preservación y gestión sostenible de estos recursos hídricos. Se tomaron dos muestras de agua en cada ubicación, es decir, un total de cuatro muestras, después de su recolección, fueron refrigeradas y posteriormente transportadas al laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, para determinar los parámetros. Los resultados del análisis mostraron niveles alarmantes de contaminación, con sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, turbidez, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno por encima de los límites permisibles en las normas oficiales NOM-127-SSA1-2021 y NOM-001-SEMARNAT- 2021. Además, se detectó presencia de coliformes fecales, lo que representa un riesgo para la salud pública y el ecosistema. Este estudio resalta la necesidad de implementar estrategias de manejo sostenible del agua, mejorar la infraestructura de tratamiento y fortalecer la normativa en materia de calidad del agua.

INTRODUCCIÓN. El agua es un recurso natural indispensable para la existencia y el bienestar del ser humano. Sin embargo, el crecimiento urbano y las actividades humanas han generado un impacto significativo en la calidad de este recurso, particularmente en cuerpos de agua cercanos a zonas urbanas. La ciudad de Morelia, situada en una región de alta importancia ecológica, no es ajena a estos problemas. Los cauces "Río Bello" y "La Higuera", ubicados en la zona sur de la ciudad, han experimentado una notable degradación de la calidad de sus aguas debido a la descarga de contaminantes provenientes de diversas fuentes, como descargas domésticas, industriales y agrícolas (Mercado, 2013). Esta situación no solo afecta a estos cuerpos de agua locales, sino que también impacta negativamente las aportaciones al río Grande, un cuerpo de agua vital para la región. En la actualidad, el río Grande abastece aproximadamente el 5% del agua que consume la ciudad (Sánchez & Mendoza, 2012), lo que resalta su importancia no solo como recurso hídrico, sino también como elemento esencial para el equilibrio ambiental de la región. Su deterioro

representa una amenaza para la salud pública, la biodiversidad acuática y los servicios ecosistémicos que este proporciona. Por lo tanto, resulta necesario adoptar medidas para su protección y mejora de la calidad del agua de este río.

OBJETIVO. El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua en los cauces “Río Bello” y “La Higuera” situados en la zona sur de la ciudad de Morelia, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con el fin de identificar el impacto de la contaminación del recurso hídrico en las aportaciones al río Grande y proponer recomendaciones para su preservación y manejo sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio. Este estudio se desarrolló en dos microcuencas tributarias del río Grande, ubicadas en la ciudad de Morelia en el estado de Michoacán de Ocampo, México, estas microcuencas corresponden al “Río Bello” y el arroyo “La Higuera”. El muestreo se centró en dos puntos específicos (Fig, 1). El primero se localizó cerca de la localidad Río Bello, con coordenadas 19° 38' 57.7" Norte y 101° 08' 02.1" Oeste. El segundo se ubicó en las inmediaciones de la Montaña Monarca, con coordenadas 19° 39' 24.3" Norte y 101°10' 02.0" Oeste. El muestreo se realizó en temporada seca, es decir, en el mes de junio del año 2024, donde se presentan temperaturas medias de 31 °C y 34 °C.



Figura 1. *Sitios de muestreo. Fuente: Elaboración propia en SIGEM.*

Diseño de muestreo. Se realizaron dos series de recolección de muestras. De forma In-situ, se tomaron las muestras en un recipiente de polietileno esterilizado, de forma cilíndrica y con capacidad de 100 mL, empleando un muestreo puntual. Después de su recolección, las muestras fueron refrigeradas en una nevera de unicel y posteriormente transportada al laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), ubicada en la ciudad de Morelia. La recolección, transporte y conservación de cada muestra de agua se llevaron a cabo siguiendo los criterios establecidos por la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-014-1980 y el manual APHA-AWWA-WPCF (1995).

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para la determinación de los parámetros de calidad, se tomaron un total de 8 variables fisicoquímicas: temperatura, pH, turbidez, color aparente, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO); además de coliformes fecales como variable microbiológica, mediante el método puente en placa de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH y sólidos totales disueltos se evaluaron In situ. El método utilizado para

evaluar la calidad del agua se basó en la metodología establecida por la Norma Mexicana para cada parámetro, así como en el Manual de Métodos Estándar (APHA-AWWA-WPCF, 1995).

RESULTADOS. En la evaluación de los parámetros In situ, se encontró que el punto 1 de muestreo presenta una mayor cantidad de sólidos totales disueltos (603 mg/L) en comparación con el punto 2 (400 mg/L). Estos valores son significativos, ya que proporcionan a los cuerpos de agua una alta turbidez, lo que impide la penetración de la luz y, por lo tanto, limita la vida acuática (Martínez, O., 2006). Los valores de pH en los dos puntos de muestreo fueron similares; en el punto 1 fue de 7.44, mientras que en el punto 2 fue de 7.55. El pH encontrado está dentro de los límites establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-2021, la cual establece un rango permisible de 6 a 9 para las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores. Por otra parte, los valores de temperatura en el punto 1 y 2 oscilaron entre los 25 °C y 28 °C. La Norma Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021 establece que el límite máximo permisible es de 35 °C, lo que significa que las temperaturas registradas se encuentran dentro del rango aceptable, evitando efectos secundarios en la vida acuática. Según el análisis de la conductividad eléctrica, en el punto de muestreo 1, fue de 1044 µS/cm, mientras que en el punto 2 fue de 718 µS/cm, lo cual indica que el punto 1 presenta una mayor concentración de sales disueltas en comparación con el punto 2. Por otro lado, el nivel de oxígeno disuelto en el punto 2 (0.32 mg/L) es mayor que en el punto 1 (0.12 mg/L). Esto se debe a que la zona se dedica a la actividad agropecuaria y al hecho de que el 51,6 % de las viviendas no cuentan con un sistema de alcantarillado (Mercado, S., 2013), lo que incrementa la cantidad de materia orgánica en el agua. Esto se confirma con los resultados obtenidos de la DQO y DBO (Tabla 1), ya que en el punto 1 los valores fueron de 772 mg/L para la DQO y 386 mg/L para la DBO, mientras que en el punto 2 fueron de 710 mg/L y 355 mg/L, respectivamente. Además, ambos puntos presentan poca corriente de agua, lo cual limita la entrada de oxígeno y favorece la producción de malos olores (Díaz, L., 2013). Los niveles de OD en ambos puntos se encuentran por debajo de los 4 mg/L recomendados para la vida acuática (Gualdrón, D., 2016), y la DQO excede el límite máximo permisible de 210 mg/L según la Norma Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Por lo tanto, se recomienda restringir el uso del agua para riego de cultivos cercanos al río Grande. En el punto de muestreo 1, la turbidez fue de 168 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez), mientras que en el punto 2 fue de 83 UNT, es decir que el punto 1 presenta una mayor cantidad de partículas en suspensión. Asimismo, el punto 1 refleja una mayor concentración de sustancias que afectan el color del agua en comparación con el punto 2. Esta diferencia en la concentración podría indicar una mayor presencia de materia orgánica, sedimentos u otros contaminantes que contribuyen a la coloración del agua.

Parámetros fisicoquímicos	Punto 1 lo)	Punto 2 (Arroyo La Higuera)
Temperatura (°C)	25.7	28.5
pH	7.44	7.55
Sólidos totales disueltos (mg/L)	603	400
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1044	718
Oxígeno disuelto (mg/L)	0.12	0.32
Turbidez (UNT)	168	83
Color aparente (PtCo)	1044	428
DQO (mg/L)	772	710
DBO (mg/L)	386	355

Tabla 1. *Parámetros fisicoquímicos de cada uno de los puntos de muestreo.*

En cuanto al parámetro microbiológico, el valor característico de coliformes fecales fue de 1*107 (UFC/mL) en los dos puntos de muestreo, esto se debe a las descargas de aguas residuales que se realizan cerca de los puntos muestreados. Este parámetro es de suma importancia, ya que puede generar serios problemas de salud pública a la comunidad aledaña. Estas bacterias ocasionan diversas enfermedades que pueden llegar a causar incluso la mortalidad en los seres vivos.

CONCLUSIONES. En términos generales, se evidencia que el cauce del "Río Bello" (Punto 1), ubicado en el área rural de la ciudad presenta valores que superan los límites permisibles en parámetros como sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, turbidez y DQO, lo que indica una calidad de agua desfavorable para la comunidad cercana, que utiliza este recurso para uso agrícola. Estos valores elevados se deben principalmente a la presencia de descargas inadecuadas de aguas residuales domésticas, así como a las actividades del sector primario, como la ganadería y la minería (presencia de ladrilleras). Mientras que el cauce "La Higuera" (Punto 2) está ubicado en la zona urbana de Morelia, presenta valores de contaminación menores, principalmente por aguas residuales domésticas e industriales. De acuerdo con lo anterior, se interpreta que desde la parte alta de las microcuencas no se está conservando ni preservando adecuadamente este recurso hídrico, lo que provoca un deterioro progresivo de la calidad del agua. Esto tiene implicaciones para el Río Grande de Morelia, ya que la alteración proveniente de estas fuentes hídricas afectando la calidad general del río, impactando negativamente sus ecosistemas acuáticos y reduciendo la biodiversidad. Además, también afecta el riego agrícola y, por ende, la seguridad alimentaria; limita las actividades recreativas y representa un riesgo para la salud humana. Por lo tanto, es necesario desarrollar proyectos de manejo sostenible del agua y programas de actividades agropecuarias que promuevan la concientización ambiental en las comunidades. Asimismo, se deben ejecutar proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en puntos estratégicos del municipio, así como optimizar y restaurar las plantas de tratamiento existentes. También es fundamental implementar controles de inspección a las industrias cercanas a los cuerpos de agua, con el objetivo de asegurar que cumplan con la normatividad vigente.

REFERENCIAS.

1. APHA-AWWA-WPCF (1995). Methods for the examination of water, 19ª Edition, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). USA
2. Díaz, L. (2013). Evaluación de la calidad en agua y sedimentos del río grande de Morelia, Michoacán. Tesis de maestría. Facultad de Biología, Facultad de Ingeniería Civil y Facultad de Ingeniería Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
3. Gualdrón Durán, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. Universidad libre, Colombia. Recuperado de: .https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/20335/CD%20EGA%202016%200006%20%20Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Martínez, O. (2006). Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos Múltiples, Monterrico. Informe Final de Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 146p.
5. Mercado, S. T. (2013). Diagnóstico participativo de problemas ambientales y estrategias para su solución en un contexto de periferia urbana y pobreza, en la localidad de Río Bello, Michoacán. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Autónoma de México. México. Recuperado de: https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000707308/3/0707308.pdf

6. Norma Mexicana NMX-AA-014-1980. Lineamientos generales y recomendaciones para el muestreo en cuerpos receptores de aguas superficiales, excluyendo aguas estuarinas y aguas marinas, con el fin de determinar sus características físicas, químicas y tóxicas. México. Diario Oficial de la Federación.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Diario Oficial de la Federación.
8. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad de agua. Diario Oficial de la Federación.
9. Sánchez Sepúlveda, Héctor Ulises & Mendoza, Manuel & Vieyra, Antonio. (2012). Calidad del agua y contexto social como base para la planeación y gestión en cuencas periurbanas. el caso del Río Chiquito, Morelia, Michoacán. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/281521975

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224121

DESARROLLO INTEGRAL DE UN DESHIDRATADOR SOLAR: DISEÑO EXPERIMENTAL Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Luis M. Montes-de-Oca, Hipólito. M. Venegas, Pedro E. García-González, Nikte M. Gomez-Ortiz[4], Hermelinda Servín C., Mauricio González Avilés, Pablo Martínez-Torres

Palabras Clave: Deshidratador solar, simulación de fluidos computacional, sustentabilidad.

RESUMEN. Este trabajo presenta el diseño, simulación computacional e implementación de un deshidratador solar, utilizando tubos evacuados como colector solar; propuesto para uso doméstico o por pequeños productores en comunidades de escasos recursos. El dispositivo fue construido usando materiales de fácil acceso y bajo costo. Se realizó la simulación computacional del prototipo usando el método de volúmenes finitos para evaluar su operación y determinar la zona con óptimas condiciones de temperatura y flujo de aire dentro de la cámara de secado. Nuestros resultados revelan que la temperatura promedio dentro de la cámara de secado fue 7.5 % menor que la registrada en los tubos evacuados, indicando una transferencia de calor eficiente. Se determinó también que la región central de la cámara de secado es la zona con óptimas condiciones de operación.

INTRODUCCIÓN. La deshidratación de alimentos es un proceso que reduce el contenido de humedad de los productos. Esta técnica ofrece muchas ventajas: prolonga la vida útil del producto al inhibir el crecimiento de bacterias, mohos y levaduras, así como la actividad enzimática; disminuyendo así las pérdidas en la producción (Mohana et al., 2020). Este proceso también contribuye a reducir costos en el proceso de empaquetado, transporte y almacenamiento de los productos. El deshidratado de alimentos aumenta la disponibilidad de los productos incluso periodos del año que estén fuera de la temporada de cosecha, optimizando el aprovechamiento de los recursos alimenticios. (Mohana et al., 2020). En el caso de las hierbas medicinales, el proceso de deshidratado preserva los productos para un uso posterior al reducir la oxidación, a la vez que mejora el contenido nutricional de las hojas (Bhaskara Rao & Murugan, 2021). La deshidratación solar utiliza dispositivos que aprovechan la radiación solar para aumentar la temperatura en una cámara de secado\cite{fernandes2024review}, siendo más eficiente que los métodos tradicionales (Fernandes & Tavares, 2024). La temperatura óptima de deshidratación oscila entre 27°C y 60°C para preservar las propiedades de los productos (Bhaskara Rao & Murugan, 2021). El modelado matemático, especialmente la dinámica de fluidos computacional (CFD), permite predecir las condiciones dentro de la cámara de secado, facilitando la optimización del proceso y reduciendo experimentos físicos. La CFD simula el flujo de aire y la distribución de temperatura basándose en leyes de conservación de masa, momento y energía (Kilic et al., 2024; Shimpy et al., 2023).

ANTECEDENTES. Existen algunos estudios previos que utilizan la técnica de CFD para estudiar el funcionamiento de tubos evacuados, principalmente para su uso en calentadores

solares de agua. En dichos reportes se han estudiado factores tales como la geometría de los tubos, número de tubos e intensidad de la radiación (Aggarwal et al., 2021). Simulaciones recientes de deshidratadores solares han explorado también algunos aspectos como velocidad, presión y temperatura usando simulaciones en dos dimensiones (Cabrera-Escobar et al., 2024; Vintilă et al., 2014), así como el estudio del efecto producido al cambiar la posición de la entrada de aire en dispositivos usando modelos tridimensionales (Chavan et al., 2021; Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Uyo, Nigeria et al., 2023).

OBJETIVO. El propósito central de este proyecto es el diseño y construcción de un deshidratador solar, así como la simulación computacional del mismo, para obtener los perfiles de temperatura y velocidad de aire dentro de la cámara de secado, con el fin de mejorar y optimizar el diseño original.

MATERIALES Y MÉTODOS. El prototipo del deshidratador solar consta de una cámara de secado de policarbonato con estructura de acero inoxidable y vértices de aluminio (Fig1a). Se conecta a tubos evacuados modulares (máximo 10) de 156 cm de largo y 5.2 cm de diámetro interno, fijados a 22°. La cámara tiene una salida de aire circular en la parte superior. Los tubos son iguales a los usados en calentadores solares de agua.

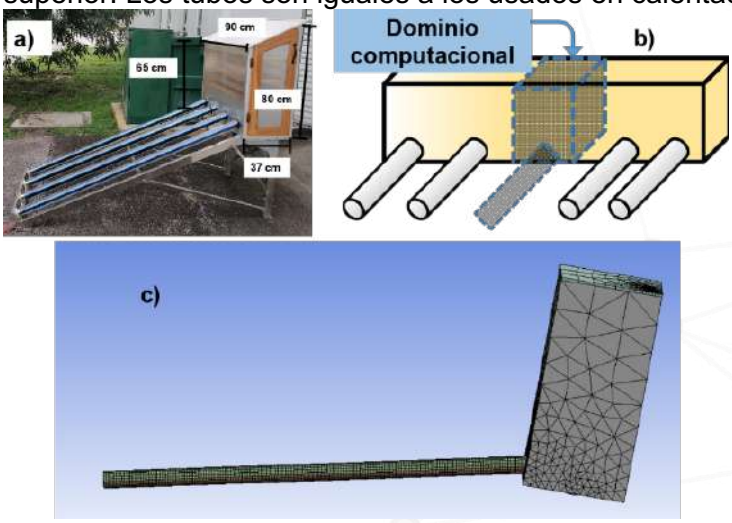


Fig. 1 *a) Vista general del prototipo de secador solar. b) Dominio computacional propuesto. c) Malla de bloques 3D generada en el dominio computacional*

La simulación del deshidratador se realizó con software de elementos finitos. Se modeló una cámara de secado con paredes adiabáticas y salida circular de 5.2 cm de diámetro, y un ventilador inferior con velocidad de entrada de 0.01 m/s. El dominio se simplificó a un tubo central unido a la cámara, representando una celda de geometría recursiva. El tubo evacuado se modeló como un cilindro con superficie superior a temperatura constante y superficie inferior radiante (emisividad 0.95), con grosor de pared de 1.8 mm. El modelo incorporó conservación de masa, momento y energía, usando la aproximación de Boussinesq para variaciones de densidad, ley de Fourier para conducción de calor, y condición de no deslizamiento en las paredes.

RESULTADOS. La Fig.2 presenta los campos de temperatura y velocidad obtenidos en el dominio computacional. Observamos un gradiente de temperatura dentro de la cámara de secado, con la temperatura más alta de 320 K (47°C) cerca del tubo evacuado. El centro de la cámara mantiene una temperatura de 308 K (35°C), que disminuye gradualmente hacia la parte superior, alcanzando la temperatura ambiente (Fig. 2a). En una simulación posterior, aumentamos la condición de contorno para la superficie semicilíndrica superior del tubo evacuado a 373 K (100°C), lo que dio como resultado una temperatura de 330 K (57°C) en el centro de la cámara de secado. Estos resultados sugieren que un control preciso del ventilador en la parte inferior de la cámara es crucial para conseguir temperaturas más elevadas en el tubo.

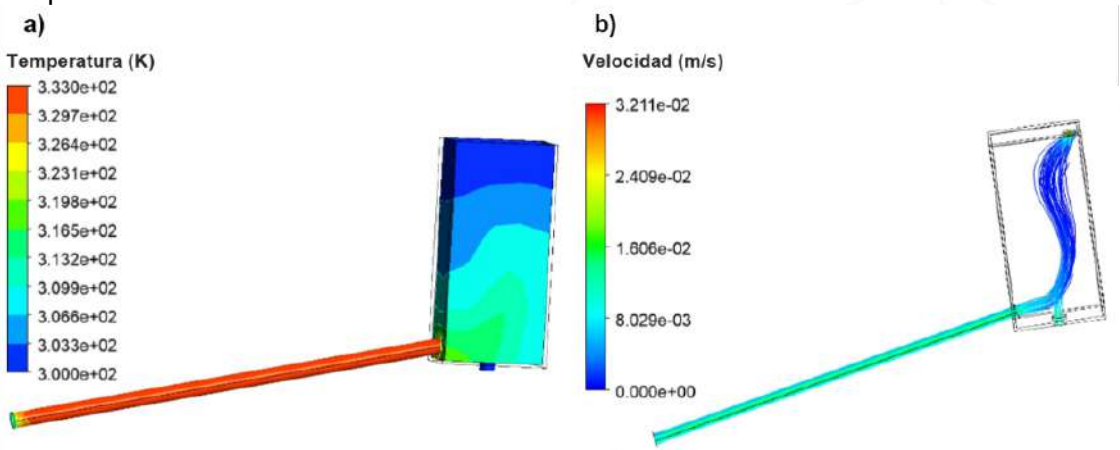


Fig. 2 *a) Distribución de temperatura y b) Campo vectorial de velocidades en el secador solar simulado.*

El campo de velocidad, ilustrado en la Fig.2b, revela mayores velocidades de circulación del aire cerca del fondo de la cámara, debido al efecto combinado del ventilador y la entrada de aire del tubo evacuado. A medida que el aire fluye hacia arriba por la cámara, su velocidad disminuye. Sin embargo, observamos un aumento de la velocidad en la salida superior debido a la reducción de la sección transversal. Estos resultados sugieren que la ubicación óptima para el secado de productos alimentarios es el centro de la cámara, donde observamos un rango de temperatura favorable.

CONCLUSIONES. Este trabajo presenta el diseño de un deshidratador solar de alimentos y su implementación física para pequeños productores o uso doméstico. El diseño es sencillo y puede construirse utilizando materiales comerciales comunes. Se realizó una simulación de dinámica de fluidos computacional utilizando el método de volúmenes finitos para identificar la región óptima de la sala de secado para el proceso de secado. La simulación indicó que la zona de la sala de secado con la temperatura más alta estaba en el centro. Al mismo tiempo, se presentaba un mejor flujo de aire cerca de la parte inferior de la cámara. Se proponen dos mejoras en el diseño del deshidratador solar basadas en los resultados de la simulación: la reducción de la altura de la cámara de secado para disminuir el gradiente de temperatura y la posibilidad de ampliar el diseño actual de forma modular, aumentando el número de tubos evacuados.

REFERENCIAS.

1. Aggarwal, S., Kumar, R., Kumar, S., Bhatnagar, M., & Kumar, P. (2021). Computational fluid dynamics based analysis for optimization of various thermal enhancement techniques used in evacuated tubes solar collectors: A review. Materials Today: Proceedings, 46, 8700-8707. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.021
2. Bhaskara Rao, T. S. S., & Murugan, S. (2021). Solar drying of medicinal herbs: A review. Solar Energy, 223, 415-436. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.05.065
3. Cabrera-Escobar, J., Vera, D., Jurado, F., & Cabrera-Escobar, R. (2024). CFD investigation of the behavior of a solar dryer for the dehydration of olive pomace. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 46(1), 902-917. https://doi.org/10.1080/15567036.2023.2292242
4. Chavan, A., Vitankar, V., Shinde, N., & Thorat, B. (2021). CFD simulation of solar grain dryer. Drying Technology, 39(8), 1101-1113. https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1863422
5. Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Uyo, Nigeria, Akpan, K. E., Okon, A. A., Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Uyo, Nigeria, Akpan, W. A., Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Uyo, Nigeria, Nyaudo, I. I., & Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology Ikot Abasi , Nigeria. (2023). OPTIMIZATION OF THERMO-FLOW IN A SOLAR FOOD DEHYDRATOR USING COMPUTATIONAL TECHNIQUES. Engineering and Technology Journal, 08(11). https://doi.org/10.47191/etj/v8i11.16
6. Fernandes, L., & Tavares, P. B. (2024). A Review on Solar Drying Devices: Heat Transfer, Air Movement and Type of Chambers. Solar, 4(1), 15-42. https://doi.org/10.3390/solar4010002
7. Kilic, M., Sahin, M., Hassan, A., & Ullah, A. (2024). Preservation of fruits through drying—A comprehensive review of experiments and modeling approaches. Journal of Food Process Engineering, 47(3), e14568. https://doi.org/10.1111/jfpe.14568
8. Mohana, Y., Mohanapriya, R., Anukiruthika, T., Yoha, K. S., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2020). Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances. Solar Energy, 208, 321-344. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.098
9. Shimpy, Kumar, M., & Kumar, A. (2023). Performance Assessment and Modeling Techniques for Domestic Solar Dryers. Food Engineering Reviews, 15(3), 525-547. https://doi.org/10.1007/s12393-023-09335-5
10. Vintilă, M., Ghiauş, A. G., & Fătu, V. (2014). Prediction of Air Flow and Temperature Profiles Inside Convective Solar Dryer. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology, 71(2), 188-194. https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:10868

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224122

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE PLÁTANO VALERY

Mariana Magallón Vega, Yolanda Martínez Andrade, Yolanda Ruiz Suárez, Francisco José Parra Ortiz

Palabras Clave: Plátano Valery, deshidratación osmótica, sacarosa, glucosa.

RESUMEN. El plátano Valery, una fruta tropical perteneciente a la familia de las musáceas, es ampliamente valorado por su riqueza en potasio, magnesio, ácido fólico, fibra y otros nutrientes esenciales. A pesar de sus cualidades nutritivas, su naturaleza perecedera plantea un desafío significativo en términos de conservación y prolongación de vida útil.
La deshidratación osmótica (OD) se presenta como una técnica eficaz para prolongar la durabilidad de alimentos perecederos. Este proceso consiste en la inmersión de los alimentos en soluciones hipertónicas, lo que facilita la pérdida de agua y la absorción de solutos, conservando gran parte de sus propiedades nutritivas, incluyendo vitaminas y compuestos sensibles al calor. (Vega, 2021). Este estudio evaluó la viabilidad de la OD en plátanos Valery, utilizando soluciones de sacarosa y glucosa en diferentes concentraciones. Se aplicaron seis tratamientos y un control: Lote A (30° Brix sacarosa), Lote B (35° Brix sacarosa), Lote C (40° Brix sacarosa), Lote D (30° Brix glucosa), Lote E (35° Brix glucosa) y Lote F (40° Brix glucosa). Los plátanos se sumergieron en las soluciones durante 20 horas y posteriormente se deshidrataron a 65-70 °C en un deshidratador por convección durante 6 horas. Los resultados mostraron una reducción significativa de la humedad del plátano, pasando de 70.58% a 5.36%. Los tratamientos con sacarosa y glucosa a 30° y 35° Brix fueron los más efectivos, manteniendo las características organolépticas y extendiendo la vida útil del producto. Aunque el control presentó un nivel adecuado de deshidratación, no resultó tan atractivo visualmente. Los tratamientos con sacarosa a 30° y 35° Brix ofrecieron el mejor rendimiento en términos de sabor, textura y conservación, manteniéndose libres de hongos durante seis meses. Estos hallazgos sugieren que la OD es una alternativa viable para la conservación del plátano Valery.

INTRODUCCIÓN. El plátano es una fruta tropical de gran valor nutritivo, rica en carbohidratos, vitaminas esenciales como la C, B6, B1, y B2, además de contener potasio, magnesio, ácido fólico y fibras. Estas propiedades hacen del plátano un alimento importante para una dieta balanceada. En la industria alimentaria, el secado es una técnica crucial para la preservación de frutas, ya que ayuda a minimizar el deterioro microbiano y las reacciones químicas que afectan la calidad del producto (Ribera, et al., 2019). La deshidratación osmótica (OD) se presenta como un método no térmico altamente eficaz para prolongar la vida útil de los alimentos perecederos. Este proceso implica sumergir los alimentos en soluciones hipertónicas que contienen solutos como alcoholes, sales y azúcares. Esta técnica permite reducir el contenido de humedad del producto (hasta un 50-60% en base húmeda) e incrementar el contenido de sólidos solubles, lo que mejora la calidad y estabilidad del producto final (Vega, 2021).

ANTECEDENTES. Rivera et al. (2019) evaluaron la viabilidad de la OD en rodajas de banano y compararon su efectividad con otros métodos de secado como la liofilización, la ventana de refractancia y la convección forzada. Encontraron que el proceso de ventana de refractancia (VR) a 90°C resultó ser el más eficiente para conservar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del banano deshidratado. Este método mostró una capacidad superior para preservar las propiedades nutritivas, como fibra, vitaminas A y C, y la capacidad antioxidante del producto final.

OBJETIVO. Estudiar la deshidratación osmótica del plátano valery mediante la aplicación de diferentes soluciones osmóticas de sacarosa y glucosa, aplicándolas en diferentes concentraciones de ºBrix (30,35,40 ºBrix).

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la experimentación, se llevaron a cabo seis tratamientos y un control utilizando plátano Valery. Los frutos fueron cortados en rodajas de 5 mm y sumergidos en una solución de ácido cítrico al 1% para prevenir la oxidación. Las soluciones osmóticas se prepararon en recipientes plásticos con azúcar y glucosa, logrando los siguientes grados Brix: Lote A (30 ºBrix sacarosa), Lote B (35 ºBrix sacarosa), Lote C (40 ºBrix sacarosa), Lote D (30 ºBrix glucosa), Lote E (35 ºBrix glucosa) y Lote F (40 ºBrix glucosa). Cada solución osmótica recibió 200 g de rodajas de plátano, mientras que el control recibió 190 g de fruta en ácido cítrico. Las muestras se mantuvieron en reposo durante 20 horas. Tras este período, se retiraron las muestras de las soluciones, registrando el peso y los grados Brix tanto de la fruta como de los jarabes. Los tratamientos fueron colocados en bolsas plásticas, debidamente rotuladas para su identificación.

RESULTADOS. A continuación, se presenta en la Tabla 1 los datos obtenidos por hora de la charola con plátano expuesto al tratamiento. Se introdujeron 1.335 kg de plátano con una humedad inicial del 70.58%, y al finalizar, se obtuvieron 415 g de plátano osmodeshidratado con una humedad del 5.36%. La temperatura a la que se trabajó fue de 60-70 ºC, en función a un tiempo de 6 hrs.

Tiempo (hr)	Peso de plátano (g)	Agua evaporada (g)	% Sólidos solubles	% Humedad	Base seca	Base húmeda
0	1335	0	29.42%	70.58%	0.42	2.40
1	1080	255	36.37%	63.63%	0.57	1.75
2	915	165	42.92%	57.08%	0.75	1.33
3	710	205	55.32%	44.68%	1.24	0.81
4	540	170	72.73%	27.27%	2.67	0.37
5	455	85	86.32%	13.68%	6.31	0.16
6	415	40	94.64%	5.36%	17.66	0.06

Tabla 1. *Resultados obtenidos de la charola por cada hora*

Lote	Tratamiento	Bx inicial (Solución)	Bx final (Solución)	Bx final (Fruta)	Peso inicial (g)	Peso en seco (g)	Aw	Rendimiento
Control	Ninguno			10º	195	25	0.249	12.82%
A	Sacarosa	30º	29º	21.6º	195	60	0.452	30.77%
B	Sacarosa	35º	33º	25º	195	55	0.397	28.21%
C	Sacarosa	40º	38º	27º	195	60	0.422	30.77%
D	Glucosa	30º	27º	20.3º	195	55	0.449	28.21%
E	Glucosa	35º	32º	22.6º	195	60	0.503	30.77%

F	Glucosa	40º	37º	26.6º	195	55	0.446	28.21%

Tabla 2. *Resultados obtenidos de cada lote*

La actividad de agua (Aw) se utilizó para desarrollar la hipótesis de que los tratamientos con menor actividad de agua tendrían una mejor vida útil. De acuerdo con las evaluaciones sensoriales realizadas, los tratamientos más efectivos fueron el control y las soluciones con 30º y 35º Brix de sacarosa, como se muestra en la Tabla 2. Así mismo logramos observar como el tiempo de la deshidratación del producto influye en la disminución del peso de este por cada hora que se fue realizando el pesaje de la charola, disminuyendo el contenido de la humedad y aumentando los sólidos solubles del producto.



Figura 1. *Producto Terminado*



Figura 2. *Lotes de plátano osmodeshidratado*

Finalmente logramos observar los cambios que sufrió el plátano después de dos meses de su almacenamiento, los cuales fueron el crecimiento de hongo y la oxidación.

CONCLUSIONES. De los siete procesos llevados a cabo, los lotes A y B destacaron como los más aceptados por los consumidores debido a sus características organolépticas, nivel de deshidratación y duración de vida útil. Comparado con los otros lotes, estos dos ofrecieron un equilibrio óptimo entre humedad residual y aceptación general. En contraste, otros lotes no lograron mantener una vida útil prolongada debido a sus niveles de humedad post-deshidratación. Aunque el control presentó una excelente deshidratación, su apariencia no fue del todo atractiva para los evaluadores. En conclusión, los lotes A y B fueron los tratamientos más efectivos para el proceso de deshidratación del plátano, combinando calidad sensorial y prolongada vida útil.

REFERENCIAS.

1. Urbano, C. E. D. (s.f.). Evaluación de tecnologías de secado en las propiedades fisicoquímicas del banano (Cavendish Valery). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Recuperado el 10 de agosto de 2024, de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25177/%20cediazu.pdf?sequence=1
2. Dmass Business. (s.f.). Plátano mexicano de exportación. Dmass Business. Recuperado el 10 de agosto de 2024, de https://www.dmass.com.mx/platano.html
3. Vega, R. (2021). Osmodeshidratación y ultrasonido como técnicas de conservación. Industria Alimentaria. Recuperado de https://www.industriaalimentaria.org/blog/contenido/osmodeshidratacion-y-ultrasonido-como-tecnicas-de-conservacion

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224123

INNOVACIÓN EN LA OPTIMIZACIÓN DEL SECADO POR OSMODESHIDRATACIÓN DE ZARZAMORA *Rubus ulmifolius*

Miriam Elizabeth Zavala Saavedra[1], Yolanda Martínez Andrade[2], Yolanda Ruiz Suárez[3], Francisco José Parra Ortíz[4]

1 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; iia_mzavala445@accitesz.com

2 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; yolanda.ma@zamora.tecnm.mx

3 TECNM: Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes; yolanda.rs@losreyes.tecnm.mx

4 TECNM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora; francisco.po@zamora.tecnm.mx

Palabras Clave: Zarzamora, Deshidratación, Proceso, Ósmosis.

RESUMEN. La zarzamora (Rubus ulmifolius) fruto carnoso formado por numerosos frutitos esféricos apiñados cada uno con un huesillo de color rojizo al principio, pero al final negro cuando madura completamente. Su sabor es dulce y aromático. La zarzamora más común es generalmente dulce. Se consume fresca como postre. En la agroindustria se utiliza para la elaboración de jugos, pulpas concentradas, extractos, saborizantes en yogur o helados, polvos deshidratados, jaleas y ates. A menudo se emplea para la confección de licores o confituras y para la repostería. Para usos medicinales se aprovechan las hojas, los botones florales, los frutos y, en menor medida, la raíz. (GOB, S.F). Michoacán tiene una lata demanda de cultivo, principalmente en el municipio de Los Reyes, donde se concentra su mayor producción. Para un mejor aprovechamiento de producto rechazado que no cumplió con la calidad indicada o merma producto de residuo de algún manejo de la zarzamora, se pretende corregir esta problemática que genera pérdidas, dando valor y alternativa para un nuevo producto. Una de las opciones es el secado por osmodeshidratación el cual favorece la vida útil del alimento contrastando el sabor por el proceso de osmosis en glucosa y sacarosa obteniendo un snack saludable. En esta investigación se probaron distintos tratamientos de osmosis finalizando con secado por convección. La deshidratación por convección se llevó a temperatura que oscilaron entre 65ºC y 70 ºC. Para la deshidratación osmótica se utilizaron tres tratamientos distintos de soluciones de sacarosa a 30, 35 y 40 ºBrix. Así como de glucosa 30, 35 y 40 ºBrix y lote control (sin tratamiento). El tratamiento mejor aplicado fue el de lote 5 que estuvo a 35° Brix de glucosa, quedando excelente en todas las características organolépticas evaluadas y es uno de los que más soportó sin hongos en el tiempo transcurrido de evaluaciones periódicas.

INTRODUCCIÓN. La mora es un fruto originario de las zonas altas de América, empleada con fines alimenticios, industriales y cosméticos. Son altamente apetecidas por su sabor, contenido de carbohidratos, fibra y minerales como el potasio, altos niveles de antocianinas y otros compuestos fenólicos, principalmente flavonoides y elagitaninos. Dicho contenido contribuye a que este fruto tenga una alta capacidad antioxidante y otras actividades biológicas que ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otras. (FAO, 2020). Con una producción de 215 mil 923 toneladas, México se ubica como el principal productor de zarzamora a nivel mundial. Se cultiva en 12 estados del país, pero

es Michoacán su principal productor con el 97% del total de la producción de esta frutilla. (GOB, 2021). El estado de Puebla está en 5to lugar, seguido de Colima como 4to lugar, en tercer tenemos a Baja California, quedando como segundo Jalisco y primer productor el estado de Michoacán, siendo los municipios de Los Reyes, Peribán y Tacámbaro, los principales productores de zarzamora en México. (SIAP, 2024). La zarzamora en el estado de Michoacán, particularmente en el municipio de Los Reyes, es el principal cultivo de la región, genera un alto valor de producción y registra altas tasas de crecimiento anual además de contribuir en alto grado a la generación de empleos. El municipio de Los Reyes constituye el eje de la Red de Valor de Zarzamora a nivel estatal, ya que ahí se encuentra la mayor parte de la producción a nivel nacional y es en donde se agrupa el mayor número de comercializadoras y exportadoras del producto (Morales, 2014). Al ser una fruta saludable alta en antioxidantes, se busca el emplear tecnologías para elaboración de nuevos productos alimenticios en este proyecto se empleo la osmodeshidratación.

ANTECEDENTES. Zamudio et al., (s.f) realizó proceso osmóticamente de la zarzamora en soluciones de sacarosa a 40, 50 y 60 °Brix, por 10 horas; posteriormente se deshidrató mediante técnica solar con promedios de temperatura de 60 a 70°C por intervalos de 4 y 5 horas todo por duplicado. La zarzamora deshidratada por solución osmótica presentó una pérdida de agua de 55.26% para las tres concentraciones de sacarosa. Los frutos deshidratados, posteriormente fueron expuestos a una deshidratación solar, con una temperatura promedio de 30°C. López Ortiz y Galeano Huertas (1998) desarrollaron un estudio de la deshidratación osmótica de la fresa que permitió determinar el comportamiento de la transferencia de masa cuando trozos de fruta se sumergieron en una solución de sacarosa de 65 °Brix. Se notó que a las tres horas del proceso se alcanzó el equilibrio, tiempo en el cual la reducción de peso fue de 49,33 %, la pérdida de agua de 74,55 % y la ganancia de sólidos de 25,21 %. La actividad del agua, pH y acidez no presentaron variaciones significativas durante el proceso.

OBJETIVO. Determinar la concentración óptima de la solución para obtener el mejor resultado sensorial y organoléptico del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se seleccionó la zarzamora, eliminando cualquier impureza o fruta dañada. Después, se lavó y desinfectó con hipoclorito de sodio (5 gotas por litro de agua). Se pesaron 7 lotes de 200 g cada uno: 3 para solución de sacarosa, 3 para solución de glucosa y 1 lote de control. La fruta se cortó en rodajas de 1 cm y se midieron los sólidos solubles en grados Brix. Se prepararon soluciones de sacarosa y glucosa con concentraciones de 30°, 35° y 40° Bx. La fruta se sumergió en las soluciones a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, se filtró y se volvieron a medir los grados Brix tanto de la fruta como de las soluciones para observar el comportamiento del ósmosis. Luego, se realizó el secado por convección en un deshidratador NOVATECH a 60-70°C por 6 horas, monitoreando la pérdida de peso. Además, al finalizar este proceso, se volvió a pesar para ver el peso final de cada lote. Ya finalizado el secado por 6 hrs a 60- 70 °C y todos los pasos anteriores, en este punto se determinó la actividad de agua (Aw) en AQUA LAB serie 3, de una muestra de cada lote de la fruta zarzamora, para verificar que la fruta sometida al proceso de secado obtuvo resultados bajos de 1, y evitar el crecimiento de microorganismos.

RESULTADOS. En la Tabla 1, observamos los resultados generales de los distintos tratamientos sometidos al proceso de secado por convección. El comportamiento del tiempo en horas y la pérdida de peso de la fruta osmodeshidratada. Se muestran dos tablas ya que se utilizaron dos charolas.

Tiempo (Hrs)	Peso de zarzamora	Agua evaporada (g)	% Sólidos solubes	% Humedad	Base seca	Base húmeda
0	685	0	24.3%	75.7%	0.32	3.12
1	585	100	28.45%	71.55%	0.40	2.51
2	515	70	32.32%	67.68%	0.48	2.09
3	440	75	37.83%	62.17%	0.61	1.64
4	370	70	44.99%	55.01%	0.82	1.22
5	310	60	53.70%	46.30%	1.16	0.86
6	280	30	59.45%	40.55%	1.47	0.68

Tabla 1. *Resultados experimentales obtenidos al realizar pruebas de osmodeshidratación de zarzamora en el deshidratador por convección forzada NOVATEC.*

Los resultados de la deshidratación en cada caso se muestran en la Fig 1. Se muestran los grados brix y la actividad de agua en función al peso por lote, de esta forma se ve el comportamiento de los grados brix finales con el peso final y la actividad de agua que obtuvo.

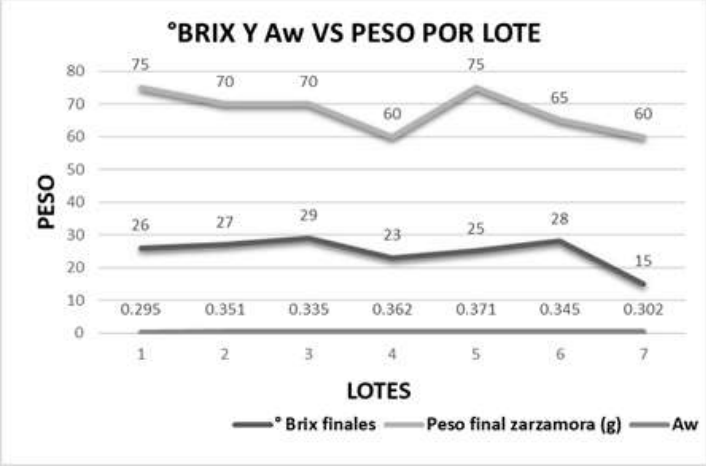


Figura 1. *Gráfica °Brix y Aw vs peso por lotes*

En la Fig. 2 se muestran las primeras observaciones realizadas el día de fabricación del producto, posterior a las pruebas de calidad y empaquetado, mostrando como resultado fruta deshidratada sin deformación, con olor característico a zarzamora dulce, presentando un color morado-vino brillante, así como un sabor agridulce agradable a zarzamora, con textura crujiente, y con una impresión aceptable y apetecible de las siete muestras presentadas.



Figura 2. *Primeras observaciones de los 7 lotes.*

Después de 70 días, los 3 lotes de sacarosa de 30°, 35° y 40° Brix, el lote 6 de glucosa de 40° Brix y el lote 7 control (sin tratamiento) con avanzada presencia de hongo en la estancia de 2 meses y 10 días. Deduciendo de que hubo anomalías de malas prácticas en su proceso, el tiempo ya bastante de empaquetado, mala deshidratación de algunas rodajas de zarzamora u otro factor de humedad que retrajeron estos lotes. Lo cual se concluyó a tomar en cuenta estos factores para evitar estas situaciones. Por ende, los mejores tratamientos para la zarzamora fueron el lote 5 con tratamiento de glucosa a 35°Brix y el lote 4 con tratamiento de glucosa a 30°Brix.

CONCLUSIONES. Este proceso de osmodeshidratación, además de mejorar las características organolépticas de la fruta, prolonga su vida útil de anaquel. Esto se debe a que, con el proceso de secado, la actividad se reduce a 0.3, lo que impide el crecimiento de microorganismos en el producto, garantizando una mayor vida de anaquel. El mejor tratamiento aplicado fue el del lote 5, que se realizó a 35° Brix de glucosa, obteniendo excelentes resultados en todas las características organolépticas evaluadas y sin presencia de crecimiento microbiano durante las evaluaciones periódicas

REFERENCIAS.

1. Ríos Pérez, M. M., Márquez Cardozo, C. J., & Ciro Velásquez, H. J. (2005). Deshidratación osmótica de frutos de papaya hawaiana (Carica papaya L.) en cuatro agentes edulcorantes. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 58(2), 2998-3002. Recuperado el 08 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000200013&lng=en&tlng=es.
2. Parzanese, M. (s.f.). Deshidratación osmótica. Recuperado de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf
3. Gobierno de México. (2018). Zarzamora: fruta que seduce el paladar. Recuperado de https://www.gob.mx/siap/articulos/zarzamora-fruta-que-seduce-el-paladar
4. Gobierno de México. (2023). La zarzamora, joya de los campos mexicanos. Recuperado de https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-zarzamora-joya-de-los-campos-mexicanos
5. Gobierno de México. (2019). La zarzamora, una berrie muy michoacana [JPG]. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/article/main_image/77207/zarzamora_.jpg

6. Parzanese, M. (s.f.). Tecnologías para la industria alimentaria: Deshidratación osmótica (Ficha N° 6) [Archivo PDF]. Recuperado de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_06_Osmotica.pdf
7. Zapata, J., & Castro, G. (1999). Deshidratación osmótica de frutas y vegetales [Archivo PDF]. Recuperado de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/23802/1/ZapataJose_1999_DeshidratacionOsmoticaFrutasVegetales.pdf
8. Morales, Y. (2014). La red de valor de las empresas exportadoras de zarzamora del municipio de Los Reyes, Michoacán [Tesis, Archivo PDF]. Recuperado de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/981/1/ININEE-M-2014-1393.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224124

EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DE MODELOS DE PRONÓSTICO DEL VIENTO UTILIZANDO WRF

Damian Campuzano Milian; Erasmo Cadenas Calderón; Víctor López Garza; Gilberto González Avalos; Miguel Villagómez Galindo; Rafael Campos Amezcua

Palabras Clave: WRF, NASA Giovanni, evaluación de modelos, pronóstico del viento, validación cualitativa y cuantitativa.

RESUMEN. La exactitud y confiabilidad en los pronósticos meteorológicos son esenciales para la toma de decisiones en sectores como la agricultura y la gestión de emergencias. El Modelo de Investigación y Pronóstico del Tiempo (WRF) es una herramienta fundamental en la simulación del comportamiento atmosférico, proporcionando una plataforma versátil para pronósticos a diversas escalas. No obstante, para asegurar la fiabilidad de estos pronósticos, es imprescindible realizar un proceso exhaustivo de validación. Este estudio se centra en la validación de las predicciones de viento generadas por el modelo WRF, comparándolas con datos de observación reales. Además de los enfoques tradicionales que se basan principalmente en métricas de error, este trabajo introduce un recurso adicional de validación que complementa las metodologías usuales. Utilizando datos de reanálisis del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) y datos observacionales de recursos energéticos globales de la NASA y de NASA Giovanni, con lo que se evalúa la sensibilidad del modelo. El análisis se lleva a cabo en el sitio de La Mata, en el municipio de Asunción Ixtaltepec, Oaxaca, México, donde se comparan las predicciones del WRF con observaciones de la velocidad del viento a 10 metros de altura. La validación incluye una evaluación cuantitativa mediante el uso de métricas de error como el Error Promedio Absoluto (MAE), la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Coeficiente de Correlación de Anomalías (ACC), así como la implementación de un recurso cualitativo visual con datos de NASA Giovanni. Este enfoque combinado busca proporcionar una comprensión más detallada y precisa de la capacidad del WRF para predecir el viento, ofreciendo así una evaluación más integral de la precisión del modelo.

INTRODUCCIÓN. La predicción precisa de la velocidad del viento es esencial para varias industrias y aplicaciones. En el sector de la energía eólica, por ejemplo, la exactitud en la predicción del viento es crucial para maximizar la eficiencia de las turbinas eólicas, optimizar su mantenimiento y planificación, y asegurar la rentabilidad de los proyectos de energías renovables. Además, la aviación y la navegación dependen de pronósticos del viento precisos para garantizar la seguridad de las operaciones y reducir el consumo de combustible. Asimismo, en la agricultura, la previsión del viento puede ayudar a optimizar el uso de pesticidas y prevenir la erosión del suelo. En situaciones de emergencia, como huracanes o tormentas, las predicciones del viento juegan un rol vital en la toma de decisiones para proteger a las comunidades afectadas. El Modelo de Investigación y Pronóstico del Tiempo (WRF) es una herramienta numérica avanzada que ha ganado popularidad en los últimos años debido a su capacidad para modelar condiciones

atmosféricas a diversas escalas, desde lo global hasta lo regional y local. Sin embargo, la complejidad de los sistemas atmosféricos hace necesario validar las predicciones generadas por este modelo con datos observacionales. Este proceso de validación garantiza que los modelos sean confiables y precisos. En este estudio, se busca validar las predicciones de velocidad del viento generadas por el modelo WRF en la región de La Mata, Oaxaca, utilizando datos observacionales obtenidos del NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. La validación se llevará a cabo a través de un análisis cuantitativo, utilizando varias métricas de error, así como la implementación de un recurso cualitativo adicional elaborado con datos de la plataforma NASA Giovanni y así proporcionar una evaluación integral de la precisión del modelo.

ANTECEDENTES. El WRF es un modelo numérico que ha sido ampliamente utilizado para la predicción meteorológica y la investigación atmosférica. Desde su creación, ha permitido avances significativos en la capacidad de predecir fenómenos atmosféricos complejos, como tormentas, ciclones y cambios en los patrones del viento. Sin embargo, como cualquier modelo numérico, su precisión depende en gran medida de los datos utilizados para inicializar el modelo y de los esquemas de parametrización que controlan los procesos atmosféricos internos. La base de Datos del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) es una plataforma en línea que proporciona acceso a una vasta cantidad de datos observacionales de alta resolución, los cuales son altamente utilizados como datos de reanálisis para generar los modelos de pronóstico con WRF. Por otro lado, para validar las predicciones generadas por modelos numéricos, NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources y NASA Giovanni ofrecen datos globales, incluyendo observaciones satelitales y productos derivados que permiten comparar los resultados del modelo con datos observacionales reales. Este enfoque ha sido probado en diversas investigaciones, demostrando su utilidad para mejorar la precisión de los modelos numéricos.

OBJETIVO. El objetivo principal de este estudio es validar las predicciones de velocidad del viento generadas por el modelo WRF utilizando datos observacionales de la NASA sobre los recursos energéticos mundiales y datos de NASA Giovanni. Los objetivos específicos son: Comparar las predicciones del WRF con datos observacionales de velocidad del viento a 10 metros de altura en La Mata, Oaxaca: y evaluar cuantitativamente la precisión del modelo utilizando métricas de error como MAE, RMSE y ACC.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Selección del Período de Estudio. El horizonte de pronóstico cubre tres períodos de 48 horas en los días seleccionados: del 1 al 3 de enero, del 1 al 3 de febrero y del 1 al 3 de marzo. Estos períodos fueron seleccionados debido a la disponibilidad de datos y su relevancia para el análisis de la dinámica del viento en la región.

Configuración del Modelo WRF. El WRF se configuró con datos de reanálisis del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR). La región de estudio se centró en La Mata, Oaxaca, con una resolución espacial de 3 km y resolución temporal de 1 hora. Se emplearon esquemas de parametrización para la dinámica del viento y otros procesos atmosféricos específicos de la región.

Acceso y Extracción de Datos. Los datos observacionales utilizados para la validación fueron extraídos de la plataforma NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources y de la plataforma NASA Giovanni. Estos datos incluyen mediciones satelitales de la velocidad

del viento a 10 metros de altura, y fueron descargados en formatos NetCDF y CSV para su análisis.

Comparación y Análisis de Datos. La comparación entre las predicciones del WRF y los datos observacionales se realizó utilizando las siguientes métricas de error:

- Error Promedio Absoluto (MAE)
- Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE)
- Coeficiente de Correlación de Anomalías (ACC)

Los resultados fueron evaluados para identificar discrepancias y sesgos en el modelo.

RESULTADOS.

Comparación de Datos. La comparación entre las predicciones del WRF y los datos observacionales de la NASA sobre los recursos energéticos mundiales mostró un comportamiento un tanto similar y las diferencias significativas en algunas de las predicciones iniciales. Estas discrepancias se cuantificaron utilizando las métricas de error seleccionadas, como podemos observar en las Fig. 1, 2 y 3.



Figura 1. *Modelo de pronóstico vs comportamiento real.*



Figura 2. *Modelo de pronóstico vs comportamiento real.*



Figura 3. *Modelo de pronóstico vs comportamiento real.*

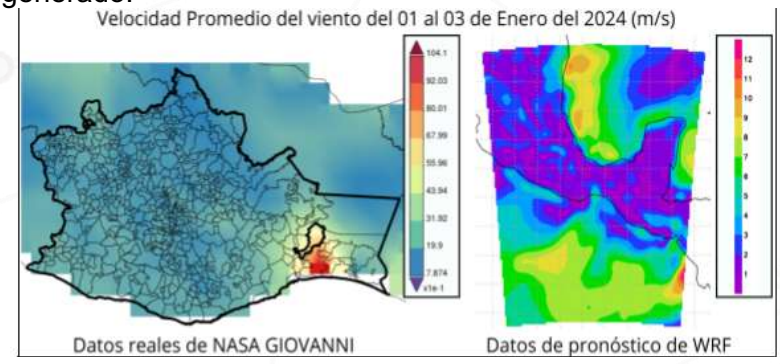
Análisis de Métricas de Error

Con las métricas de error se pueden otorgar etiquetas que van desde pobre hasta excelentes acordes a los resultados obtenidos para cada modelo de pronóstico, teniendo los resultados que se comparten en la Tabla 1 y con los cuales se validan los modelos generados.

Métrica	Enero	Febrero	Marzo
MAE	1.99230429	2.63975459	1.52858854
	Excelente	*Bueno*	*Excelente*
RMSE	2.13584446	3.33701594	1.73206417
	Aceptable	*Pobre*	*Excelente*
ACC	0.98116562	0.75164601	0.79239651
	Excelente	*Excelente*	*Excelente*

Tabla 1. *Resultados de las métricas de error*

Análisis del recurso cualitativo de NASA Giovanni. Para completar la validación cuantitativa realizada con las métricas de error, la propuesta de implementar este recurso cualitativo de manera visual nos permitió generar los siguientes mapas de comparación de velocidades promedio del viento, que en coincidencia en cuanto a mediciones del viento promedio para la zona de la Mata a las horas y días mencionados anteriormente no son muy diferentes, como se muestran en la Fig. 4, con lo que se valida el modelo de pronóstico generado.



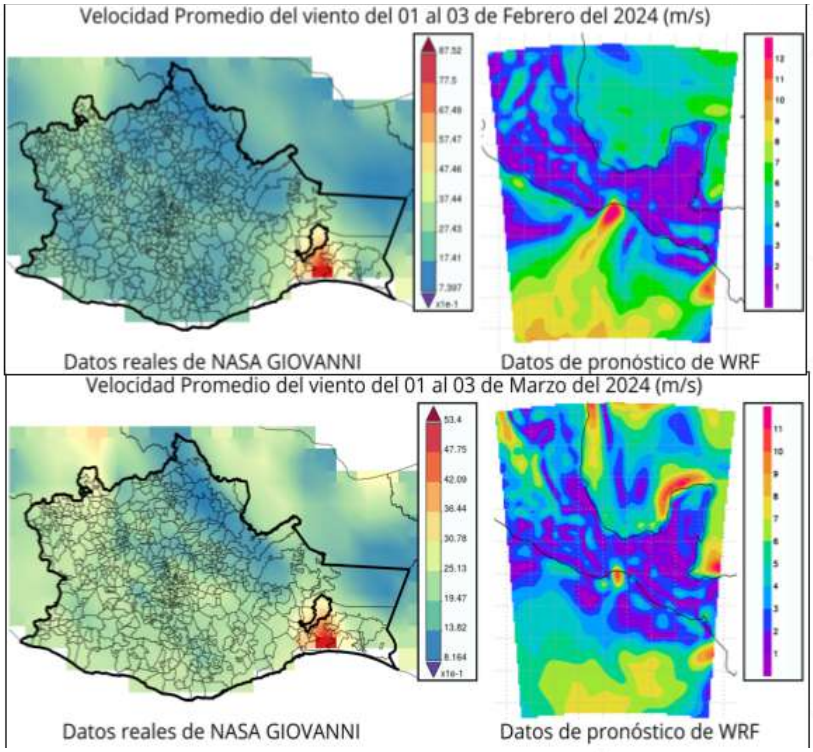


Figura 4. *Mapas con velocidades de viento promedio.*

CONCLUSIONES. Las métricas de error utilizadas proporcionaron una evaluación clara de la precisión del modelo en las coordenadas en específico de la región de estudio permitiendo obtener resultados con una mayor precisión. La implementación del recurso adicional de validación que proponemos utilizando datos de NASA Giovanni ha demostrado ser una metodología efectiva para obtener datos promedios regionales de la velocidad del viento. La capacidad de combinar análisis cualitativos y cuantitativos ofrece una visión más completa de la fiabilidad de los modelos numéricos, lo que es crucial para las aplicaciones industriales y de gestión de emergencias o para fines de despacho de energía eólica.

REFERENCIAS.

1. NASA Giovanni (2024). "*Giovanni The Bridge Between Data and Science v 4.40*". Consultado en: https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/
2. NASA (2024). "NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources". Consultado en: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/
3. NCAR (2024). "Data for Climate & Weather Research". Consultado en:
4. https://rda.ucar.edu/

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224125

VALIDACIÓN DEL MODELO DRIFT FLUX USANDO TÉCNICAS FOTOGRÁFICAS PARA DETERMINAR DIÁMETROS DE BURBUJA EN COLUMNAS DE FLOTACIÓN

José Guadalupe González Valencia[1], Ramiro Escudero García[2], Hugo Arcos Gutiérrez[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.gonzalez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ramiro.escudero@umich.mx

3 Centro de Tecnología Avanzada A.C. CIATEQ-CONACYT; hugo.arcos@gmail.com

Palabras Clave: Diámetro de burbujas, Drift Flux, Flotación en columna.

RESUMEN. La flotación en columna es una técnica para separar partículas finas de interés al procesar minerales. En este proceso los diámetros de burbuja (Db) no son homogéneos, sino que se presentan en una distribución desconocida. La obtención del Db es determinante, lo cual puede realizarse por medio de fotografía, por uso de sensores, o resolviendo modelos matemáticos; empero, la investigación en esta área es escasa. La técnica fotográfica es utilizada en burbujas identificables en sistemas transparentes. Cuando las burbujas no son observables, se utilizan modelos matemáticos, como el Drift-flux, que es un conjunto de ecuaciones para estimar un Db promedio, usando un algoritmo iterativo que requiere como dato principal, el diferencial de presiones entre 2 puntos de la columna y los caudales de gas (se usó aire) y líquido (se usó agua) en el sistema. En el presente trabajo se experimentó en un sistema de flotación a escala laboratorio, donde se determinó el Db por 2 métodos: por análisis fotográfico y por el modelo Drift-Flux, los cuales se compararon para validar este último. Durante el experimento, se variaron los caudales de líquido y gas (Ql y Qg) de 4 a 8 L/min y de 4 a 10 L/min, respectivamente, obteniendo 35 condiciones diferentes. Para la determinación del Db por medio de Drift-Flux, se censó el diferencial de presiones en una columna de 10cm de diámetro y longitud de 2.60m. Para la determinación del Db por medio de fotografía, se utilizó una columna de 10cm de diámetro y longitud de 1.50m, con una sección superior plana transparente de 80x60cm, dentro de una caseta oscura con luz led y una cámara fotográfica. Al comparar el Db obtenido por ambos métodos, se observa que la varianza es de alrededor del 10%. En 30 de las 35 condiciones, el error es menor al 20%, presentándose errores menores de 3% en 8 condiciones.

INTRODUCCIÓN. La eficiencia de un sistema gas-líquido está definida por la manera como se dispersa el gas en el líquido. En una columna de flotación, el tamaño de las burbujas y su distribución varían con la altura, debido a la coalescencia y ruptura de las burbujas [1]. Las principales propiedades que presentan las dispersiones gas-líquido son el tamaño de la burbuja, la fracción de gas retenido (εg) y la velocidad de flotación, es decir, las características de dispersión. El factor principal que determina estas propiedades es el tipo de dispersor de gas, sin embargo, esto es válido a Qg bajos [2]. El comportamiento de las burbujas tiene una relación directa con la hidrodinámica, transferencia de masa y eficiencia

del equipo de dispersión. En procesos de flotación, el Db, la velocidad de flotación y la profundidad de la zona de colección definen el tiempo de residencia del gas, y, por lo tanto, la operación. El Db juega un papel crítico en el proceso de flotación, hay trabajos que indican que la generación de microburbujas puede mejorar la recuperación de partículas finas [3]. Es importante mencionar que en la mayoría de los procesos industriales no se manejan condiciones tales que permitan trabajar en el régimen homogéneo de burbujas, por lo tanto, las burbujas no tienen un tamaño único, sino que presentan una distribución de tamaños [1, 4, 5, 6].

ANTECEDENTES. Con el uso de técnicas fotográficas es posible obtener información del tamaño y forma de las burbujas. Dada su simplicidad, esta técnica es utilizada ampliamente en el estudio de los Db [1, 2, 4, 5, 7, 8, 9]. El análisis de propiedades de una burbuja con el uso de fotografía de alta velocidad (500 a 2000 cuadros por segundo) es altamente confiable, incluso cuando se está trabajando en régimen jet. A pesar de las ventajas mencionadas, la aplicación de este método está restringida a sistemas transparentes o semitransparentes y cerca de la pared del equipo [10]. El método fotográfico es la técnica experimental usada con mayor frecuencia para analizar el tamaño de burbuja y la velocidad de flotación en sistemas transparentes. Aunque los resultados obtenidos con esta técnica son excelentes, su confiabilidad disminuye si se tiene un sistema con muchas partículas en movimiento, si hay excesiva turbulencia o si el sistema presenta curvatura, por ejemplo, un equipo cilíndrico [11]. Recientemente se han diseñado dispositivos que contrarrestan estos inconvenientes y han dado buenos resultados [8, 12]. El modelo de arrastre, de velocidad relativa entre fases o drift-flux, es un conjunto de ecuaciones y una metodología para estimar un Db promedio en un equipo de flotación [13]. Para aplicar esta metodología es necesario censar el diferencial de presiones entre 2 puntos del sistema de flotación, a fin de establecer la εg y luego, mediante un algoritmo reiterativo, obtener el Db para cada condición específica.

OBJETIVO. El objetivo general del presente trabajo es validar experimentalmente la confiabilidad del modelo Drift Flux, utilizando técnicas fotográficas para la determinación del Db en sistemas de flotación. Los objetivos particulares son: Determinar los Db por Drift Flux generados por un dispersor de gas en un sistema gas-líquido en una columna de flotación experimental y compararlos con Db obtenidos de fotografías capturadas en una pantalla.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para determinar los Db por Drift Flux, se realizó una serie de experimentos para caudales de líquido (Ql) de 4 a 8 L/min y para caudales de gas (Qg) de 4 a 10 L/min, obteniendo 35 combinaciones de caudales, la tensión superficial del líquido fue de 55 dinas/cm. Con una bomba se suministró el líquido hacia la columna de flotación a escala laboratorio, hecha de acrílico de 0.1m de diámetro, y de 2.60 m de longitud. Para el suministro de gas, se utilizó un dispersor tipo Venturi. Con el uso de sensores y una tarjeta de adquisición de datos, se censaron las presiones para las diferentes condiciones de caudal, se calculó la εg y posteriormente el Db con el modelo de arrastre Drift Flux. Para la medición del Db por medio de fotografías, se utilizó el mismo dispersor de gas ahora en una columna de flotación de 0.1m de diámetro y de 1.50 metros de altura, con una sección plana de acrílico transparente de 0.80 x 0.60 m en la salida superior, con fondo negro. Además, se instaló una caseta oscura y al interior se usó iluminación led, la tensión superficial del líquido fue de 55 dinas/cm. Las características de la cámara utilizada y los

parámetros de captura de fotografías se muestran en la Tabla 1. Durante el experimento se variaron los Ql y Qg, de 4 a 8 L/min en gas, y de 4 a 10 L/min en líquido. La determinación gráfica del tamaño de burbuja, se realizó por medio del análisis de las fotografías, se seleccionaron zonas de 5 x 5 cm al centro de la fotografía y con la ayuda de una escala métrica se colocaron gráficamente los círculos donde correspondían las burbujas, se determinó el diámetro a cada círculo por medio del software AutoCAD y se analizaron estadísticamente los datos para establecer el Db representativo de acuerdo a la distribución de tamaños.

CARACTERÍSTICAS DE LA CÁMARA CON MÓDULO TRIPLE	
Componente	Características
Cámara principal	64 MP fotos de serie a 16 MP (f1.8)
Cámara secundaria 1	2 MP macro con enfoque fijo (f2.4)
Cámara secundaria 2	2 MP sensor de profundidad (f2.4)
PARÁMETROS DE LAS FOTOGRAFÍAS	
Parámetro	Valor
Balance de Blancos (WB)	Automático
Foco (F)	Full
Prioridad del obturador (S)	1/30
Sensibilidad a la luz (ISO)	4000
Valor de exposición (EV)	0

Tabla 1. *Cámara y parámetros de captura de imágenes.*

Al realizar ambas series experimentales en las mismas condiciones operativas, se pueden comparar los Db calculados con el modelo Drift Flux con los Db obtenidos gráficamente. En las figuras 1 y 2 se puede observar que, a menores caudales, existen menor cantidad de burbujas, pero mayor homogeneidad en su forma, y a mayores caudales, se aprecia mayor cantidad de burbujas, pero la presencia de burbujas de gran tamaño y algunas con formas más irregulares, debida a la coalescencia o ruptura de burbujas. En los sistemas de flotación, se busca obtener la mayor cantidad posible de burbujas y con tamaño suficiente para capturar las partículas minerales de interés, pero no tan grandes que floten a gran velocidad y no capturen partículas. Por otro lado, una amplia distribución de Db y la gran cantidad de ellas, generan turbulencia y coalescencia, por lo que se busca un equilibrio que optimice estas dos premisas en un sistema de flotación más eficiente. Se obtuvieron gráficamente los Db mostrado en cada una de las 35 fotografías, de las cuales, cada una representa una combinación de Ql y Qg, variando de 4 a 8 L/min y de 4 a 10 L/min respectivamente. Se dibujaron manualmente, con apoyo del software AutoCAD, círculos que representan a cada burbuja. Los diámetros obtenidos se analizaron para determinar un Db representativo, el cual se comparó con los Db obtenidos con Drift Flux. Los Db obtenidos de forma gráfica se procesaron estadísticamente, y se determinó que el diámetro 80 (Db_{80}) representa de mejor manera al conjunto de datos, ya que, al haber una distribución de Db, se garantiza que el 80% de los Db sean menores a Db_{80} indicado.



Figura 1. *Burbujas analizadas; Ql=4 L/min y Qg=4 L/min.*

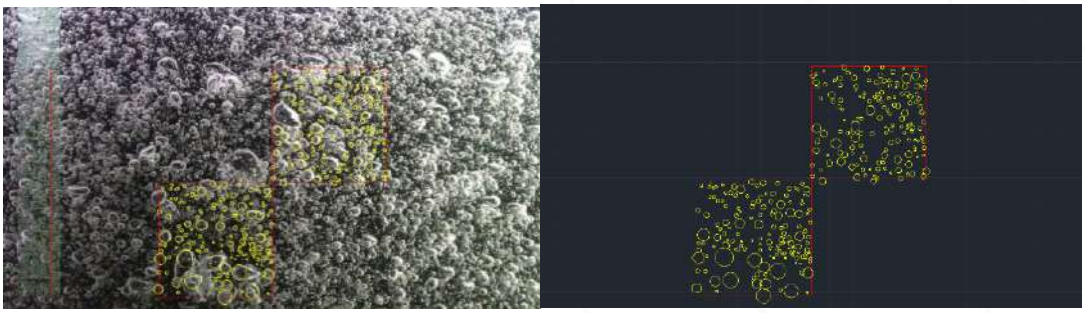


Figura 2. *Burbujas analizadas; Ql=8 L/min y Qg=10 L/min.*

RESULTADOS. De igual manera se analizaron las distribuciones de Db para cada una de las 35 diferentes condiciones de caudal, de cada uno de los tamaños de Db de las 300 burbujas dibujadas. En la figura 3 se puede apreciar que la distribución tiende a ser una gráfica curva más definida, ya que se tiene una distribución de tamaños de Db poco homogénea, además de variados tamaños. Por otro lado, las gráficas que tienden a ser más rectas, muestran una distribución de tamaños homogénea, puesto que los Db son más parecidos.

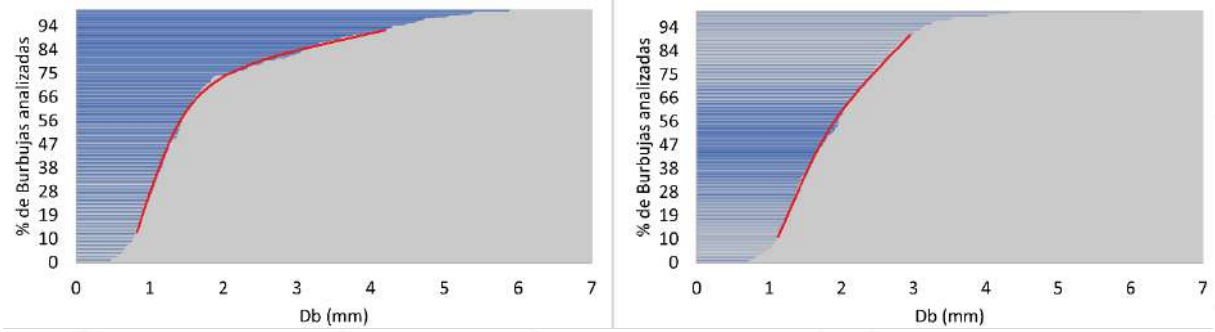


Figura 3. *Homogeneidad de los Db en diferentes condiciones de Caudal. Izq. no homogéneo, Ql=6 L/min, Qg=4 L/min. Der. homogéneo, Ql=6 L/min, Qg=10 L/min.*

Ql (L/min)	Qg (L/min)	Db_{80} Foto (mm)	Db Drift (mm)	Dif. %	Ql (L/min)	Qg (L/min)	Db_{80} Foto (mm)	Db Drift (mm)	Dif. %
4	4	0.88	0.75	15%	6	7	1.47	1.6	11%
	5	1.45	1.22	16%		8	1.44	1.6	11%
	6	1.42	1.1	23%		9	1.44	1.33	7%

	7	1.45	1.24	14%		10	1.42	1.43	1%
	8	1.44	1.18	18%		4	0.92	1.14	23%
	9	1.43	1.19	8%		5	1.47	1.7	16%
	10	1.43	1.23	14%		6	1.48	1.31	11%
	4	0.92	0.91	1%	7	7	1.46	1.37	6%
	5	0.88	0.87	1%		8	1.45	1.55	7%
	6	0.9	0.93	3%		9	1.42	1.25	12%
5	7	0.98	1.01	3%		10	0.92	1.15	21%
	8	0.95	1.03	8%		4	0.93	1.12	20%
	9	1.42	1.36	4%		5	0.94	1.12	20%
	10	1.47	1.42	2%		6	1.99	2.05	3%
	4	0.92	0.99	8%	8	7	1.46	1.79	23%
6	5	0.96	1.17	22%		8	1.47	1.66	13%
	6	0.92	1.1	20%		9	1.44	1.56	9%
						10	1.43	1.48	3%

Tabla 2. *Comparación Db_{80} medido (técnica fotográfica) y Db calculados por Drift Flux.*

La tabla 2 muestra el porcentaje directo de error obtenido al hacer la comparativa del Db_{80} obtenido por medio de la técnica fotográfica y el Db obtenido por medio del modelo de arrastre Drift Flux.

CONCLUSIONES. Al analizar la información estadística de los datos obtenidos por medio de fotografía digital, la variación en los datos corresponde a la tendencia de la media, además de que, en la comparativa con el modelo de arrastre Drift Flux, la frecuencia de error es menor al 23% y mayormente menor al 15%. La diferencia porcentual directa de los 2 métodos utilizados para la determinación del tamaño de burbuja es de hasta 23%, aunque en 30 de los 35 casos, el error es menor al 20%, presentándose errores de no más de 3% en 8 ocasiones, lo cual es aceptable para la industria en términos prácticos.

REFERENCIAS.

1. Arbiter, N., Harris, C. C., 1962. Flotation kinetics, AIME, New York, pp. 215-246.
2. Barigou M., Greaves M., 1991. A capillary suction probe for bubble size measurement, Meas, Sci. Technol., 2, pp. 318-326.
3. Jameson, G. J., Nam, S., Moo-Young, M., 1977a. Physical factors affecting recovery rates in flotation. Min. Sci. Eng. 9 (3), pp. 103-118.
4. Diaz-Penafiel, P., Dobby, G. S., 1994. Kinetic studies in flotation columns: Bubble size effect, Miner. Eng. 7 (4), pp. 465-478.
5. Grau R.A., Heiskanen, K., 2002. Visual technique for measuring bubble size in flotation machines, Miner. Eng. 15 (7), pp. 507-513.
6. Jameson G. J., Nam S., Moo-Young M., 1977b. Physical factors affecting recovery rates in flotation, Min. Sci. Eng., 9 (3), pp. 103-111.
7. Cheng Y. H., Mikhail M. W., Salama A. I. A., 1996. Bubble generation by a two-phase ejector; Column '96, Third International Symposium on Column Flotation.
8. Escudero R., 2007. Modelos matemáticos comúnmente empleados en sistemas de dispersión para estimar sus características, Capacitación SPUM, UMSNH.

9. Grau R. A., Laskowski J. S., 2006. Role of frothers in Bubble Generation and Coalescence in Mechanical Flotation Cell, Can.Chem.Eng.,84, pp.170-182.
10. Kulkarni A. A., Joshi J. B., 2005. Bubble Formation and Bubble Rise Velocity in Gas-Liquid Systems: A review, Ind. Eng. Chem. Res., 44, pp. 5873-5931.
11. Mandal A., Kundu G., Mukherjee D., 2005. A comparative study of gas holdup, bubble size distribution and interfacial area in a downflow bubble column, Chemical Engineering Research and Design, 83 (4), pp. 423-428.
12. Evans G. M., Jameson G. J., Atkinson B. W., 1992. Prediction of the bubble size generated by a plunging liquid jet bubble column, Chem. Eng. Science, 47 (13), pp. 3265-3272.
13. Silberman E. 1960. Air-Water Mixture Flow Through Orifices, Bends, and Other Fittings in a Horizontal Pipe, Project Report No 63. St. Anthony Falls Hydraulic Lab., University of Minnesota, pp. 253-494.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224128

REPRESENTACIÓN NUMÉRICA DE SERIES DE FOURIER

Jennifer Mata Hernández, Claudia Anguiano Magaña, Luis Abraham Ceja Aguirre, Vanessa Madrid Puente, Miguel Ángel Cordova Fajardo

Palabras Clave: Función, Fourier, Métodos numéricos, Excel.

RESUMEN. En ingeniería se adquieren las herramientas para trabajar con funciones en formato algebraico, desde cálculo diferencial, integral y vectorial, así como ecuaciones diferenciales. El conflicto comienza en el campo profesional, más comúnmente en las industrias, en el momento en el que se recopila información de fenómenos de interés; mediante sensores. Las herramientas para el procesamiento de esta información, como el proceso de derivación e integración, exigen un mayor conocimiento del concepto función. El hecho de presentar la función de manera numérica puede confundir a los estudiantes que ya tienen una destreza desarrollada para el lenguaje algebraico. La materia de métodos numéricos brinda las herramientas a los estudiantes de ingeniería para el manejo de datos numéricos obtenidos de fenómenos. La presente propuesta se enfoca en la obtención de series de Fourier de un fenómeno que puede ser periódico, expresado de manera numérica, con el apoyo del polinomio de Lagrange. Para la ejecución de la misma se hará uso de una hoja de cálculo en Excel, donde se requiere que los datos recopilados cumplan con la condición de ser equidistantes, con el objetivo de simplificar el algoritmo. Finalmente, se hará uso del fenómeno de crecimiento poblacional de México con los datos obtenidos por la INEGI para la obtención de series de Fourier, es de recalcar que este fenómeno no es periódico.

INTRODUCCIÓN. Los fenómenos que se presentan dentro del campo de la ingeniería y consecuentemente de la industria, su comprensión es dada mediante la recopilación de datos numéricos. En la formación de la ingeniería se refuerza la resolución de problemas mediante el uso de herramientas algebraicas, donde el concepto función juega un papel muy importante. La función es utilizada para modelar un fenómeno de interés, el cual idealiza la realidad dando un producto simplificado. Los formatos en que se presenta el concepto función son dados por (Stewart, 2000):

- Verbal.
- Numérica.
- Gráfica.
- Algebraica.

El presente trabajo se enfoca en realizar las series de Fourier de un fenómeno del cual se ha recopilado información de manera numérica, haciendo uso de la herramienta de integración desarrollada en la materia de métodos numéricos.

ANTECEDENTES. Dentro del desarrollo de las series de Fourier se establece que dada una función periódica $f(t)$, puede ser representada como la suma de funciones senoidales y cosenoidales

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n\left(\frac{n\pi x}{p}\right) + b_n\left(\frac{n\pi x}{p}\right)\right) \qquad Ec.1,$$

donde p es el periodo de la función. Por lo tanto, el cálculo de los coeficientes a_0, a_n y b_n de la Ec. 1 es dado de la siguiente manera:

$$a_0 = \frac{1}{p}\int_{-p}^{p} f(x)dx, \qquad Ec.2$$

$$a_n = \frac{1}{p}\int_{-p}^{p} f(x)\left(\frac{n\pi x}{p}\right)dx, \qquad Ec.3$$

$$b_n = \frac{1}{p}\int_{-p}^{p} f(x)\left(\frac{n\pi x}{p}\right)dx, \qquad Ec.4$$

donde la Ec. 2 se interpreta como el valor promedio y *n* el número de armónicos.
Sin embargo, las soluciones de las Ecs. 2-4, deben de realizarse de manera numérica debido a que la función f(x) es dada de manera numérica, para llevar a cabo este proceso, resalta la integración numérica realizada mediante el desarrollo del polinomio de Lagrange.

$$\int_{x_0}^{x_2} f(x)\,dx = \frac{h}{3}(f(x_0) + 4f(x_1) + f(x_2)) \qquad Ec.5$$

$$\int_{x_0}^{x_3} f(x)\,dx = \frac{3}{8}h(f(x_0) + 3f(x_1) + 3f(x_2) + f(x_3)) \qquad Ec.6$$

En las Ecs. 5 y 6, el valor de "h" implica que los datos experimentales recopilados son equidistantes. Los valores de $f(x_n)$ para "n" datos son presentados de manera tabulada para un mayor orden en el proceso. De esta manera haremos uso de los datos recopilados del fenómeno de crecimiento poblacional de México.

MATERIALES Y MÉTODOS. En México se presenta un desarrollo de población documentado por Instituto Nacional De Estadística y Geografía (INEGI), el cual ha resultado como se muestra en la siguiente gráfica:

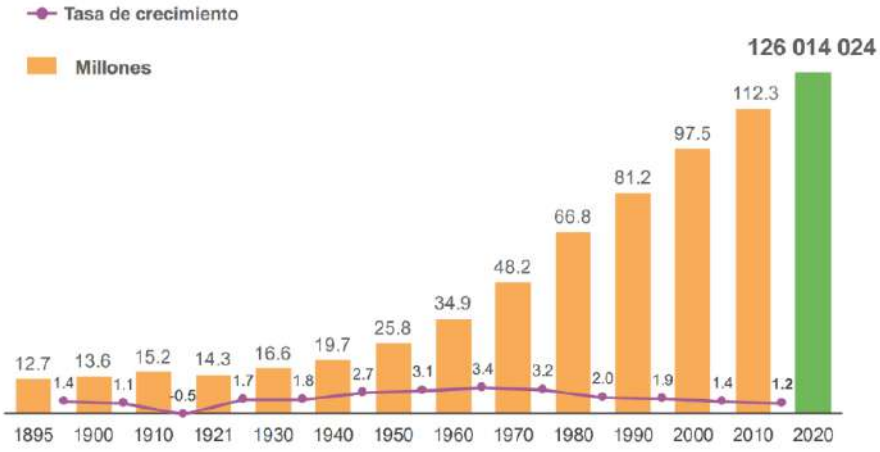


Figura 1. *Crecimiento poblacional de México. (INEGI, 2020)*

La Fig.1 ejemplifica la representación gráfica del concepto función para este fenómeno. La expresión verbal del concepto función relaciona el crecimiento poblacional siendo este la variable dependiente, con un impacto directamente proporcional con respecto al tiempo,

que es la variable independiente. Por último, su representación numérica es de la siguiente forma:

Año	Tiempo t	Población P(t)
1900	0	13.6
1910	10	15.2
1921	20	14.3
1930	30	16.6
1940	40	19.7
1950	50	25.8
1960	60	34.9
1970	70	48.2
1980	80	66.8
1990	90	81.2
2000	100	97.5
2010	110	112.3
2020	120	126.014

Tabla 1. *Representación numérica. (INEGI, 2020)*

Por otra parte, la expresión algebraica de este fenómeno representa un conflicto conceptual para el estudiante de ingeniería. En este artículo no se abarca este enfoque. Durante la asignatura de métodos numéricos impartida a estudiantes de ingeniería, se proporcionan las herramientas necesarias para trabajar el concepto función en su expresión numérica. En la siguiente sección se presenta la obtención de las series de Fourier del crecimiento poblacional que se ha registrado en México por parte del INEGI. Para poder llevar a cabo el cálculo de las Ecs. 2-4 es necesario tener el dominio de las Ecs. 5 y 6. A continuación se muestra el procedimiento para obtener las series de Fourier, con el uso de Excel, del fenómeno mencionado.

RESULTADOS. Inicialmente se comenzó colocando los datos proporcionados por el censo (INEGI, 2020), distinguiendo la variable dependiente (Columna B) e independiente (Columna A), como se muestra en la Fig. 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			3p	4p	n=1	3p	4p	n=2	3p	4p
2	x	f(x)	a0	a0	$f(x)\cos(\frac{\pi x}{120})$	a1	a1	$f(x)\cos(\frac{2\pi x}{120})$	a2	a2
3	0	13.6			13.6			13.6		
4	10	15.2	295.6667	445.125	14.682073	282.374845	399.51255	13.163586	244.68115	279.52784
5	20	14.3			12.384163			7.15		
6	30	16.6	334.6667		11.737973	230.620178		4.703E-15	-9	
7	40	19.7		705	9.85		229.95212	-9.85		-493.05137
8	50	25.8	526		6.6775314	121.867085		-22.343455	-447.07941	
9	60	34.9			9.887E-15			-34.9		
10	70	48.2	981.6667	1729.125	-12.47508	-277.66771	-731.40864	-41.742424	-784.23233	-976.22728
11	80	66.8			-33.4			-33.4		
12	90	81.2	1630.333		-57.41707	-1158.3525		-1.492E-14	51.166667	
13	100	97.5		3137.303	-84.43748		-2858.1147	48.75		2115.1048
14	110	112.3	2242.38		-108.4735	-2147.8179		97.254653	1879.2754	
15	120	126.014			-126.014			126.014		
16										
17	Sumatoria Σ_3		6010.713	6016.553	Sumatoria	-2948.976	-2960.06	Sumatoria	934.81145	925.35404
18										
19			3p	4p		3p	4p		3p	4p
20			a0	a0		a1	a1		a2	a2
21			100.1786	100.2759		-49.1496	-49.3343		15.58019	15.42257

Figura 2. *Integración numérica.*

En la Fig. 2, en la Columna C se está llevando a cabo el proceso de integración para el cálculo del coeficiente a_0 mediante la ecuación de tres puntos (Ec. 5), de la misma manera en la Columna D se calcula el mismo coeficiente ahora con el uso de la ecuación de cuatro puntos (Ec. 6), mostrándose el resultado de la integral en las celdas C17 y D17. También se muestra el cálculo de los coeficientes a_n comenzando con n=1, en los cuales, primeramente, se procedió a multiplicar la función (*f(x)*) por la función periódica del coseno según la Ec. 3, como se puede visualizar en la columna E. Continuando con la Fig. 2, una vez obtenidos los valores del producto, se realiza la integración en la columna F y G, para posteriormente calcular la sumatoria. En las celdas F21 y G21 se muestra finalmente el resultado del coeficiente a_1, en el cual fue dividida la sumatoria entre 60. Este proceso se continúa realizando para cada n.

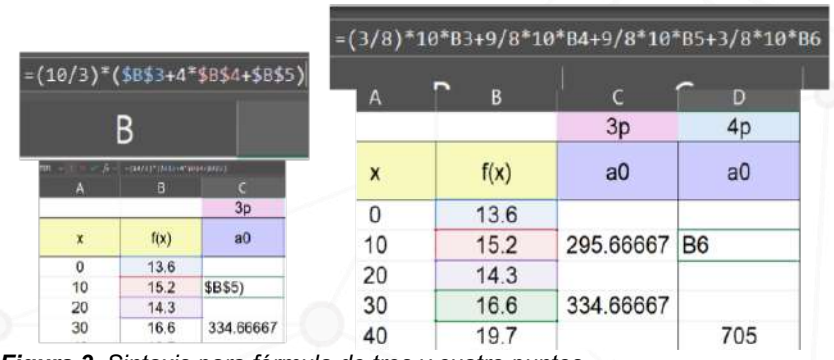
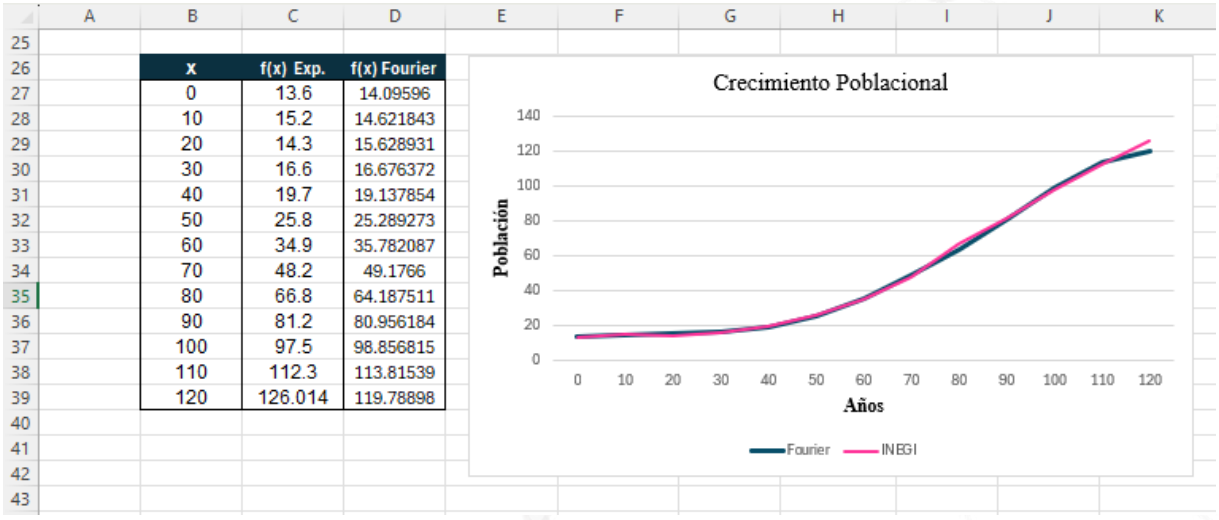


Figura 3. *Sintaxis para fórmula de tres y cuatro puntos.*



x	f(x) Exp.	f(x) Fourier
0	13.6	14.09596
10	15.2	14.621843
20	14.3	15.628931
30	16.6	16.676372
40	19.7	19.137854
50	25.8	25.289273
60	34.9	35.782087
70	48.2	49.1766
80	66.8	64.187511
90	81.2	80.956184
100	97.5	98.856815
110	112.3	113.81539
120	126.014	119.78898

Figura 4. *Comparación de datos.*

En la Fig. 3 se muestra la sintaxis de las Ecs. 5-6 las cuales representa las áreas parciales bajo la curva. Con el cálculo previo de los coeficientes, se procede a generar las series de Fourier (Ec. 1), para cada valor de x. En la Fig. 4, se visualizan los valores experimentales (INEGI) y los obtenidos mediante la serie de Fourier.

CONCLUSIONES. El fenómeno que se seleccionó para este artículo ya se presentaba de manera gráfica y numérica, lo cual, facilitó la aplicación de las herramientas numéricas para su análisis. A pesar de no ser un fenómeno periódico las series de Fourier tuvieron un óptimo desempeño. A pesar de que se desarrollan conceptos complejos en las series de Fourier, Excel fue un recurso de apoyo que facilitó la obtención de los coeficientes a0 y an así como la representación gráfica de las series de Fourier. Finalmente, el presente trabajo fue generado a partir de las actividades desarrolladas por estudiantes de ingeniería en la materia de métodos numéricos con el fin de apropiarse de herramientas que les faciliten el análisis de fenómenos de la vida real.

REFERENCIAS.

1. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2007). Métodos Numéricos para Ingenieros. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. de C.V.
2. INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. México.
3. Stewart, J. (2000). CALCULUS CONCEPTS AND CONTEXTS. Brooks Cole; 2dd Edición.
4. Zill, D. (1997). Ecuaciones Diferenciales con Aplicaciones de Modelado. International Thomson Editores, S.A. de C.V.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224132

PRODUCCIÓN DE AMONIACO VERDE: EL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS GLOBALES EN EL INDICADOR ECOLÓGICO 99 Y LAS MÉTRICAS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Carlos Antonio Padilla-Esquivel[1], Tania Itzel Serrano-Arévalo[1], Luis Germán Hernández-Pérez[1], Felipe A. Díaz-Alvarado[2], César Ramírez-Márquez[1], José María Ponce-Ortega[1]

1 Departamento de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Múgica S/N, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México, 58060.

2 Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales, Facultad de Física y Ciencias Materiales. Universidad de Chile, Av. Beauchef 851, Piso 6-poniente, Center for Sustainable Design and Process Systems Engineering, 8370456 Santiago, Chile.

Palabras Clave: Amoníaco Verde, Energía Renovable, Economía Circular, Evaluación del Ciclo de Vida, Desarrollo Sostenible.

RESUMEN. La creciente importancia del amoníaco (NH3) en la agricultura y en diversas industrias, particularmente en la producción de productos químicos y el almacenamiento de energía en vectores energéticos, ha impulsado el interés en la producción de amoníaco verde, que emplea fuentes de energía renovables como la gasificación de biomasa y la electrólisis del agua. Este estudio se distingue por su detallado análisis de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) y los parámetros de Economía Circular (CE) aplicados a la producción de NH3. Nuestros resultados destacan el efecto de las tecnologías renovables, especialmente la eólica y la solar, en los requerimientos de materiales y en la reducción de recursos no renovables. Este enfoque innovador proporciona una visión crítica sobre la sostenibilidad ambiental de la producción de NH3. La combinación de tecnologías verdes y principios de CE, como se muestra en esta investigación, ofrece un equilibrio estratégico entre satisfacer las demandas industriales y promover el desarrollo sostenible. Este trabajo hace una contribución significativa al campo al delinear prácticas responsables con el medio ambiente en la producción de NH3 y al resaltar el papel del amoníaco verde tanto en la agricultura como en la industria, estableciendo un marco para futuras investigaciones y prácticas industriales.

INTRODUCCIÓN. El amoníaco (NH3) se ha convertido en uno de los compuestos químicos más codiciados debido a su uso en agricultura, energía y productos farmacéuticos1,2. Además, el NH3 se utiliza en la producción de papel, plásticos, explosivos, fibras y otros productos químicos en la industria3. El sector agrícola, que es el principal consumidor de NH3 en la producción de fertilizantes, representa el 85% de la producción total de NH3. Los fertilizantes ricos en nitrógeno son fundamentales en el sector agrícola, ya que generan una alta demanda de compuestos como el NH3 y el ácido nítrico, que se utilizan como materias primas. También es importante tener en cuenta que la demanda de estos compuestos depende del aumento de la población mundial y de sus necesidades dietéticas. Actualmente, se producen alrededor de 200 millones de toneladas métricas de NH3 cada año en todo el mundo. Geográficamente, la región de Asia-Pacífico consume más de la

mitad de la producción global de NH3 debido al aumento de la población y a las actividades agrícolas que se han desarrollado en estas áreas. Mientras que India y China son los mayores consumidores de fertilizantes, Europa, América del Norte, América del Sur, África y el Medio Oriente también contribuyen en gran medida al mercado de NH37. La demanda de NH3 creció anualmente alrededor del 1.9% entre 2006 y 2016, y se espera que esta tendencia continúe en las próximas décadas, ya que se ha convertido en uno de los compuestos más importantes en la industria química. Además, estudios recientes indican que la producción mundial de NH37, utilizada tanto en el sector agrícola como en el industrial, se proyecta que experimentará una tasa de crecimiento anual promedio del 0.7%. Esta trayectoria de crecimiento se prevé que eleve la producción de 185 millones de toneladas métricas en 2021 a 230 millones de toneladas métricas para el año 2050, una tasa algo más lenta en comparación con el crecimiento anual del 1.5% registrado en las tres décadas anteriores9.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Descripción del proceso. El NH3 se produce tradicionalmente a gran escala mediante el método Haber-Bosch, que consta de tres etapas principales:

1. Producción de gas de síntesis: El gas natural (una mezcla de metano, butano y otros hidrocarburos) se mezcla con vapor y se somete a altas temperaturas y presiones para producir gas de síntesis, una mezcla de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2). Este gas sirve como materia prima principal para la producción de NH_3.
2. Síntesis de NH_3: El gas de síntesis se mezcla con nitrógeno (N_2) y se pasa sobre un catalizador de hierro a alta presión y temperatura, lo que provoca la combinación de N_2 y H_2 para formar NH_3. La alta presión y temperatura son necesarias para favorecer la reacción hacia la formación de NH_3.
3. Separación y purificación del NH_3: Finalmente, el NH_3 producido se separa del gas de síntesis y se purifica para eliminar impurezas. Luego se comprime y se almacena en tanques para su uso posterior.

Aunque el proceso Haber-Bosch ha sido ampliamente utilizado durante décadas, requiere grandes cantidades de energía y resulta en emisiones significativas de CO_2 tanto en la producción de gas de síntesis como en la etapa de síntesis de NH_3, debido a las altas presiones y temperaturas involucradas. En contraste, el trabajo actual se centra en la producción de amoníaco verde (ver Figura 1), que utiliza exclusivamente fuentes de energía renovables. Este enfoque forma parte de los esfuerzos globales hacia la descarbonización. La producción de amoníaco verde implica la electrólisis del agua para generar H_2, que luego se combina con N_2 separado del aire. Este método no solo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sino que también minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción de NH_3. Los investigadores están explorando este método como un paso crucial para reducir los costos asociados con las fluctuaciones en los precios de la electricidad renovable en un sistema de energía completamente verde. Un rediseño completo de la cadena de valor es esencial para adaptarse al rápido ritmo de cambio en la descarbonización global y para crear un camino claro para el uso de materias primas renovables. Otras alternativas para las fuentes de energía renovables en la producción de amoníaco verde incluyen la gasificación de biomasa y la electrólisis del agua, donde la energía renovable no solo produce H_2, sino que también separa N_2 del aire para alimentar el proceso de síntesis de NH_3. Este método garantiza que el NH_3 producido sea ambientalmente amigable, sin los efectos directos de los gases de efecto invernadero y promoviendo un enfoque sostenible para la producción de NH_3.

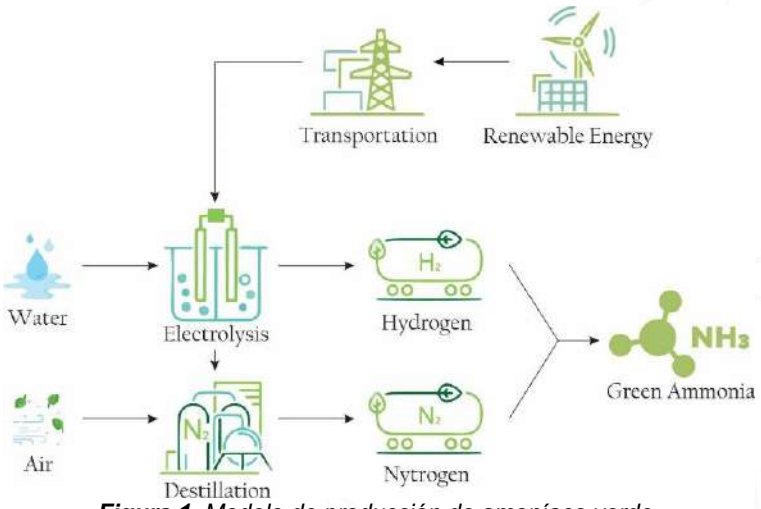


Figura 1. *Modelo de producción de amoníaco verde.*

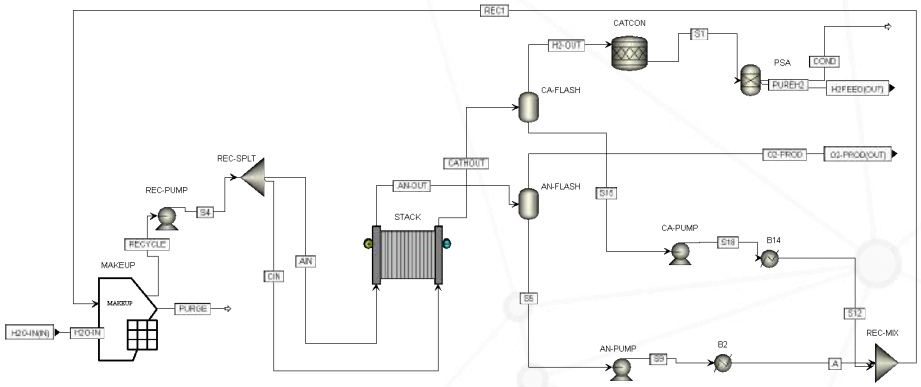


Figura 2. *Diagrama de flujo de la producción de hidrógeno verde.*

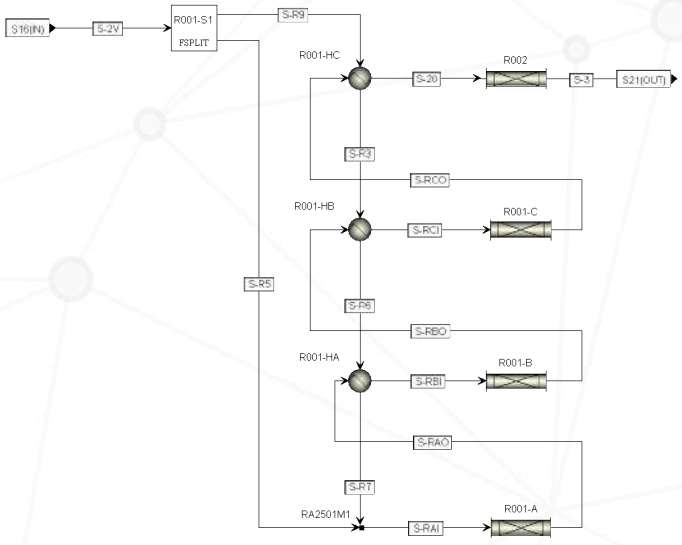


Figura 4. *Diagrama de fujo de la síntesis de NH_3.*

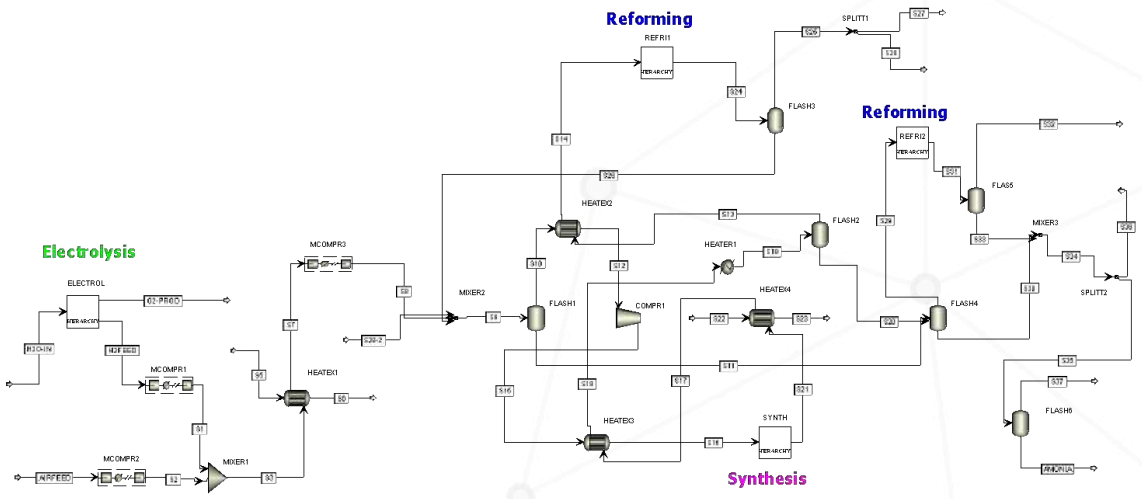


Figura 5. *Diagrama de flujo de la producción de amoníaco verde.*

En resumen, la Figura 2 y la Figura 3 corresponden a secciones de los procesos de producción de H_2 y NH_3 (respectivamente). Mientras que la Figura 4 muestra el diagrama de flujo del proceso completo de producción de amoníaco verde utilizando secciones de electrólisis, reformado y síntesis.
Las propiedades termodinámicas bajo condiciones de alta temperatura y alta presión encontradas en las plantas de NH3 se describen con precisión utilizando modelos de ecuación de estado. La modificación Redlich-Kwong RKS-BM se elige específicamente para esta aplicación, con la mayoría de sus parámetros del modelo tomados de las bases de datos de propiedades físicas de Aspen. Para mejorar la precisión, se realizan varias modificaciones específicas al modelo RKS-BM.

Ecoindicador 99. En este estudio, se lleva a cabo una evaluación del proceso de producción de amoníaco verde utilizando fuentes de energía renovables (eólica, solar e hidroeléctrica). Para realizar esta evaluación, se emplea la metodología Ecoindicador 99, basada en un enfoque de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA). El método Ecoindicador 99 cuantifica el impacto ambiental en términos de valores numéricos o puntuaciones (Pt). Este método ha demostrado ser particularmente valioso ya que permite estimar los efectos ambientales a partir de una amplia gama de bases de datos.
El método Ecoindicador 99 se caracteriza por la normalización y la valoración dentro de categorías que representan varios niveles de daño ambiental. Estas categorías se distribuyen en tres escalas de daño:
• Salud Humana: Se emplea el indicador conocido como DALY (Años de Vida Ajustados por Discapacidad) para medir el número de años de vida perdidos debido a enfermedades y los años de vida vividos con diferentes niveles de discapacidades causadas por dichas enfermedades.
• Calidad del Ecosistema: La unidad empleada es PDF m2 año, donde PDF (Fracciones Potencialmente Desaparecidas) representa la fracción potencial de especies vegetales que desaparecen por cada metro cuadrado en un año. Este indicador proporciona información sobre la pérdida de biodiversidad vegetal.
• Recursos: La unidad utilizada es MJ SE, donde MJ representa la cantidad de energía en megajoules, y SE representa la energía excedente requerida para extraer y utilizar recursos

naturales. Este enfoque evalúa la eficiencia en el uso de recursos naturales y su impacto energético asociado.

$$Eco - Indicator\,99 = \sum HH + \sum EQ + \sum AD \quad \textbf{(1)}$$

Donde HH es la salud humana, EQ es la calidad del ecosistema y AD es el agotamiento de los recursos.

$$HH = CC + CO + ECR + R \quad \textbf{(2)}$$

Donde CC es el cambio climático, CO es el agotamiento de la capa de ozono, ECR son los efectos cancerígenos y respiratorios, y R es la radiación.

$$EQ = EX + AC + ES \quad \textbf{(3)}$$

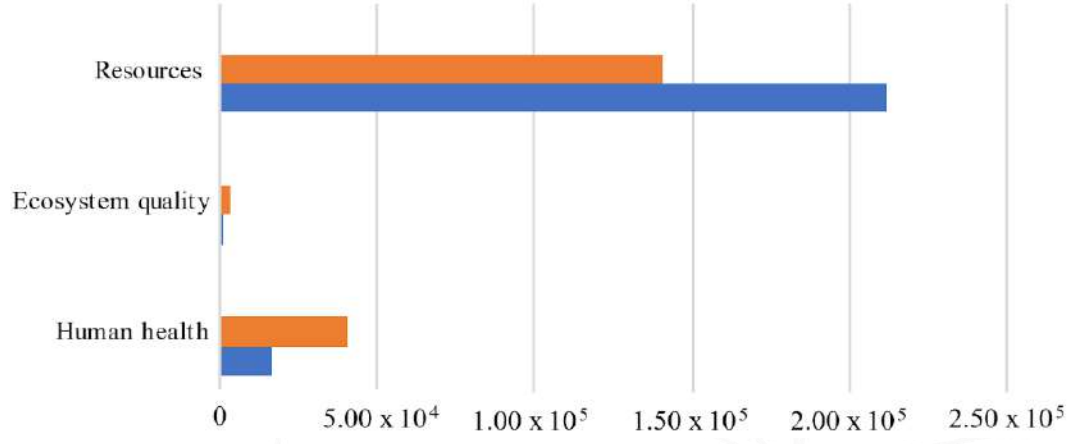
Donde EX es ecotoxicidad, AC es acidificación de los océanos y ES es eutrofización y uso de la tierra.

$$AD = DR \quad \textbf{(4)}$$

Donde DR es el agotamiento de recursos, como arena y grava, incluidos dentro del uso de la tierra.

Impact categories	Steel	Water
Carcinogenic (Pt / kg)	6.320×10^{-3}	2.870×10^{-6}
By organic compounds (Pt / kg)	8.010×10^{-2}	1.320×10^{-5}
By inorganic compounds (Pt / kg)	0.00	0.00
Climate change (Pt / kg)	1.310×10^{-2}	4.350×10^{-6}
Radiation (Pt / kg)	4.510×10^{-4}	4.170×10^{-7}
Ozone layer (Pt / kg)	4.550×10^{-6}	1.630×10^{-8}
Ecotoxicity (Pt / kg)	7.450×10^{-2}	1.800×10^{-6}
Acidity/Eutrophication (Pt / kg)	2.710×10^{-3}	9.520×10^{-7}
Land use (Pt / kg)	3.730×10^{-3}	1.700×10^{-6}
Minerals (Pt / kg)	7.420×10^{-2}	1.270×10^{-6}
Fossil fuels (Pt / kg)	0.059	1.550×10^{-5}

Tabla 1. *Categorias impacto para el acero y agua.*



	Human health	Ecosystem quality	Resources
Hydroelectric	1.73×10^{-2}	2.50×10^{-3}	1.23×10^{-2}
Solar	4.00×10^{4}	3.10×10^{3}	1.41×10^{5}
Wind	1.64×10^{4}	1.11×10^{3}	2.12×10^{5}

Figura 5. *Categorias de impacto para las energías renovables.*

Métricas de la Economía Circular. En este trabajo se incorporan métricas de CE para cuantificar la infraestructura utilizada en la producción de amoniaco verde. La infraestructura necesaria para el proceso es proporcional a los requerimientos materiales conocidos que componen dicho proceso. La cuantificación de estos requerimientos permite entender el impacto del agotamiento de los recursos renovables; esta cuantificación se normaliza con el ADP (Abiotic Depletion Potential). Es importante mencionar que estas métricas se han incorporado con base en los indicadores de CE desarrollados por Serrano-Arévalo et al.,[7] quienes enfocan este trabajo en el indicador de impacto material relativo (DMR) el cual permite cuantificar los materiales que componen la infraestructura necesaria para el proceso. Además, este indicador especifica el impacto ambiental asociado al agotamiento de los recursos no renovables por cantidad de NH3 producido para este caso específico (Ecuación 5).

$$DMR = \frac{Materialreq^{Norm}}{NH_3 prodtot} \quad \textbf{(5)}$$

Donde $Materialreq^{Norm}$ es el impacto asociado al consumo de recursos no renovables sobre los requerimientos materiales que conforman la infraestructura total del sistema. El superíndice $Norm$ es un factor de normalización que permite transformar materiales diferentes en un material común con la intención de generar una comparación justa entre ellos. La variable $NH_3prodtot$ es la cantidad total de NH_3 producido por el sistema, y los requerimientos materiales se cuantifican de acuerdo a la infraestructura utilizada. En la Figura 4 se muestran los equipos necesarios en el sistema los cuales se han clasificado en intercambiadores de calor (he), recipientes de flash (fc), reactores (re), electrolizadores (h) y tecnologías renovables (jrt). Por esta razón, los requerimientos materiales de la infraestructura descrita anteriormente se cuantifican en cada una de las siguientes clasificaciones (Ecuaciones 6 – 10), $Materialreq^{Norm}_{heat-ex}$, $Materialreq^{Norm}_{flash}$, $Materialreq^{Norm}_{reactors}$, $Materialreq^{Norm}_{elect}$, and $Materialreq^{Norm}_{renew}$, respectivamente.

$$Materialreq^{Norm}_{heat-ex} = \sum_{he}\left[ic^{heat-ex}_{he} REQ^{heat-ex}_{he}\right] \quad \textbf{(6)}$$

$$Materialreq^{Norm}_{flash} = \sum_{fc}\left[ic^{flash}_{fc} REQ^{flash}_{fc}\right] \quad \textbf{(7)}$$

$$Materialreq^{Norm}_{reactors} = \sum_{re}\left[ic^{reactors}_{re} REQ^{reactors}_{re}\right] \quad \textbf{(8)}$$

$$Materialreq^{Norm}_{elect} = \sum_{h}\left[ic^{elect}_{h} REQ^{elect}_{h}\right] \quad \textbf{(9)}$$

$$Materialreq^{Norm}_{renew} = \sum_{jrt}\left[ic^{renew}_{r,jrt} REQ^{renew}_{jrt}\right] \quad \textbf{(10)}$$

REQ es un parámetro que se refiere a la cantidad total de material requerido en la infraestructura de los equipos necesarios en el sistema. El parámetro también se representa en masa del material de referencia (normalizado) por unidad de capacidad de cada equipo; e *ic* representa la capacidad de la infraestructura que depende de cada equipo (por ejemplo, área y potencia).

Para aplicar el indicador de impacto relativo de material (*DMR*), es necesario identificar la infraestructura utilizada en este caso de estudio, ilustrado en la Figura 4, que clasifica los equipos en intercambiadores de calor (*he*), recipientes de flash (*fc*), reactores (*re*), electrolizadores (*h*) y tecnologías renovables (*jrt*). Luego se les asocia un parámetro que engloba el material requerido en cada uno de los equipos del sistema (*REQ*). Para lograr esto, primero es necesario identificar la masa de los materiales enfatizando que son dependientes de la capacidad de la infraestructura. Posteriormente, se les asigna un factor de normalización (*Norm*) que caracteriza la masa de los materiales con el propósito de agruparlos como un solo conjunto. El factor de normalización utilizado es el Potencial de Agotamiento Abiótico (*ADP*) que utiliza como unidad de referencia la masa equivalente de antimonio (Sb_{eq}), cuantificando todos los materiales que componen una masa; independientemente de la naturaleza que la compone. Debido a que los equipos que componen el sistema (*he, fc y re*) están compuestos principalmente de acero (ver apartado de Información complementaria), se utiliza el factor de normalización de acero con un valor de 1.10×10^{-6} tons Sb_{eq} / tons para obtener la masa de los equipos en términos de Sb_{eq}[9].

Además, se han utilizado valores reportados en la literatura para los requerimientos de material normalizados (*REQ*) de los electrolizadores (*h*) y tecnologías renovables (*jrt*) que se pueden utilizar en este caso de estudio para obtener la masa equivalente de antimonio (Sb_{eq}) con los valores que se muestran en la Tabla 3. Cabe destacar que la masa de Sb_{eq} para el resto de equipos (*he, fc y re*) se obtendrá normalizando la masa de acero que los compone. Debido a que la separación de aire requiere cantidades sustanciales de energía y opera en condiciones extremas, se incluye un compresor en la simulación del proceso y el análisis. Todas las unidades y equipos están incluidos tanto en el análisis del Ecoindicador 99 como en el de CE.

Considerando lo anterior, la novedad de este estudio radica en la exploración del impacto de los indicadores de CE y del ACV en la configuración de la producción de NH_3, utilizándolos como herramientas simplificadas durante la fase de diseño. Los indicadores de CE se centran en el agotamiento de los recursos no renovables en la infraestructura, mientras que la metodología del Ecoindicador 99 se basa en un enfoque de ACV, lo que permite la estimación de los efectos ambientales a partir de una amplia gama de bases de datos. Ambas métricas abordan de forma integral tanto el diseño como las condiciones de operación del proceso de producción de NH_3, lo que garantiza un análisis riguroso y completo.

Infrastructure	Material requirements	Unit
Technologies		
Wind	62.32×10^{-1}	tons Sb_{eq} / MW
Solar	2.344×10^{-1}	tons Sb_{eq} / MW
Hydroelectric	5.236×10^{-1}	tons Sb_{eq} / MW
Electrolyser	2.701×10^{-1}	tons Sb_{eq} / MW

***Tabla 3**. Requerimientos de material en función de la capacidad del equipo.*[70]

Además, es importante destacar que el objetivo principal de este trabajo es comprender el desempeño de las métricas de EC con respecto al Ecoindicador 99. Debido a que las métricas de EC se centran en los requerimientos materiales de la infraestructura utilizada en el sistema y en el agotamiento de recursos no renovables durante la etapa de extracción, se ha decidido utilizar técnicas de ACV aproximadas considerando solo los insumos de acero, energía y agua, que son específicos de la infraestructura. Esta simplificación permite un estudio comparativo justo entre ambos cuantificadores y garantiza la coherencia de los resultados. Sin embargo, es importante destacar que en estudios donde el objetivo principal es realizar un análisis de ACV integral, es esencial realizar una revisión crítica del inventario y las actividades asociadas con el proceso (p. ej., extracción de recursos, fabricación de equipos y productos químicos, transporte y gestión de residuos) para cubrir una gama más amplia de insumos y productos. Esto asegura la integridad y precisión del análisis.

Caso de estudio. Aunque actualmente se producen grandes cantidades de NH_3 a nivel mundial cada año, Chehade y Dincer[8] afirmaron que se espera que la producción de NH_3 aumente aproximadamente un 2% en los próximos años. Chehade y Dincer[8] también informaron que en 2017 se produjo una cantidad estimada de 157.300.000,00 toneladas de NH_3. Por lo tanto, siguiendo esta tendencia (crecimiento anual del 2%), se consideró una proyección estimada de 177.145.348,60 toneladas de NH_3 para este caso de estudio, para el año 2023. Hemos elegido el año 2017 como base para nuestros cálculos para mantener la coherencia a lo largo de los años; sin embargo, la base de cálculo se puede ajustar para adaptarse al caso de estudio específico. También es importante señalar que este caso de estudio se lleva a cabo a nivel mundial con la intención de mostrar la producción de NH_3 en cada una de las regiones generadoras que producen este químico. Con base en el porcentaje de participación de cada una de las regiones reportado por Chehade y Dincer[8] la producción de NH_3 individual estimada para 2023 se muestra en la Figura 6.

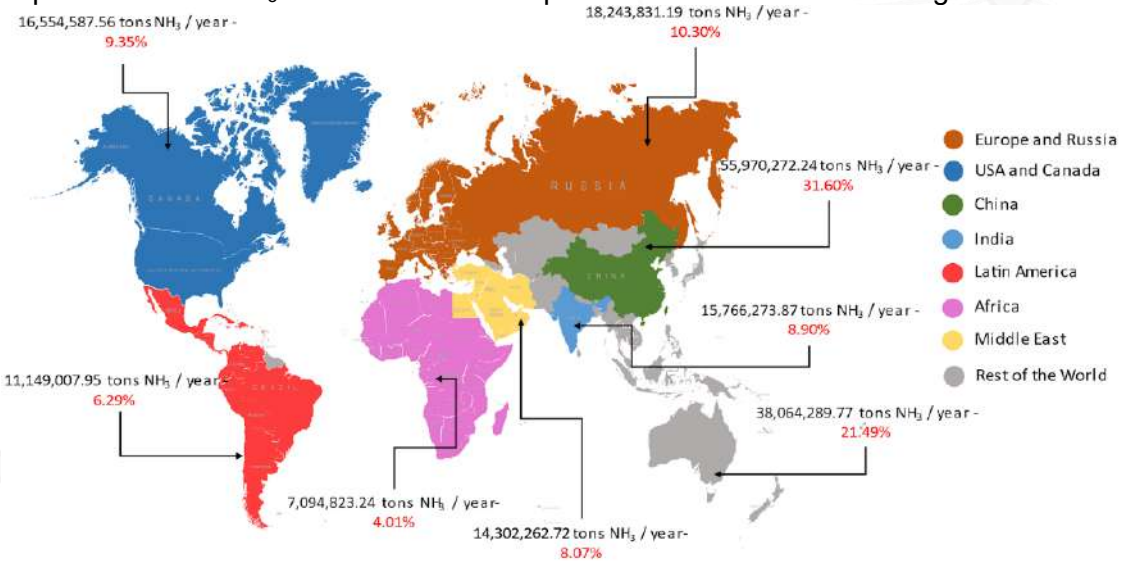


Figura 6. *Producción de NH_3 por regiones en el año 2023.*

Análisis económico. Se realizó un análisis económico que incluyó todas las diferentes fuentes de energía renovable disponibles en cada región (eólica, solar e hidroeléctrica), ya que las fuentes de energía disponibles varían considerablemente de una región a otra. En

este proceso, la obtención de datos precisos relacionados con el costo asociado con la generación de energía a partir de fuentes renovables se convirtió en una prioridad.
Posteriormente, se creó una proyección de costos que tomó en consideración todas las tendencias y factores económicos relevantes de cada región para el año 2023. El establecimiento de este análisis nos permitió determinar el costo de la producción de amoniaco verde en cada región de interés, teniendo en cuenta las características específicas de las fuentes de energía renovables, así como las condiciones económicas que se proyectaban para 2023.
Una vez determinados los costos de producción de amoniaco verde por región, la siguiente fase del análisis se centró en evaluar el impacto ambiental que tendría la producción de amoniaco verde en cada región. Este análisis integrado permite tomar decisiones informadas y permite considerar tanto los aspectos económicos como ambientales al momento de seleccionar la región más adecuada para la producción de amoniaco verde sustentable. Campion et al.[10] presentaron ecuaciones específicas para calcular el costo de la producción de amoníaco verde en función de la fuente de energía que se utilice. La ecuación (11) se utiliza para calcular el costo del amoníaco verde utilizando energía solar, mientras que la ecuación (12) se utiliza para calcular el costo del amoníaco verde utilizando energía eólica. Estas ecuaciones proporcionan una comprensión detallada de cómo los costos se ven influenciados por variables relacionadas con la generación de energía a partir de fuentes renovables.

$$NH_3\,cost_s = 174.78\frac{USD}{MWhr\ of\ NH_3} \quad \textbf{(11)}$$

$$NH_3\,cost_w = 221.96\frac{USD}{MWhr\ of\ NH_3} \quad \textbf{(12)}$$

La ecuación (13) calcula el costo del amoníaco verde utilizando energía hidroeléctrica.[12]

$$NH_3\,cost_{hp} = 661.59\frac{USD}{tons\ NH_3} \quad \textbf{(15)}$$

CONCLUSIONES. Esta investigación científica sobre la producción sostenible de NH3 culmina en varias conclusiones clave que subrayan la interacción entre la gestión medioambiental y las demandas industriales:
El cambio hacia el amoníaco verde, aprovechando recursos renovables como la gasificación de biomasa y la electrólisis del agua, supone un cambio fundamental en la producción de NH3. Este avance es crucial para reducir los impactos ambientales asociados a los métodos tradicionales de síntesis de NH3, como los relacionados con los combustibles fósiles.
El estudio destaca que la elección de utilizar tecnologías renovables en lugar de métodos convencionales afecta significativamente a los requisitos de material, así como a la huella ecológica de la producción de NH3. La tecnología eólica, por ejemplo, presenta una mayor influencia en el agotamiento de los recursos no renovables en comparación con la tecnología solar, lo que pone de relieve la naturaleza crítica de la selección de fuentes renovables adecuadas.
La incorporación de métricas de ACV y CE ofrece un marco integral para evaluar la sostenibilidad de la producción de NH3. Este enfoque no solo mejora la comprensión del

impacto ambiental, sino que también mejora las estrategias de gestión de recursos dentro del proceso de producción.

Los resultados llaman la atención sobre la necesidad de equilibrar la demanda industrial de NH3, en particular en la agricultura y la industria manufacturera, con la necesidad de preservar el medio ambiente. Se ha establecido que los métodos sostenibles en la producción de NH3 son cruciales para mantener una armonía ecológica.

El estudio establece un nuevo punto de referencia en la producción de NH3, abogando por una transición hacia prácticas más responsables con el medio ambiente. Allana el camino para futuras investigaciones y procesos industriales que alinean sus consideraciones ambientales con su eficiencia operativa, demostrando la viabilidad e importancia del amoníaco verde.

Los impactos globales para 2023 asociados al Ecoindicador 99 corresponden a un total de 3,08 x 1010 Pt y 5,97 x 105 toneladas Sbeq en el uso de recursos no renovables asociados a la CE, lo anterior para una producción de NH3 de 1,77 x 108 toneladas. El CE muestra un impacto de 62,32 x 10-1 toneladas Sbeq/MW, 2,344 x 10-1 toneladas Sbeq/MW y 5,236 x 10-1 toneladas Sbeq/MW para las tecnologías eólica, solar e hidroeléctrica, respectivamente. Las tecnologías eólicas tienen el mayor impacto material, mientras que las tecnologías solares tienen el menor.

Los impactos totales del Eco-Indicador 99 son 3,23 x 106 Pt, 1,87 x 105 Pt y 3,54 x 104 Pt para las tecnologías eólica, solar e hidroeléctrica, respectivamente. Las tecnologías eólicas exhiben el impacto más significativo, a diferencia de las tecnologías hidroeléctricas, que tienen un impacto menor en comparación.

REFERENCIAS.

1. Herbinet, O.; Bartocci, P.; Dana, A. G. On the use of ammonia as a fuel–A perspective. *Fuel Commun*. **2022**, *11*, 100064. DOI: 10.1016/j.jfueco.2022.100064
2. Boerner, L. K. Industrial ammonia production emits more CO_2 than any other chemical-making reaction. Chemists want to change that. *C&EN*, June 15, 2019, updated June 15, 2019. https://cen.acs.org/environment/green-chemistry/Industrial-ammonia-production-emits-CO2/97/i24 (accessed 2024-02-25).
3. Chisalita, D. A.; Petrescu, L.; Cormos, C. C. Environmental evaluation of European ammonia production considering various hydrogen supply chains. *Renew. Sust. Energ. Rev*. **2020**, *130*, 109964. DOI: 10.1016/j.rser.2020.109964
4. Cardoso, J. S.; Silva, V.; Rocha, R. C.; Hall, M. J.; Costa, M.; Eusébio, D. Ammonia as an energy vector: Current and future prospects for low-carbon fuel applications in internal combustion engines. *J. Clean. Prod*. **2021**, *296*, 126562. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126562
5. Yara. *Yara Fertilizer Industry Handbook*. Yara International, 2018. https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/other/2018/fertilizer-industry-handbook-2018.pdf/ (accessed 2023-11-15).
6. International Energy Agency (IEA*). Ammonia Technology Roadmap: Towards More Sustainable Nitrogen Fertiliser Production*. International Energy Agency, 2021. https://iea.blob.core.windows.net/assets/6ee41bb9-8e81-4b64-8701-2acc064ff6e4/AmmoniaTechnologyRoadmap.pdf (accessed 2024-02-25).
7. Serrano-Arévalo, T. I.; Díaz-Alvarado, F. A.; Tovar-Facio, J.; Ponce-Ortega, J. M. The impact of circular economy indicators in the optimal planning of energy systems. *Sustain. Prod. Consum*. **2024**, *44*, 234-249. DOI: 10.1016/j.spc.2023.12.018
8. Chehade, G.; Dincer, I. Progress in green ammonia production as potential carbon-free fuel. *Fuel*. **2021**, *299*, 120845. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.120845
9. Campion, N.; Nami, H.; Swisher, P. R.; Hendriksen, P. V.; Münster, M. Techno-economic assessment of green ammonia production with different wind and solar potentials. *Renew. Sust. Energ. Rev*. **2023**, *173*, 113057. DOI: 10.1016/j.rser.2022.113057
10. Sousa, J.; Waiblinger, W.; Friedrich, K. A. Techno-economic study of an electrolysis-based green ammonia production plant. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2022**, *61*(39). 14515-14530. DOI: 10.1021/acs.iecr.2c00383

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224133

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOFILTRO A BASE DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LIRIO ACUÁTICO Y RESIDUOS MADERABLES (ASERRÍN): UNA ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

María del Rosario Téllez Zarco[1], Juan Carlos Corral Huacuz[2], Sayra Lissette Orozco Cerros[3], Luis Bernardo López Sosa[4]

1 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán-MISE; mtellez@uiim.edu.mx

2 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán-MISE; jcarlos.corralhuacuz@uiim.edu.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-UMSNH; sayra.orozco@umich.mx

4 Universidad Intercultural Indígena de Michoacán-MISE; lbernardo.lopez@uiim.edu.mx

Palabras Clave: Biofiltro, carbón activado, lirio acuático, aguas residuales.

RESUMEN. Esta investigación en curso se centra en el desarrollo de un biofiltro eficiente para el tratamiento de aguas residuales, utilizando carbón activado derivado de lirio acuático y residuos maderables, ambos materiales abundantes y de bajo costo. El estudio destaca la importancia de soluciones sostenibles que no solo purifiquen el agua, sino que también gestionen residuos orgánicos. Los resultados revelan una alta capacidad de adsorción del carbón activado producido a partir de lirio y del aserrín, superando incluso al carbón comercial de coco, lo que lo convierte en una opción prometedora para la remediación de aguas y la sostenibilidad ambiental. El carbón activado comercial de coco presentó menor capacidad de adsorción con 0.69 mg g-1. Mientras que para los biofiltros de BA-L y BA-A, alcanzaron una capacidad de adsorción de 1.25 mg g-1

INTRODUCCIÓN. La contaminación del agua es un problema global que afecta a los ecosistemas acuáticos, la salud humana y la biodiversidad (Hernández et al., 2017) Es causada por la introducción de sustancias contaminantes de origen industrial, agrícola, doméstico y urbano, alterando las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua (Ardila et al., 2022) Los contaminantes incluyen químicos como metales pesados y pesticidas, biológicos como microorganismos patógenos, y físicos como plásticos y sedimentos (UNESCO 2017). Esta contaminación impacta negativamente los ecosistemas acuáticos, causando eutrofización, afecta la salud humana con enfermedades como cólera y cáncer, y perjudica la agricultura y sectores económicos dependientes del agua (Tejeda et al., 2021). Las tecnologías de tratamiento de aguas residuales se han desarrollado según las características del agua y los contaminantes presentes. Una de ellas es el uso de biofiltros de carbón activado fabricados con residuos maderables, que son sostenibles y eficaces para el tratamiento terciario de aguas (Urbina 2017). El proceso de remoción se basa en la adsorción moléculas sobre la superficie de un sólido (Orozco &Bandala 2021). En el presente trabajo se investigan el desarrollo de biofiltros de carbón activados sintetizados a partir de lirio acuático y aserrín, optimizando la eliminación de contaminantes y generando valor a los residuos, estos bioadsorbentes ofrecen una solución sostenible y eficiente para el tratamiento de aguas residuales, aprovechando residuos biomásicos y

contribuyendo a la protección ambiental. Los materiales obtenidos del aserrín de pino, son conocidos por su alta porosidad y capacidad de retención de agua (SEMARNAT 2007), y el lirio acuático que es eficaz en la adsorción de metales pesados (Malik et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS. El lirio acuático y aserrín fueron recolectados y recuperados para preparar polvos. 10 g de polvo del recurso biomasico se le agregaron 10 g de KOH y 5 mL de agua ultrapura, se mezclaron hasta formar una mezcla homogénea. Este proceso se llevó a cabo por separado para el polvo lirio y aserrín. La mezcla resultante fue sometida a un proceso pirolítico y fueron etiquetados como BA-L y BA-A, respectivamente. Las características fisicoquímicas-térmicas son comparadas con un biofiltro de carbón activado de coco comercial (BA-C). La estructura cristalina de los biofiltros de carbón activado a partir de lirio (BA-L) y aserrín (BA-A), además de un biofiltro comercial de coco (BA-C), respectivamente se analizaron con un difractómetro Bruker D2-Phaser utilizando radiación CuKα a 30 kV y 10 mA. La morfología de los bioadsorbentes se observó con un microscopio JEOL JSM IT300. Los espectros ATR-FTIR se recogieron utilizando un espectrómetro IR Thermo Scientific Nicolet. Los análisis termogravimétricos se obtuvieron utilizando un analizador térmico Perkin Elmer modelo STA 6000, utilizando oxígeno a 30 cm3 min-1, con muestra de aproximadamente 20 mg de material y calentándolo de 25 a 900°C a 10°C min-1. Para la caracterización de capacidad de adsorción del biofiltro activado se realizó empleando un colorante modelo, el azul de metileno (AM). El proceso de adsorción se llevó a cabo empleando una columna de operación hidrodinámica continua por tres ciclos consecutivos. La concentración de adsorbente empleada fue de 2 g y la concentración de azul de metileno fue de 20 mg/L. La evaluación del proceso de adsorción se realizó mediante Espectroscopía UV-Vis, por la medición de la absorbancia del grupo funcional del AM a 665 nm.

RESULTADOS. En la Figura 1 se muestran los espectros IR de los bioadsorbentes activados BA-L, BA- AS y BA-C. La banda a 3380 cm^{-1} se debe a las vibraciones de estiramiento OH del enlace de hidrógeno intermolecular. Una banda en 1600 cm^{-1} podría asignarse al estiramiento C=C sp^2, que podría signarse a los anillos aromáticos. las bandas a 1490 cm^{-1} pueden asignarse al modo de anillo aromático. La banda a 1020 cm^{-1} podría asignarse al estiramiento C-O de fenoles y alcoholes, y la banda a 870 cm^{-1} podría asignarse a la flexión C-H fuera del plano en los anillos aromáticos (Leite et al., 2018).

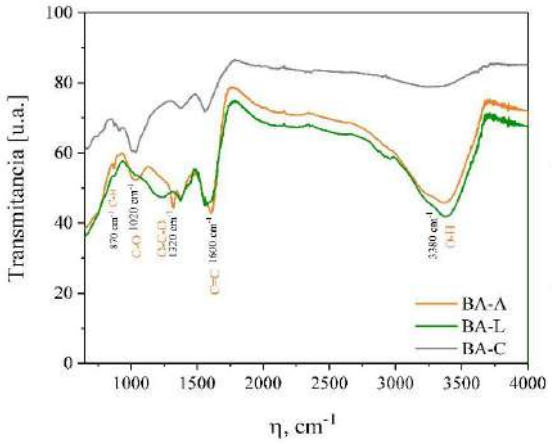


Figura 1. *Espectro FT-IR de los biofiltros de carbón activado: BA-A, BA-L y BA-C*

En la Figura 2 se muestran los patrones de difracción de rayos X para los bioadsorbentes BA-L, BA-A y BA-C. Como se puede observar, los materiales muestran picos característicos de materiales carbonosos cristalinos. Los espectros pueden ser indexada al patrón de la Celulosa I en 2θ: 15 (101) y 23° (002), y para la Celulosa II en 2θ=23 (002) y 20° (101).

En la Figura 3 se presenta el análisis termogravimétrico de los biofiltros de carbón activado: BA-A, BA-L y BA-C. Como se puede observar, la primera pérdida de peso (T<100°C) corresponde a la pérdida de moléculas de agua superficial y adsorbida. Para BA-L muestra la mayor pérdida de peso en esta región, esto se puede atribuir a que posee gran capacidad para absorber humedad del ambiente (ver Figura 3). Los biofiltros de carbón activado poseen diferentes rangos de estabilidad térmica. Para BA-L, BA-A y BA-C, el rango es 70 a 300°C, 140-300 °C y 100-350°C, respetivamente. La descomposición de los biofiltros de carbón activado es por encima de 300°C.

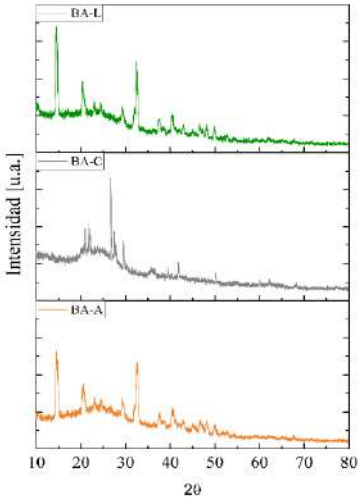


***Figura 2**. Patrones de DRX para los biofiltros de carbón activado: BA-A, BA-L y BA-C*

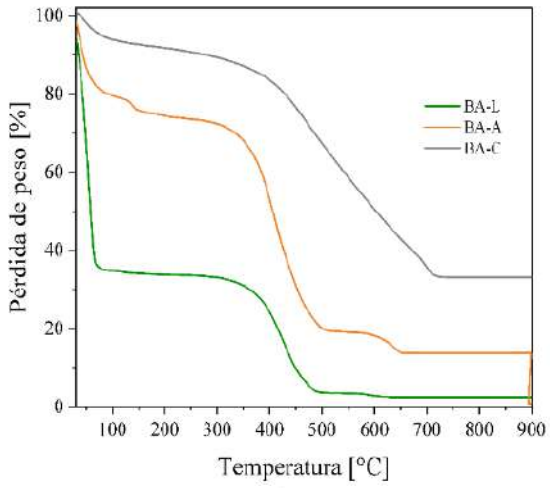


***Figura 3.** Análisis termogravimétrico de los biofiltros de carbón activado BA-A, BA-L y BA-C*

En la Figura 4 se muestran los perfiles de la capacidad de adsorción de los biofiltros de BA-L, BA-A y BA-C, para tres ciclos continuación. Como se puede observar, el carbón activado comercial de coco BA-C tiene la menor capacidad de adsorción, la saturación del biofiltro ocurre en el segundo ciclo con una capacidad de adsorción de 0.69 mg g-1. Mientras que para los biofiltros de BA-L y BA-A, después del tercer ciclo se satura el material, alcanzando una capacidad de adsorción de 1.25 mg g-1. Los resultados demuestran que los biofiltros de carbón activado poseen mejores propiedades de adsorción, respecto a un adsorbente activado de coco.

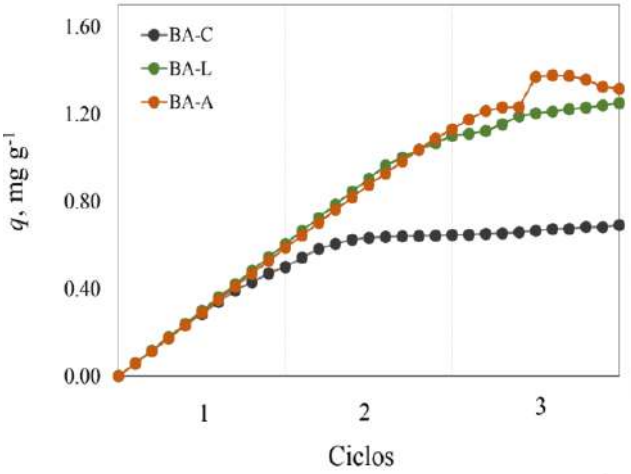


Figura 4. *Perfiles de capacidad de adsorción de AM empleando los biofiltros de carbón activado BA-A, BA-L y BA-C*

CONCLUSIONES. El uso de biofiltros de carbón activado son una alternativa viable, justa y vivible, cuando se emplean residuos biomásicos para su desarrollo. En este trabajo se desarrollan dos biofiltros eficientes para la remoción de contaminantes. Los resultados revelan una alta capacidad de adsorción del carbón activado producido a partir de lirio y del aserrín, superando incluso al carbón comercial de coco, lo que lo convierte en una opción prometedora para la remediación de aguas y la sostenibilidad ambiental. El carbón activado comercial de coco presentó menor capacidad de adsorción con 0.69 mg g-1. Mientras que para los biofiltros de BA-L y BA-A, alcanzaron una capacidad de adsorción de 1.25 mg g-1.

AGRADECIMIENTOS. Se expresa el más sincero agradecimiento al CONAHCYT por su apoyo económico a través de la beca de posgrado CV 1219255 para el desarrollo de esta investigación, se agradece a la Dra. Sayra L. Orozco Cerro, por las facilidades para procesar los materiales en el laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Dr. Michel Rivero del Instituto de Investigaciones en Materiales UNAM por el apoyo en la caracterización de las muestras.

REFERENCIAS.

1. Ardila, A., Arriola, E., Alvarez, W., Hernández, J., & Barrera, R. (2022). Aprovechamiento de residuos de eichhornia crassipes para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales simuladas. Revista Politécnica.
2. Hernández Salazar, A., Sandoval Herazo, L., & Moreno Seceña, J. (2017). Tratamiento de aguas residuales industriales en México: Una aproximación a su situación. Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable, 2, 78-88. doi:2448-5527
3. Leite, A.B., Saucier, C., Lima, E.C., Reis, G.S., Umpierres, G.S., Mello, B.L., Shirmardi, M., Días,
4. L.P.S. Sampaio, C.H. (2018) Activated carbons from avocado seed: optimisation and application for removal of several emerging organic compounds. Environ. Sci. Pollut. Res. 25, 7647–7661.

5. León-Fernández, Vivian; Rieumont-Briones, Jacques; Bordallo-López, Eduardo; Dopico-Ramírez, Daisy; Peña-Sacerio, Enma; Menéndez-Cuesta-Mirabal, Isis. (2013) Obtención y caracterización de la celulosa hidrofóbica mente modificada ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar 47(1), 51-56.
6. Malik, A. (2007). Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth.
7. Environment International, 122-138. doi: https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.08.004 Orozco, S., & Bandala, E. (2020). Tratamientos avanzados para la remoción de contaminantes
8. en agua residual. Delegación Coyoacán: Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria.
9. SEMARNAT. (2007). Anuario Forestal. En Estadísticas de Recursos. México.
10. Tejeda Tovar, C., Acevedo Correa, D., Espinosa Fortich, M., & López Babel, C. (2021). Adsorción de cromo (VI) y mercurio (II) en solución utilizando jacinto (eichhornia crassipes). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 54-65.
11. UNESCO. (2017). Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos de las naciones unidas. Organización de las Naciones Unidas para la Cultura Ciencias y la Educación. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247553_spa
12. Urbina Maldonado, D. F. (2017). Análisis del Aserrin de madera como filtro natural para el tratamiento del agua residual proveniente del camal municipal del cantón baños. Universidad Técnica de Ambato [tesis para optar el grado de ingeniería civil]. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224134

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ARQUITECTURAS DE FUENTES DE CORRIENTE CONTROLADAS POR VOLTAJE: ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE AMPLIFICADORES OPERACIONALES PARA SISTEMAS EIT EN APLICACIONES BIOMÉDICAS

Marcos Gutiérrez López[1], Oscar Toshiko Celedón Cabrera[2], Alejandro Israel Robledo Ayala[3], Luis Gerardo Zamudio Ibarra[4], José Antonio Gutiérrez Gnecchi[5]

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; marcos.gl@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; M18121655@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; D10120963@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; m17121402@morelia.tecnm.mx

5 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; jose.gg3@morelia.tecnm.mx

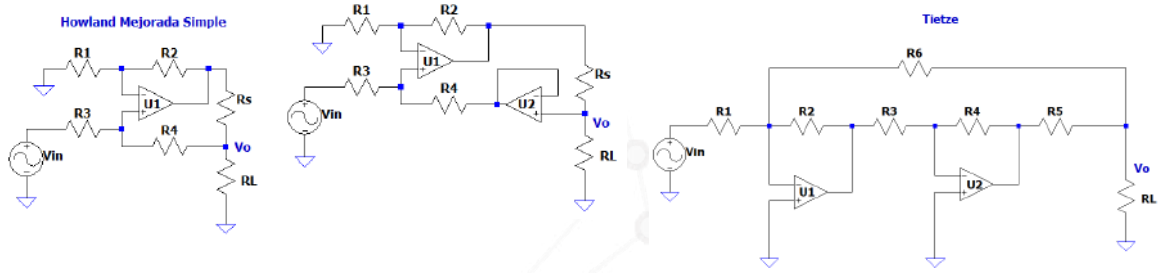
Palabras Clave: VCCS, Howland, Tietze, EIT, Biomédica.

RESUMEN. En aplicaciones biomédicas, la parte fundamental de cualquier sistema de tomografía por impedancia eléctrica (EIT) es la fuente de corriente controlada por voltaje (VCCS) ya que asegura la integridad del paciente al mantener dentro de rangos aceptable por estándares internacionales. Se analizan dos arquitecturas principales: Howland Mejorada (Simple y Dual) y Tietze, comparando su desempeño en términos de precisión, estabilidad y aplicabilidad. La investigación incluye la comparativa amplificadores operacionales como AD8021, NJM2137, ADA4899, AD844, y LMH6612 en la implementación de estas VCCS. Los resultados revelan que la arquitectura Howland Mejorada Simple (HMS), con menos componentes, supera a las configuraciones más complejas en desempeño. De igual manera se sugieren que los amplificadores AD8021 y NJM2137 son capaces de mantener una corriente constante con bajo error (menor a 0.3% a 1 MHz de frecuencia) y excelente planicidad en frecuencias de 1 kHz a 10 MHz (menor al 5% para las resistencias de carga de 100 Ω y 1 kΩ). En contraste, amplificadores como AD844 y ADA4899 muestran mayor error y menor estabilidad, especialmente a frecuencias más altas. La conclusión principal señala que la complejidad del diseño no siempre mejora el desempeño y que la selección de amplificadores adecuados es crucial para aplicaciones biomédicas precisas. Este análisis ofrece una guía práctica para el diseño y selección de VCCS, crucial para mejorar la precisión en sistemas EIT con aplicaciones biomédicas.

INTRODUCCIÓN. Las propiedades de los tejidos biológicos han sido objeto de interés durante más de un siglo debido a su influencia en el flujo de corriente a través del cuerpo, lo cual es crucial para diversas aplicaciones médicas como el diagnóstico y tratamiento de condiciones fisiológicas (electrocardiografía, composición corporal, detección de cáncer de mama, entre otros). Entender estas propiedades eléctricas permite profundizar en los procesos biológicos fundamentales(Miklavčič et al., 2006). La parte crítica en un sistema de Tomografía por Impedancia Eléctrica (TIE) es la fuente de corriente alterna, ya que para alcanzar alta resolución es necesario generar una corriente alterna estable y constante a través de un amplio rango de carga y frecuencia específicos. La corriente es aplicada al

sujeto mediante electrodos conectados al tejido, y se miden voltajes entre diferentes arreglos de electrodos. La magnitud de corriente puede alcanzar hasta 500 μA, con un rango de frecuencias de 100 Hz a 1 MHz y cargas resistivas entre 200Ω y 2 kΩ en aplicaciones médicas (Zanganeh, 2013; (J. Frounchi et al., 2009). El ruido derivado de variaciones espaciales en la aplicación de corrientes o voltajes se reduce cuando se aplican corrientes y se miden voltajes, en lugar de aplicar voltajes y medir corrientes. Una limitación en la precisión de los sistemas EIT es la generación de señales, la cual impacta significativamente en la calidad de la imagen tomográfica. Por lo tanto, se requiere que la fuente de corriente tenga una alta impedancia de salida y mantenga una corriente constante ante cambios de frecuencia (Li et al., 2012). Emplear una fuente de corriente controlable por voltaje tiene la ventaja inherente de controlar la amplitud de la corriente que pasa por el cuerpo, asegurando de esa manera las medidas de seguridad (Morcelles et al., 2017; Mohamadou et al., 2012). El bloque de excitación recibe cuidadosa atención en el diseño, porque es de vital importancia asegurar la precisión de la medición (Behrouzirad et al., 2021).

ANTECEDENTES. Dentro de la literatura se presentan dos principales arquitecturas para la implementación de fuentes de corriente controladas por voltaje (VCCS su acrónimo en inglés); la primera es la Howland y la segunda es la Tietze (Nwokoye & Triantis, 2024; Lam, 2023; Ulrich Tietze et al., 2015) . Ambas incluyen amplificadores operacionales y resistencias para su construcción. En la Fig. 1 se muestran los diseños esquemáticos de las arquitecturas mencionadas.



a) *b)* *c)*

Figura 1.- *Fuentes de corriente controladas por voltaje. a) Howland mejorada simple, b) Howland mejorada dual, c) Tietze.*

La fuente Howland Mejorada Dual (HMD) ofrece en teoría una mayor impedancia a la salida que su versión anterior, la Howland mejorada Simple (HMS), que solo tenía un solo amplificador operacional en su esquema. La VCCS Tietze ha sido citada en algunos trabajos recientes orientados al desarrollo de dispositivos de espectroscopía por impedancia eléctrica (EIS), en los cuales de muestra un correcto funcionamiento y propiedades similares a HMD (Ben Atitallah et al., 2022). Sin embargo, no existe una comparativa que permita realmente explorar el desempeño de esta VCCS con respecto a la Howland y sus variantes.

OBJETIVO. Analizar y comparar el desempeño de las arquitecturas Howland Mejorada (Simple y Dual) y Tietze en términos de precisión, estabilidad y aplicabilidad en sistemas EIT haciendo uso de características como error y planicidad. Evaluar el rendimiento de diferentes amplificadores operacionales (AD8021, NJM2137, ADA4899, AD844, LMH6612)

en la implementación de VCCS y determinar cuáles ofrecen una corriente constante con menor error y mayor estabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. LTSpice es una herramienta de simulación y diseño de circuitos electrónicos conocida por su robustez, velocidad y disponibilidad gratuita. Para validar diseños antes de la implementación física, fueron simuladas las principales arquitecturas para VCCS, implementadas con amplificadores operacionales (OP AMP, siglas en inglés) con las mejores características, disponibles en el mercado. Posteriormente los fueron resultados analizados mediante métodos estadísticos para evaluar el error y la planicidad de la señal de corriente generada. En la Tabla 1 se presentan los OP AMP que fueron seleccionados para esta investigación y sus respectivas especificaciones más significativas para la implementación de VCCS, según la versión más reciente de sus respectivas hojas de datos.

OP AMP modelo	Voltaje de alimentación	Slew Rate	Ancho de Banda	No. de pines
AD844	+/- 5V	2000 V/us	20 MHz	8
AD8021	+/- 5V	110 V/us	190 MHz	8
AD8041	+/- 5V	160V/us	160 MHz	8
AD8051	+/- 5V	145 V/us	110 MHz	8
ADA4899	+/- 5V	310 V/us	600 MHz	8
NJM2137	+/- 5V	45 V/us	200 MHz	8
LMH6612	+/- 5V	460V/us	135 MHz	8

Tabla 1.- *Especificaciones de amplificadores operacionales.*

Los valores de resistencias para producir una corriente de 1 mA en las fuentes de corriente tipo Howland y Tietze fueron seleccionados estratégicamente para cumplir con las ecuaciones de diseño. Una variante en la elección de los valores de las resistencias para la HMS permite seleccionar valores más homogéneos a costa de aumentar el voltaje de entrada en al VCCS para mantener la corriente de salida deseada (ver Tabla 2).

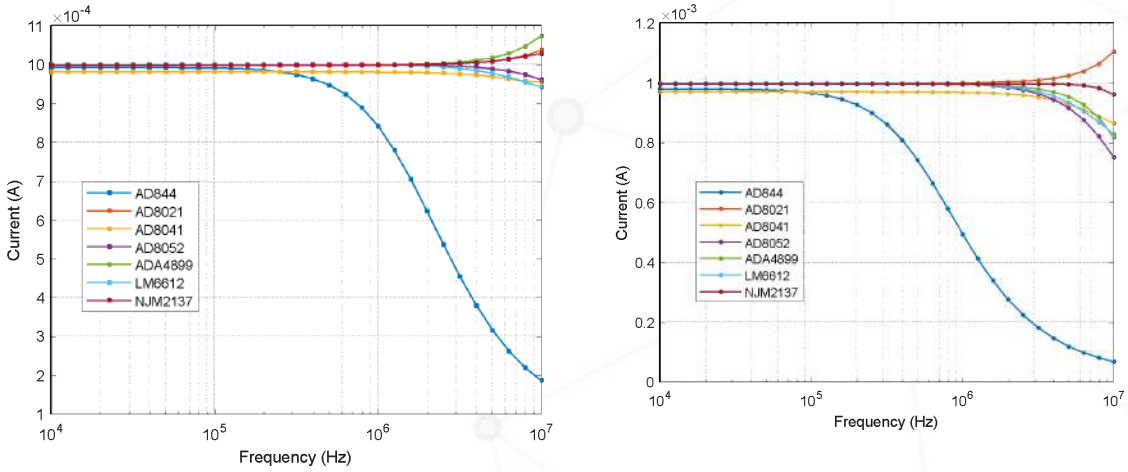
Resistencia	HMS(a)	HMS(b)	HMD	Tietze
R1	10 kΩ	5 kΩ	10 kΩ	10 kΩ
R2	10 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	10 kΩ
R3	10 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	10 kΩ
R4	9 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	10 kΩ
Rs o R5	1 kΩ	10 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R6	-	-	-	9 kΩ

Tabla 2.- *Valores de resistencias para VCCS.*

Dentro del apartado experimental se compararon de manera computacional las tres arquitecturas de VCCS para cada amplificador operacional, contemplando los resultados comparativos obtenidos de las simulaciones realizadas entre las HMS (a,b) y seleccionando la mejor configuración para cada caso. La VCCS HMS destacó por su estabilidad y menor atenuación en cargas máximas. Finalmente, la comparación entre los amplificadores operacionales evaluados con la arquitectura HMS determinó que los mejores fueron el NJM2137 y el AD8021 (ver Fig. 2), ya que presentaron mínima atenuación en cargas superiores a 1 kΩ.

RESULTADOS. En la Tabla 3 presenta el error absoluto ante variación de carga y la planicidad calculada para el rango de frecuencia de interés (Bouchaala et al., 2012).

Un análisis comparativo indica que los OP AMP con mejor desempeño en una arquitectura HMS son el AD8021, NJM2137, AD8041 y AD8052.



a) *b)*

Figura 2.- *Comparativa entre amplificadores operacionales en la arquitectura HMS evaluada con a) resistencia de carga de 1 kΩ y b) resistencia de carga de 4.7 kΩ.*

Op Amp matrícula	Frecuencia de la señal Vin			Resistencia de carga RL		
	100 kHz	1 MHz	10 MHz	100Ω	1kΩ	4.7kΩ
AD844	4.22%	62.78%	17.57%	7.89E-01%	88.99%	94.89%
AD8021	0.05%	0.01%	6.44%	2.00%	3.60%	8.49%
AD8041	1.37%	1.69%	19.84%	6.78%	10.00%	25.26%
AD8052	0.01%	0.95%	46.00%	22.87 %	33.38%	68.86%
ADA4899	0.27%	1.05%	65.24%	3.55%	1.56%	61.43%
LMH6612	0.01%	0.53%	26.54%	12.06 %	16.94%	38.60%
NJM2137	0.11%	0.28%	21.43%	2.84%	6.00%	24.16%

Tabla 3.- *Porcentaje de error al variar RL (100Ω,1kΩ y 4.7kΩ) y planicidad de la corriente de salida en el rango de frecuencias de 1 kHz a 10 MHz.*

CONCLUSIONES. El diseño de una fuente de corriente controlada por voltaje (VCCS) para sistemas de EIT con aplicaciones biomédicas no es algo trivial y requiere una evaluación cuidadosa de las arquitecturas y sus componentes. No siempre una mayor complejidad asegura mejores resultados, como lo muestra el desempeño superior de la VCCS HMS, que con menos componentes supera a otras alternativas. Los modelos NJM2137 y AD8021 mostraron los mejores resultados por su estabilidad, baja distorsión y precisión, a pesar de no tener los mayores valores en ancho de banda o slew rate. En contraste, amplificadores como el ADA4899, AD844 y LMH6612, por su diseño para aplicaciones alta velocidad, no son tan adecuados para mantener la precisión en estas aplicaciones. La precisión de la VCCS se ve influenciada por el desbalance en la retroalimentación, la ganancia limitada del lazo abierto y el ancho de banda reducido, lo que subraya la importancia de seleccionar amplificadores equilibrados que puedan operar en rangos de frecuencia adecuados para distinguir entre tejidos biológicos, principalmente entre el tejido cancerígeno y el sano.

REFERENCIAS.

1. Behrouzirad, A., Sugrue, P., Todorovic, M., McCarthy, K. G., & Galvin, P. (2021). Analysis and Application of a Buffered Feedback Path Improved Howland Current Source in BioImpedance Measurements. 2021 32nd Irish Signals and Systems Conference (ISSC), 1–6. https://doi.org/10.1109/ISSC52156.2021.9467881
2. Ben Atitallah, B., Kallel, A. Y., Bouchaala, D., Derbel, N., & Kanoun, O. (2022). Comparative Study of Measurement Methods for Embedded Bioimpedance Spectroscopy Systems. Sensors, 22(15), 5801. https://doi.org/10.3390/s22155801
3. Bouchaala, D., Shi, Q., Chen, X., Kanoun, O., & Derbel, N. (2012). Comparative study of voltage controlled current sources for biompedance measurements. International Multi-Conference on Systems, Sygnals & Devices, 1–6. https://doi.org/10.1109/SSD.2012.6198108
4. J. Frounchi, F. Dehkhoda, & M. H. Zarifi. (2009). A Low-Distortion Wideband Integrated Current Source for Tomography Applications. European Journal of Scientific Research, 27(1), 56–65.
5. Lam, I. V. (2023). Analysis of Improved Howland Current Pump Configurations. www.ti.com
6. Li, X., Dong, F., & Fu, Y. (2012). Analysis of constant-current characteristics for current sources. 2012 24th Chinese Control and Decision Conference (CCDC), 2607–2612. https://doi.org/10.1109/CCDC.2012.6244414
7. Miklavčič, D., Pavšelj, N., & Hart, F. X. (2006). Electric Properties of Tissues. In Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering. Wiley. https://doi.org/10.1002/9780471740360.ebs0403
8. Mohamadou, Y., Oh, T. I., Wi, H., Sohal, H., Farooq, A., Woo, E. J., & McEwan, A. L. (2012). Performance evaluation of wideband bio-impedance spectroscopy using constant voltage source and constant current source. Measurement Science and Technology, 23(10), 105703. https://doi.org/10.1088/0957-0233/23/10/105703
9. Morcelles, K. F., Sirtoli, V. G., Bertemes-Filho, P., & Vincence, V. C. (2017). Howland current source for high impedance load applications. Review of Scientific Instruments, 88(11). https://doi.org/10.1063/1.5005330
10. Nwokoye, I. I., & Triantis, I. F. (2024). A 3 MHz Low-Error Adaptive Howland Current Source for High-Frequency Bioimpedance Applications. Sensors, 24(13), 4357. https://doi.org/10.3390/s24134357
11. Ulrich Tietze, Christoph Schenk, & Eberhard Gamm. (2015). Electronic circuits: handbook for design and application. Springer.
12. Zanganeh, M. (2013). A new high output impedance wideband AC current source with high current swing authority for electrical impedance tomography applications. International Journal of Computing and Network Technology, 1(3), 205–213. https://doi.org/10.12785/ijcnt/010305

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224135

EVALUACIÓN MECÁNICA DE UNIONES DE MADERA PARA ESTRUCTURAS EN EDIFICACIONES HISTÓRICAS

María Alejandra López Vivanco[1], Mayra Irery Carrillo Gómez[2], Raúl Espinoza Herrera[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1208767k@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 9506397x@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; raul.espinoza@umich.mx

Palabras Clave: Construcción, ensambles, patrimonio histórico, restauración, vigas.

RESUMEN. Desde la antigüedad la madera ha sido utilizada como material de construcción estructural, reconociendo intuitivamente sus cualidades mecánicas. Se ha utilizado por su resistencia, ligereza y fácil acceso, siendo uno de los factores de mayor importancia para el diseño y construcción de estructuras duraderas. Las edificaciones históricas catalogadas como patrimonio, son construcciones que se realizaron entre los siglos XVI-XVIII, siendo parte de la memoria colectiva, identidad y cosmovisión. De acuerdo al Instituto Nacional de Antropología e Historia (I.N.A.H.) se tiene un registro de 86,698 inmuebles en México con esta catalogación. La madera al ser un material de origen biológico, es susceptible a la degradación, principalmente por el agua, hongos y animales. Uno de los documentos que resalta la importancia de la conservación del patrimonio construido en madera, es el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS). El cual nos sugiere apegarnos a técnicas constructivas originales que no alteren el valor y el aspecto de la obra. El presente trabajo forma parte del desarrollo de la investigación del posible uso de ensambles de madera en viguería antigua. El objetivo de la investigación es proponer una alternativa de restauración en vigas; clasificándolas por la ubicación del daño (extremos, centro del vano o apoyo central). Para ello, se implementarán técnicas tradicionales de carpintería como las uniones mediante ensambles de madera.

INTRODUCCIÓN. La madera que se destinaba a la construcción de edificaciones históricas, provenía principalmente del duramen, que es la parte central y más vieja del tronco del árbol, caracterizada por su alta resistencia al ataque de hongos e insectos. Sin embargo, a pesar de ello, la madera por ser de origen biológico es susceptible al deterioro, desde la acción de microorganismos como hongos y bacterias hasta la exposición a condiciones climáticas severas. Por lo que, es importante desarrollar métodos de restauración en madera que permitan prolongar la resistencia mecánica de la madera en las estructuras. La madera es un material anisotrópico, que es una propiedad que varea de acuerdo a la dirección en la cual se evalué. Además, la madera es higroscópica, ya que tiende a ganar o perder humedad dependiendo del ambiente en el que se encuentre; suele presentar hinchamiento y contracción, lo que ocasiona deformaciones en esta. Asimismo, es necesario conocer la densidad de la madera ya que se relaciona con su resistencia (Senalik *et. al*. 2021). De los 86,698 inmuebles inmuebles catalogados como monumentos históricos, 1,089 bienes se encuentran ubicados en el estado de Michoacán (INAH, 2024).
El ICOMOS como organismo internacional, define al patrimonio construido en madera como “todos los tipos de edificios y estructuras de madera que tienen significado cultural o

son parte de lugares históricos, e incluye estructuras temporales, móviles y evolutivas" (ICOMOS, 2017). Sin embargo, la conservación de este patrimonio enfrenta diversos desafíos, entre los cuales la urbanización y el desarrollo moderno pueden representar uno de los más significativos, otros de los agentes son el agua, los hongos y los animales, principalmente los insectos, provocando una pérdida de resistencia gradual que inminentemente lleva al colapso si no se interviene oportunamente.



Figura 1. *Ensamble Rayo de Júpiter.*

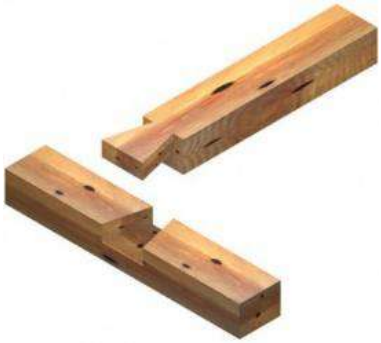


Figura 2. *Ensamble cola de milano.*

Por lo que, se pretende utilizar el método de ensamblaje como una técnica para el remplazo de fragmentos en deterioro. Sin embargo, existe un gran número de ensambles, pero se ha tomado la decisión de utilizar el ensamble rayo de Júpiter (Fig. 1) y cola de milano (Fig. 2) por ser ensambles que cuentan con la mayor cantidad de referencias en cuanto a su gran resistencia a la flexión estática y cizallamiento (AITIM, 2003). Como primera etapa de esta investigación, los ensayos mecánicos se llevarán a cabo con madera sana, esto con el fin de conocer en un inicio el comportamiento mecánico de los ensambles. La madera se encuentra en constante deterioro y riesgo, por el simple hecho de habitar un espacio. Por ello, se pretende desarrollar una técnica que sea de rápida ejecución en obra, y no presente limitaciones en cuanto al acceso de la pieza de madera a reparar, como lo es la altura, la dimensión de la pieza de madera y las condiciones de la atmosfera en la que se esté trabajando.

ANTECEDENTES. Moon y An (2024), analizaron el Santuario de Sungryeoljeon en Namhansanseong, Corea del Sur. Monitoreando el desplazamiento de puntos clave antes y después de la reparación de la estructura de madera. Se utilizó un escáner 3D para identificar cambios, especialmente en las columnas, los componentes estructurales más grandes. Viera et. al. (2024), realizaron pruebas físico-mecánicas de madera, para

garantizar la seguridad de las estructuras. Se utilizaron probetas de pino de Ecuador. Para realizar los ensayos en base a la norma ASTM-D198, se utilizó una maquina universal con capacidad máxima de 100 ton, midiendo la deformación con un transductor de desplazamiento lineal variable (LVDT). Además, reportaron el contenido de humedad, densidad, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y módulo de rotura. Zhang et. al. (2024), reportaron el uso de un pasador elaborado a base de madera de Pinus spp. alcanforado para la rehabilitación de uniones entre columnas y vigas utilizadas en el salón Daxiong del templo Xingguo, en la provincia de Henan en China. Lulzim et al. (2022), mencionaron la necesidad de llevar a cabo una inspección para identificar la causa, tipo, grado y alcance del daño, el cual puede ser causado por factores microbiológicos y ambientales. Las intervenciones se dividieron en dos categorías, la primera es la reparación, que consiste en restaurar la capacidad portante de los elementos estructurales; la segunda, son los refuerzos, los cuales aumentan la capacidad de carga en respuesta al deterioro general o cambios en el uso del edificio. Reportan la existencia de varios métodos para la reparación de estructuras de madera, como remoción y reposición, eliminación y sustitución de elementos dañados; adicionando elementos para reforzar la estructura. Jiang y Sol (2022), durante esta investigación analizaron tres métodos de reparación en roturas comunes en vigas de madera. Se probaron y simularon numéricamente cuatro vigas de madera sin daños iniciales y seis vigas reparadas en un marco de madera plano, evaluando los fenómenos de ensayo, la capacidad portante y la rigidez de todas las vigas. Carrillo y Raya (2020), realizaron una inspección de vigas de madera mediante el uso de métodos no destructivos para la identificación de patologías en la estructura de la antigua sede INAH, Michoacán, utilizando la transmisión de ondas ultrasónicas, como método para la inspección y evaluación in situ. Gómez et. al. (2014), ejecutaron una investigación sobre el comportamiento de la estructura de madera, utilizada en la Estancia Jesuita de Santa Catalina, Córdoba, España; resaltando la necesidad conocer sus propiedades físico-mecánicas como la densidad, modulo de elasticidad, resistencia a cortante mediante un análisis de cargas, para conocer el deterioro de la madera; posterior con los datos obtenidos se calculó la deformabilidad de la estructura con el software Strap, concluyendo que el edificio se ha comportado satisfactoriamente, considerando una vejez de 360 años.

OBJETIVO. Conocer las propiedades mecánicas que los ensambles contribuyen, para devolver la resistencia portante en estructuras históricas elaboradas a base de madera.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Elaboración de probetas ensambles tipo rayo de Júpiter y cola de milano, obtenidas a partir de madera de Pinus spp. Realizar pruebas de resistencia que ayuden a conocer las propiedades mecánicas de los ensambles elaborados.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material de estudio. A partir de madera de Pinus spp. Estufada (Fig. 3) de segunda calidad para simular el estado y propiedades de una estructura de madera en uso.



Figura 3. *Material de estudio.*



Figura 4. *Probetas de madera.*



Figura 5. *Maquina universal Shimadzu ®.*

Se elaborarán probetas de la madera obtenida (Fig. 4), seguido se llevaran a cabo dos pruebas mecánicas, que serán evaluadas en una maquina universal Shimadzu ® (Fig. 5). La primera prueba, consiste en un ensayo mecánico sobre flexión estática, la muestra se coloca sobre dos apoyos que están separados a una distancia determinada, los apoyos están diseñados para permitir que la muestra se deforme sin restricciones más allá de la flexión; se aplica una carga continua en el centro de la probeta, la máquina Shimadzu, en este caso, mide la fuerza aplicada con alta precisión y la relaciona con la deformación; el sistema registra los datos de carga y desplazamiento, produciendo una curva de fuerza-deformación que permite analizar cómo responde el material a las fuerzas de flexión, y así poder conocer la resistencia a la flexión máxima, el módulo de elasticidad y rotura, esfuerzo al límite de proporcionalidad. La segunda prueba, es un ensayo sobre cizallamiento; la probeta se coloca entre dos apoyos diseñados para aplicar cargas cortantes; la máquina universal aplica una carga generando fuerzas opuestas. Esto induce un esfuerzo cortante en la sección del material; a medida que se aplica la carga, la máquina Shimadzu mide con precisión la fuerza necesaria para iniciar el deslizamiento o el fallo por cizallamiento.

RESULTADOS. Las pruebas mecánicas demostrarán cuales serán los ensambles de madera más adecuados para la conservación estructural de inmuebles históricos. Proporcionando una base científica sólida para su posible aplicación en la restauración.

REFERENCIAS.

1. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera. (2015). Uniones tradicionales de carpintería de armar. Área técnica AITIM, 3.
2. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera. (s.f.). Uniones tradicionales de carpintería de armar.

3. ASTM-D198. (2015). Standard Test Methods of Static Tests of Lumber in Structural Sizes. Obtenido de https://doi.org/10.1520/D0198-15
4. Carrillo Gómez, M. I., & Raya González, D. (2020). Inspección de vigas de madera en uso del género Pinus por medio de métodos no destructivos. Foro de Ingeniería e Investigación en Materiales, 12.
5. Gómez, J. L., Fernández, S. M., & Papalardo, L. (2014). Comportamiento de las estructuras de madera construidas en la Estancia Jesuítica de Santa Catalina en el siglo XVII. ALCONPAT, 11.
6. ICOMOS. (2017). Principios para la conservación del patrimonio construido en madera. 19° Asamblea General de ICOMOS (pág. 6). India : Doctrinal Texts.
7. Idrizi, L., Jashari, B., & Sejdiu, R. (2022). Wood Estructures Repair. Asociacion Macedónica de Ingenieros Estructurales, (pág. 11). Macedonia.
8. INAH. (2024).
9. International Association of Wood Anatomists at the Nationaal Herbarium: The Netherlands. (2004). IAWA List of Microscopic Features. IAWA Journal, 70.
10. Jiang, Y., & Sun, Q. (2022). Experimental and Numerical Studies on Repaired Wooden Beam of Traditional Buildings in Huizhou Region, China. MDPI: Buildings, 22.
11. Moon, S. H., & An, D. W. (2024). Measuring Displacement before and after Repair on Korean Wooden Built Heritage: Records for Authenticity and Sustainability. MDPI: Sustainability, 20.
12. Senalik, A. C., & Farber, B. (2021). Mechanical Properties of Wood. En U. S. Agriculture, Wood Handbook: Wood as an engineering material (págs. 5.1-5.44). United State of America: Centennial.
13. Viera Arroba, L. P., Maliza Castro, E. J., & D., M. E. (2024). Caracterización mecánica de vigas de madera laminada encolada (MLE) de pino producido en Ecuador. Revista científica de Arquitectura y Urbanismo, 81-88.
14. Zhang, H., Gao, W., & Wang, Y. T. (2024). A Wooden Pin Reinforcement of Ancient Chinese Wooden. Advances in Civil Engineering, 17.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224136

FABRICACIÓN DE UN ACERO AVANZADO DE ALTA RESISTENCIA DE 3ra GENERACIÓN PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

A.J. Bocanegra-Hueramo[1], P. Garnica-González[1], Y. Solana-Reyes[1], J.S. Pacheco-Cedeño[2]

1 División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Morelia, Avenida Tecnológico 1500, 58120 Morelia, Michoacán, México.

2 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Escuela Superior de Ciudad Sahagún-Ingeniería Mecánica, Carretera Cd. Sahagún-Otumba s/n, Ciudad Sahagún, Hidalgo, México

Palabras Clave: AHSS, Medio Mn.

RESUMEN. En la actualidad el incremento en la demanda de vehículos ha generado la necesidad de fabricar materiales con mejores propiedades mecánicas que los utilizados de manera convencional en la industria automotriz. Los aceros avanzados de alta resistencia (AHSS) se clasifican en 3 generaciones, en los últimos 10 años se ha investigado la tercera generación ya que presentan un mejor comportamiento mecánico comparado con la primera generación y más económicos contrastados con la segunda generación. Los aceros de medio contenido de Mn pertenecen a la 3ra generación, su fabricación y caracterización es un tanto compleja ya que presenta distintos factores que afectan directa e indirectamente en su microestructura, por ello se ha estado trabajando con distintas rutas de fabricación. En el presente trabajo se fabricó un acero con medio contenido de Mn en un horno de inducción al vacío, con dos rutas de tratamiento termomecánico: una con laminación en caliente a 1200°C , mientras que la segunda ruta consta de una laminación en caliente 1200°C, seguida de una laminación en tibio a 680°C. Las propiedades alcanzadas fueron una resistencia de 1111MPa y un 17% de alargamiento y una resistencia de 1357MPa y un 35% de alargamiento, para la ruta 1 y 2, respectivamente. El análisis muestra que las diferencias se deben a cambios microestructura y porcentaje de fases presentes.

INTRODUCCIÓN. El uso de los aceros avanzados dentro de la industria automotriz se ha incrementado con el paso del tiempo, por lo que se ha visto en la necesidad de fabricar nuevos aceros que proporcionen mejores propiedades mecánicas además de reducir significativamente el peso de las carrocerías sin comprometer la seguridad de los pasajeros. Al reducir el peso de los automóviles se reduce el consumo de combustible, lo cual contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero [1-4]. En el mismo sentido es necesario que al incrementar la resistencia de los aceros la ductilidad no se vea reducida de tal forma que permita el conformado de piezas complejas. Los materiales que presentan dichas propiedades pertenecen a un grupo conocido como aceros avanzados de alta resistencia (AHSS). Dentro del grupo de los AHSS se tienen tres generaciones [5-7]. La primera generación corresponde a materiales compuestos principalmente de una matriz ferrítica, que proporciona ductilidad, con cantidades variables de otras fases como martensita, bainita y austenita retenida que suministran resistencia y ductilidad. La primera generación está compuesta por los aceros doble fase (DP), aceros de plasticidad inducida por transformación (TRIP), los aceros de fase compleja (CP) y los aceros martensíticos

(MS). La segunda generación se desarrolló para obtener mejoras en la ductilidad y por eso están compuestos principalmente de austenita. El componente que favorece la resistencia y ductilidad en estos aceros es el maclaje, mecanismo que se presenta en los aceros inoxidables austeníticos. Estos aceros tienen un costo de fabricación elevado debido a la complejidad de fabricación y a los elementos aleantes que se tienen que agregar. La segunda generación está compuesta por los aceros de plasticidad inducida por maclaje (TWIP) [5]. Finalmente, la tercera generación se desarrolló para mantener los niveles de resistencia y ductilidad de los aceros de 2da generación, pero a un costo accesible. Estos aceros están compuestos de austenita y austenita retenida en una matriz bainítica o martensítica, con algunas cantidades de ferrita. Los aceros Q&P y aceros medio Mn, pertenecen a esta generación y estos últimos se encuentran aún en investigación. Los aceros medio Mn son materiales que tienen entre 3-12% de Mn junto con cantidades variables de silicio, aluminio y otros microaleantes. Presentan mejores propiedades mecánicas de resistencia a la tensión y porcentaje de alargamiento en comparación con los aceros de primera generación, además de una disminución de costos de fabricación en comparación con un acero de segunda generación. Se han logrado resistencias de más de 1200 MPa con alargamientos mayores al 30% [6]. Presentan una alta tasa de endurecimiento por deformación relacionada por la combinación de los efectos TWIP y TRIP. El tamaño de grano, la estabilidad y el valor de la energía de falla de apilamiento (SFE) de la austenita son considerados parámetros críticos del endurecimiento por deformación. La estabilidad de la austenita se logra por la forma en que se distribuyen los elementos durante el recocido intercrítico, el Mn y el C se disuelven la fase austenítica mientras que el Al y Si se difunden la fase ferritica.

MATERIALES Y MÉTODOS. La fabricación del acero se llevó a cabo en un horno de inducción al vació utilizando como material base un acero 1018, adicionando manganeso electrolítico, ferro-silicio ($FeSi_{0.7}$), y aluminio (Al). Obteniendo un acero con la siguiente química; 10.7%Mn, 0.18%C, 1.83%Si, 1.7%Al. Seguido con un proceso termomecánico el cual constó de una laminación en caliente a 1200 °C (Ruta1, Fig.1a). Una sección del material laminado en caliente se le adiciono una laminación en tibio a 680°C (Ruta 2 Fig.1b), ambas condiciones fueron un enfriamiento al aire. Finalizando con un recocido intercrítico a 700 °C por 7200 seg, con enfriamiento al aire en la Fig. 1 se aprecia gráficamente las dos rutas de procesamiento. Se realizó la preparación metalografíca con papel abrasivo de distintas granulometrias desde la 80 a 2000, para posteriormete realizar el pulido con pasta de diamante de 1 um hasta llegar al acabado espejo. El ataque quimico se realizó en caliente a 60°C por un tiempo de 15 minutos en una solucion, de agua destilada con NaHO al 25% y ácido pícrico al 2%, posteriormente se realizó tambien ataque con nital al 3%.

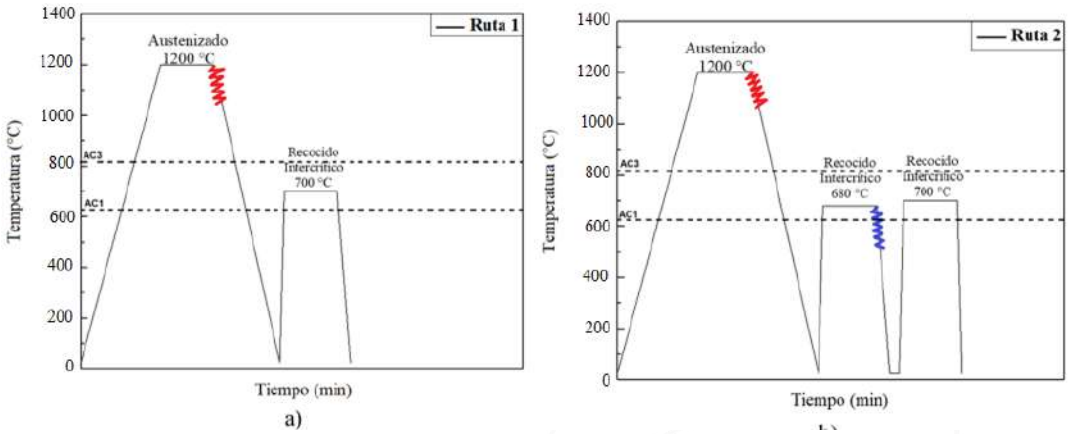


Fig. 1 *Representación gráfica de las rutas de tratamiento: a) Ruta 1. b) Ruta 2.*

RESULTADOS.

Caracterización microestructural. En la Fig. 2a, correspondiente a la ruta 1 se observa una microestructura más homogénea de morfología acicular siendo una mezcla de las fases ferrita (α) y austenita (γ). Por otro lado, la Fig. 2c correspondiente a la ruta 1 deformada muestra la fase α altamente deformada y la transformación de γ a martensita (α´) correspondiente al efecto TRIP. En la Fig. 2b, se expone la ruta 2 dende se aprecia que los granos tienen una morfología acicular y globular ambas están compuestas por la combinación de α y γ. Mientras que para la ruta 2 con deformación se aprecia una microestructura compuesta por la fase α y α´debido a la presencia del efecto TRIP, en la Fig. 2d muestra la fotomicrografía correspondiente.

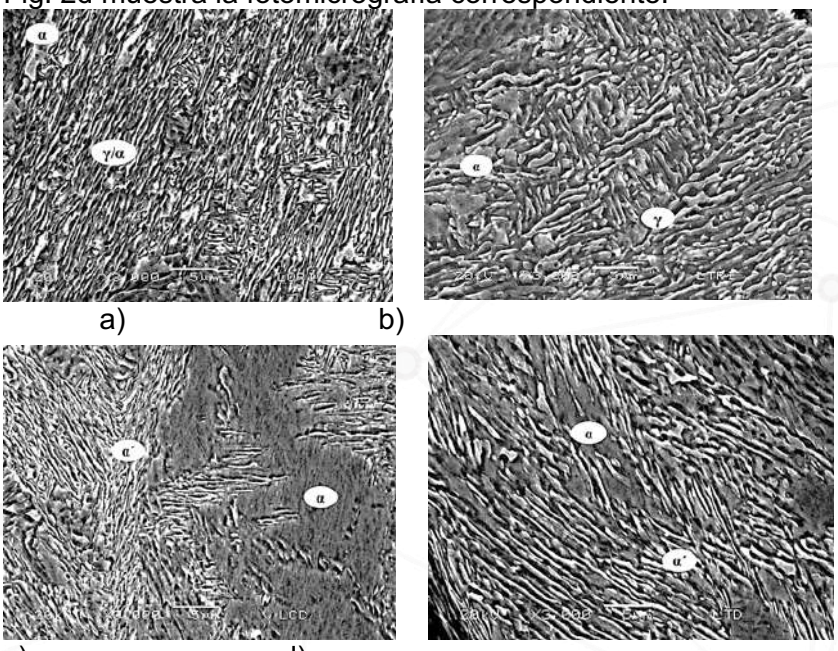


Fig. 2 *Evolución microestructural del acero para la ruta 1 y 2 : a) Ruta 1. b) Ruta 2. c) Ruta 1 deformada. d) Ruta 2 deformada.*

Ensayo de tensión. De acuerdo con el análisis de las pruebas de tensión de estos materiales se observa un mayor porcentaje de deformación en la ruta 2 (Fig. 3), donde el alargamiento es 35 %, mientras que para la ruta 1 es de 15 %. Respecto a la resistencia máxima se obtuvieron valores de 1357 y 1111 MPa, respectivamente. Es clara la ventaja de aplicar un tratamiento termomecánico intermedio, como es la laminación en tibio, ya que se logra una mayor resistencia con una ductilidad mejorada, aunque esto implique una mayor inversión en tiempo y costo. En la figura 29 se muestran los resultados obtenidos, tomando en cuenta que se realizaron 3 pruebas por ruta se presentan una representativa.

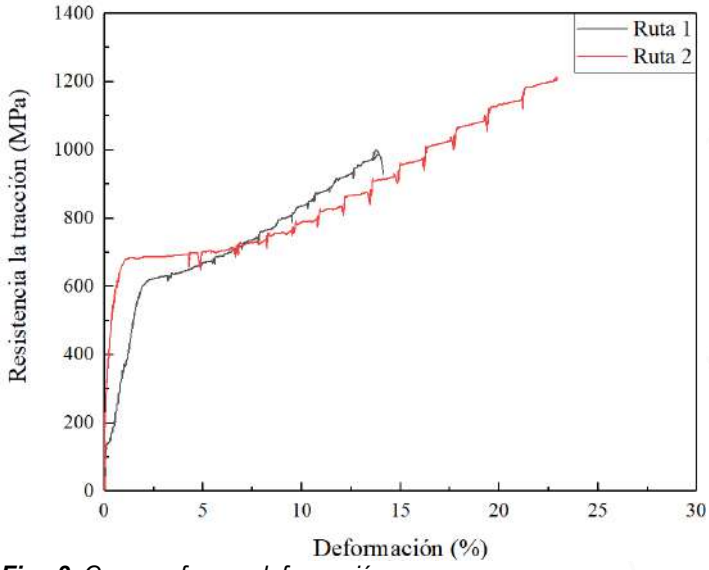


***Fig. 3**. Curva esfuerzo-deformación.*

CONCLUSIONES. Se llevaron a cabo dos rutas de tratamiento termomecanica para fabricar un acero AHSS de 3ra generación con medio contendió de Mn, llegándose a las siguiente conlución. El cambio de ruta muetas un cabio en la forfologia del grano sinto este uno de los principales un notivo para la difrerencia de los cambio de resitencia y porcentaje de drformación.

REFERENCIAS.

1. Keeler, S., & Kimchi, M. (2014). Advanced high strength steels Application Guidelines, version 5, world auto steel. World Steel Association, Brussels.
2. Matlock, D. K., Speer, J. G., De Moor, E., & Gibbs, P. J. (2012). Recent developments in advanced high strength sheet steels for automotive applications: an overview. Jestech, 15(1), 1-12.
3. K. O. C. K. De Cooman BC, «tate-of-the-knowledge on TWIP steel. Mater Sci Technol.,» nº 513-527, 2012.
4. M. K. Stuart Keeler, «Advance High Strength Steels Application Guidelines Version 6.0.,» 2017.
5. Taub, A., De Moor, E., Luo, A., Matlock, D. K., Speer, J. G., & Vaidya, U. (2019). Materials for automotive lightweighting. Annual Review of Materials Research, 49(1).
6. What are 3rd Gen AHSS? - AHSS Guidelines (ahssinsights.org), https://ahssinsights.org/metallurgy/steel-grades/3rd-generation-steels/,consultado 3070672022.
7. Galán, J., Samek, L., Verleysen, P., Verbeken, K., & Houbaert, Y. (2012). Advanced high strength steels for automotive industry. Revista de metalurgia, 48(2), 118.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224137

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RÉPLICAS DE CARBONO PARA EL ESTUDIO DE NANOPARTÍCULAS POR MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE TRANSMISIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN

Paulina López Eligio, Orlando Hernández, Pedro Garnica González, Octavio Vázquez Gómez

Palabras Clave: Partículas, replica de carbono, microscopia.

RESUMEN. El objetivo principal de este trabajo es estudiar los parámetros óptimos de voltaje, corriente y tiempo para desarrollar una película delgada de carbono cercana a 100 nm que recolecte partículas nanométricas correspondientes a carburos de aleación de un acero para su correspondiente estudio en microscopia electrónica de transmisión (TEM). Este método es una alternativa para la preparación de muestras de TEM, como lo es la técnica de thin foil. El principio de esta técnica se basa en la extracción de partículas de la superficie de una muestra demasiado gruesa. Las partículas se atrapan en una película de carbono para separarlas de la muestra, que a continuación se disuelve químicamente. La réplica resultante ofrece una imagen de topografía invertida. Esta técnica se realiza mediante una combinación de reacciones físicas y químicas: el primer paso incluye una preparación metalográfica (desbaste - pulido), seguida de un ataque químico. En la segunda etapa se utilizó un evaporador de grafito de alto vacío para realizar la deposición de la película de carbono. Los parámetros utilizados para obtener el espesor de la réplica fueron, un vacío de 5x10-2 torr y un amperaje de 40 A, la deposición se realizó por 20 segundos para obtener un espesor de 100-200nm. El análisis microestructural fue por microscopia electrónica de barrido para caracterizar el espesor de las réplicas con diferentes tiempos y se utilizó la técnica de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo para evidenciar la presencia de partículas nanométricas, finalmente se demostró la veracidad de la técnica con la obtención de imágenes de campo obscuro con detector anular de gran ángulo en alta resolución (HR-HAADF) en donde se muestra la presencia de partículas de carburos de aleación .

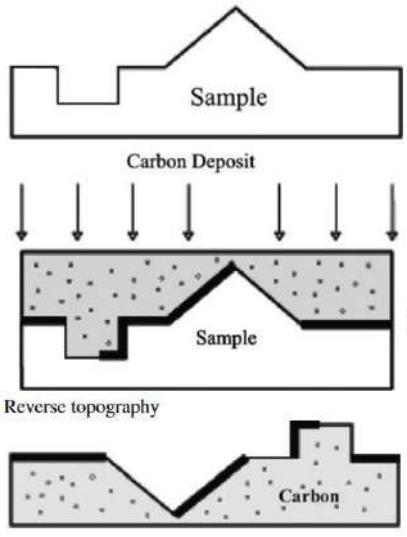
INTRODUCCIÓN.

Replica de Carbono. El principio de esta técnica se basa en la extracción de partículas de la superficie de una muestra demasiado gruesa para ser observada directamente en TEM. Las partículas se atrapan en una película de carbono o polímero para separarlas del sustrato, que a continuación se disuelve químicamente. La réplica resultante ofrece una imagen de topografía invertida. Esta técnica se realiza mediante una combinación de reacciones físicas y químicas: el primer paso incluye una serie de acciones físicas que implican la deposición de metales a baja incidencia, seguida de la deposición de una película de carbono. segunda etapa utiliza una reacción química para disolver la muestra.
Esta técnica se realiza en materiales a granel de gran tamaño y en materiales sensibles al haz de electrones, como algunos polímeros. Es indispensable para investigar materiales radiactivos, pero no se aplica a materiales químicamente inertes.

ANTECEDENTES. El estudio de la topografía superficial de las muestras ha sido estudiado desde los años 40´s por medio de la técnica de replica de carbono, que a finales de 1960 tomo un giro hacia el estudio de extracción de precipitados [1], [2]. Algunos autores mencionan el uso de esta técnica ideal para la medición de tamaño de grano en aceros de alta resistencia [3]sin embargo, el análisis de nanopartículas causantes de cambios en propiedades mecánicas [4] en aceros no ha sido posible por medio de microscopia electrónica de barrido, y la única alternativa es hacerlo por medio de microscopia electrónica de transmisión. Las muestras se preparaban por medio de una técnica que consistía en adelgazar la muestra hasta 100 nm. Debido al tiempo de preparación y al uso de equipos para llegar a esos espesores, el uso de la técnica de réplica de carbono ha tenido un auge en el análisis de precipitados finos causantes del endurecimiento por precipitación [5], [6], [7], [8]. Rainforth y colaboradores realizaron un estudio utilizando replica de carbono para la extracción de nanopartículas de NbC de diámetros de 15 a 20 nm en aceros austeníticos [8]. Otros estudios utilizaron esta técnica para el estudio de carburos del tipo MC y M23C6 en aceros ferríticos revenidos, y encontraron particulas de vanadio del tamaño menores a 100 nm [9], [10].

OBJETIVO. Caracterizar y evaluar el desarrollo de réplicas de carbono para el análisis de nanopartículas de vanadio provenientes de aceros avanzado de alta resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS. Esta técnica permite recolectar los carburos de aleación encontrados en el acero DP ya que crea una réplica de la topografía del acero. El equipo utilizado para obtener la replica de carbono fue un evaporador de grafito de alto vacio Dentom Vacum Desk V. El procedimiento se basó en los siguientes pasos:



El acero DP fue preparado metalográficamente (desbaste - pulido) y el ataque quimico fue en picral. La superficie expuesta debe estar completamente limpia.

Una vez colocada la muestra dentro del evaporador se requiere un vacio de 5x10-2 torr y un amperaje de 40 A, la deposición se realiza por 20 segundos para obtener un espesor de 100-200nm.

La muestra se extrajo del evaporador y sobre la superficie depositada se realizó un rayado con cutter en forma cuadricular, para la separación de la réplica y el acero se disolvió la superficie metálica en contacto con la réplica mediante nital al 13% Cuando la superficie fue
completamente disuelta la réplica serecupera tras varios enjuagues con agua destilada.

Figura 1. *Metodología de la preparación de réplica de carbono. Esquema [11]*

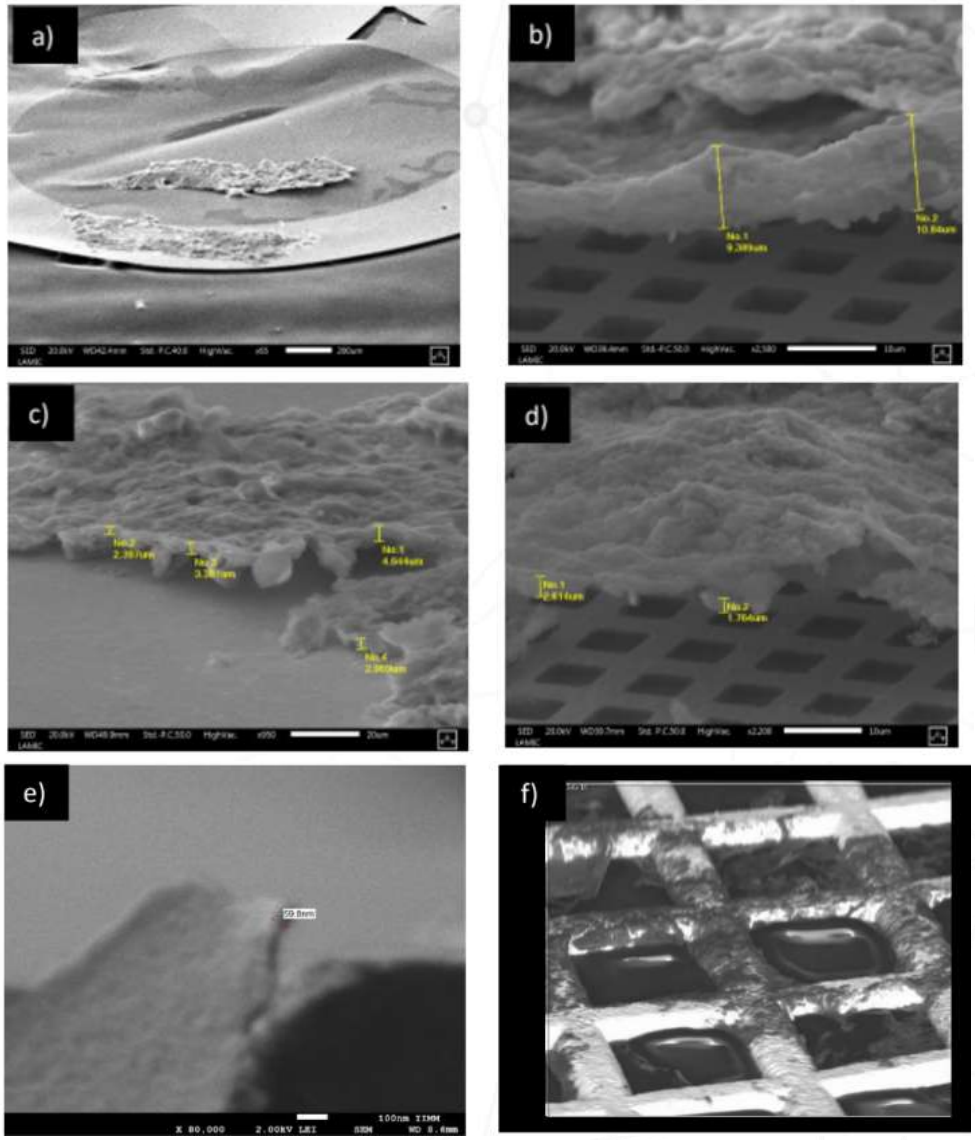


Figura 2. *Espesor de la réplica de carbono en función del tiempo de deposición micrografías tomadas por MEB.*

En función del tiempo de deposición las réplicas de carbono fueron gruesas con tamaños de hasta 10 µm por tiempos de 60, 40, 30 y 20 segundos (Figura 2) conforme bajó el tiempo la réplica obtuvo menores tamaños, el tiempo definitivo para espesores menores a 0.5µm fue de 20, como se muestra en la siguiente figura junto con un microanálisis por EDS para corroborar la presencia de elementos de aleación V-Mo (Figura 3).

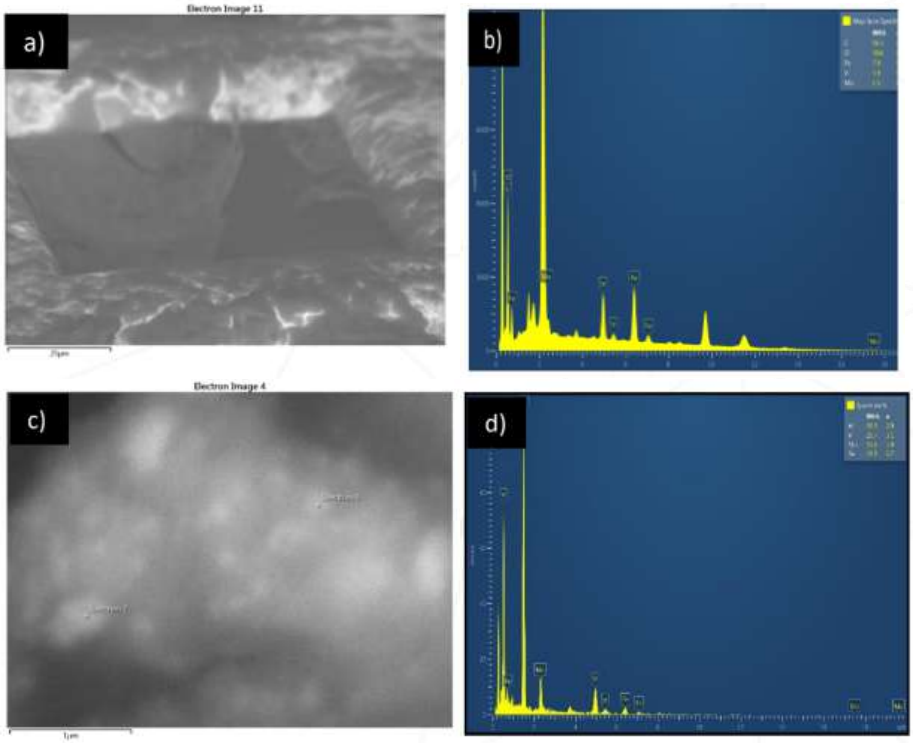


Figura 3. *a) Réplica de carbono con 20 segundos de deposición b) EDS de la réplica 20 segundos.*

Finalmente, en la figura 3 se observa la caracterización por campo obscuro con detector anular de gran ángulo en alta resolución (HR-HAADF). En donde es posible apreciar la presencia de precipitados dentro de la réplica de carbono lo que confirma el uso de esta técnica para la caracterización de estas nanopartículas.

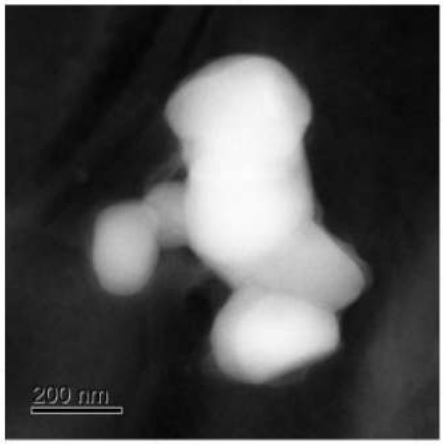


Figura 4. *Aglomerado de nanopartículas extraídas por la réplica de carbono*

CONCLUSIONES. La técnica de réplica de carbono resultó ser una excelente opción para el análisis de partículas de aleación, los parámetros utilizados fueron: corriente de 40 a, tiempo de deposición de 20 segundos, tiempo de ataque en nital al 13% 20 minutos y vacío de 5x10- 2 torr .se lograron espesores de hasta 59 nm. Se identificaron partículas de

elementos de aleación v-mo con análisis por eds (meb) en réplicas de carbono del acero dp revenido y se apreció la morfología a través de emisión de campo

REFERENCIAS.

9. Committee E-4, Symposium on Techniques for Electron Metallography. ASTM International100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, 1954. doi: 10.1520/STP155-EB.
10. E. Smith and J. Nutting, “Direct carbon replicas from metal surfaces,” British Journal of Applied Physics, vol. 7, no. 6, pp. 214–217, Jun. 1956, doi: 10.1088/0508-3443/7/6/304.
11. K. Poorhaydari and D. G. Ivey, “Application of carbon extraction replicas in grain-size measurements of high-strength steels using TEM,” Mater Charact, vol. 58, no. 6, pp. 544– 554, Jun. 2007, doi: 10.1016/j.matchar.2006.10.017.
12. T. N. Baker, “Processes, microstructure and properties of vanadium microalloyed steels,” Materials Science and Technology, vol. 25, no. 9, pp. 1083–1107, Sep. 2009, doi: 10.1179/174328409X453253.
13. M. Rolinska, F. Gustavsson, and P. Hedström, “Revisiting the applications of the extraction replica sample preparation technique for analysis of precipitates in engineering alloys,” Mater Charact, vol. 189, p. 111978, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.matchar.2022.111978.
14. A. Sabet Ghorabaei and B. J. Kooi, “Optimized carbon extraction replicas for transmission electron microscopy of nanoprecipitates in microalloyed low-carbon steels,” Journal of Materials Research and Technology, vol. 30, pp. 6418–6429, May 2024, doi: 10.1016/j.jmrt.2024.04.250.
15. D. E. Bradley, “Evaporated carbon films for use in electron microscopy,” British Journal of Applied Physics, vol. 5, no. 2, pp. 65–66, Feb. 1954, doi: 10.1088/0508-3443/5/2/304.
16. W. M. Rainforth et al., “Precipitation of NbC in a model austenitic steel,” Acta Mater, vol. 50, no. 4, pp. 735–747, Feb. 2002, doi: 10.1016/S1359-6454(01)00389-5.
17. D. C. Saha, S. S. Nayak, E. Biro, A. P. Gerlich, and Y. Zhou, “Mechanism of Secondary Hardening in Rapid Tempering of Dual-Phase Steel,” Metall Mater Trans A Phys Metall Mater Sci, vol. 45, no. 13, pp. 6153–6162, Oct. 2014, doi: 10.1007/s11661-014-2591-8.
18. H. Wang, A. Kostka, W. E. Goosen, G. Eggeler, and J. E. Westraadt, “TEM replica analysis of particle phases in a tempered martensite ferritic Cr steel after long term creep,” Mater Charact, vol. 181, p. 111396, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.matchar.2021.111396.
19. J. Ayache, L. Beaunier, J. Boumendil, G. Ehret, and D. Laub, “Replica Techniques,” in Sample Preparation Handbook for Transmission Electron Microscopy, New York, NY: Springer New York, 2010, pp. 229–256. doi: 10.1007/978-1-4419-5975-1_5.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224142

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL INALÁMBRICO RF DE CORTA DISTANCIA PARA ARRANQUE DE UNA MAQUINA ELÉCTRICA

Miguel Roque Vasquez Hernández[1], Luis Carmen Silvano Pérez[2], Víctor Gabriel Magaña Martínez[3], María Alejandra Gutiérrez Martínez[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; roque.vasquez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1339467d@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.magana@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandra.martinez@umich.mx

Palabras Clave: Radio frecuencia, Control Inalámbrico RF, Módulo Didáctico, Internet de las cosas.

RESUMEN. En la modernidad del internet de las cosas (IoT), para el control o arranque de equipo eléctrico de corriente alterna (CA) de forma inalámbrica, evitando el uso de sistemas de cableado complejo o la caída de tensión en líneas de control, han sido facilitado por el desarrollado transceptores o módulos antenas de radio frecuencia (RF). Los cuales permiten la comunicación digital de forma sencilla con un microcontrolador, que a su vez se puede conectar a otros módulos o shields de sensores, actuadores, comunicación o almacenamiento. Esto permite expandir las funciones y los pines de salida o entrada de un microcontrolador de una marea fácil y modular, sin necesidad de diseñar toda la circuitería electrónica compleja desde cero. La propuesta de la siguiente investigación es el desarrollo e implementación de una placa de circuito impreso o shield didáctico que permita conectar de manera rápida un microcontrolador Atmega328 de una tarjeta Arduino Nano con el transceptor de RF NRF24L01, así como a otros módulos como relevadores, botones, almacenamiento externo o un reloj de tiempo real. Permitiendo el encendido y apagado de una maquina eléctrica de CA de manera versátil, con la capacidad de operar como trasmisión o receptor utilizando el mismo hardware, sin necesidad conectarse a una placa de pruebas electrónica o protoboard, evitando así errores de operación por las conexiones o falsos contactos. De la siguiente forma, se podrá enfocar en la programación, el aprendizaje y en la implementación de aplicaciones, como el arranque y paro de un motor monofásico o alguna iluminación, y en un futuro sensar variables físicas hasta una distancia de 100 metros, sin cables, sin utilizar WI-FI o bluetooth y de bajo consumo eléctrico. Permitiendo que los sistemas de control de bombeo de riego, o de iluminación en escenario móviles de difusión cultural sean más simples de operar.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, el Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado la forma en que se controlan y operan equipos eléctricos de corriente alterna (CA), facilitando la implementación de sistemas inalámbricos que eliminan la necesidad de cableado complejo y mejoran la eficiencia en diversas aplicaciones industriales. La automatización y el control remoto de dispositivos han cobrado gran relevancia en la industria moderna, donde la movilidad y la adaptabilidad son esenciales para optimizar la producción. Esta evolución ha

sido posible gracias al desarrollo de transceptores y módulos de antenas de radiofrecuencia (RF), que permiten conectar en red objetos físicos más allá de tecnologías como Wi-Fi o Bluetooth (Andrés, 2021).

ANTECEDENTES. Con el auge del uso de módulos electrónicos y la popularidad del microcontrolador ATMEGA328p de Atmel AVR, junto a las tarjetas electrónicas de Arduino UNO R3 o NANO, y su software Arduino IDE, se ha revolucionado el desarrollo de proyectos (Kondaveeti, 2021). Los shields compatibles con Arduino permiten expandir de manera modular las capacidades, que a su vez se puede conectar sensores, actuadores, transceptores de comunicación o almacenamiento (Ismailov, 2013). Esto permite expandir las funciones y los pines de salida o entrada de un microcontrolador de una marea fácil y modular, sin necesidad de diseñar toda la circuitería electrónica compleja desde cero, sin cables ni protoboards o placa de pruebas, lo que minimiza errores de conexión y aumenta la fiabilidad. Esto facilita el aprendizaje aplicado y versátil (Kaswan, 2020).

OBJETIVOS. El objetivo es desarrollar e implementar una placa de circuito impreso (shield) didáctico que permita la integración rápida de un microcontrolador ATmega328 en una tarjeta Arduino Nano con un transceptor RF NRF24L01 y otros módulos (relevadores, botones, almacenamiento externo, reloj de tiempo real). Este diseño permitirá controlar de manera inalámbrica el encendido y apagado de equipos eléctricos de CA, optimizando la versatilidad operativa, y enfocándose en aprender la programación y el desarrollo práctico de aplicaciones, como el control de motores monofásicos para un sistema de riego o iluminación en escenarios móviles para culturales.

MATERIALES Y MÉTODOS. Antes de realizar el Hardware se debe comprobar la funcionabilidad de los módulos de RF con chip: NRF24L01, el cual es un componente fundamental en un sistema de comunicación inalámbrica por RF, ya que este transceptor tiene la capacidad para transmitir y/o recibir datos de manera eficiente en entornos diversos. Para ellos se utilizaron dos módulos transceptores, que permite una comunicación de corto alcance con alta velocidad y bajo consumo de energía. Su diseño compacto y su facilidad de integración lo hacen ideal para aplicaciones como el control remoto, con las siguientes características:

- Funcionamiento en la banda ISM de 2,4 GHz, por lo que no necesita licencia y es libre en todo el mundo
- Velocidades de Datos seleccionables: 250Kbps, 1Mbps y 2Mbps
- Acelerador por hardware del protocolo SPI (ShockBurst ™)
- Consumo energético ultra bajo.
- Fuente de alimentación: 1.9 ~ 3.6V
- Voltaje de funcionamiento del puerto IO: 0 ~ 3.3v / 5v (Tolerante a 5V)
- Tasa de trasmisión: + 7 dB
- Recepción de sensibilidad: ≤ -90dB
- El alcance de transmisión: 250 m en zona abierta
- Dimensiones: 15x29mm

Una de las características clave del transceptor NRF24L01 es su capacidad para establecer comunicaciones bidireccionales, con la misma conexión a microcontrolador con su interfaz de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) por lo cual simplifica la conexión con Arduino NANO, por cual puede enviar y recibir datos con una misma conexión y solo es

cambiar la programación del microcontrolador, aprendiendo a utilizar las librerías de: nRF24L01.h y RF24.h, facilitando el desarrollo de sistemas de comunicación inalámbrica personalizados (Bento, 2019).
En la Fig.1 se muestra los 8 pines de conexión del módulo transceptor NRF24L01 que se utilizan para enviar o recibir datos.

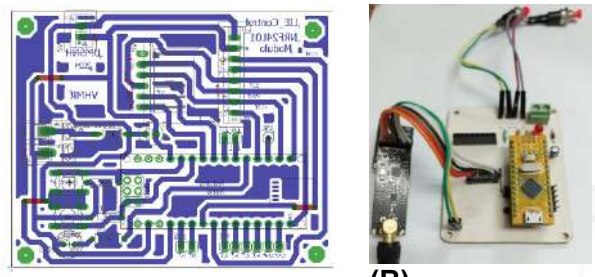


Figura 1.- *Clasificación del módulo transceptor NRF24L01*

Pin	Descripción
GND	Pin de tierra
VCC	Pin que suministra energía al módulo
CE (Chip Enable)	Es un pin activo en Alto. Cuando se selecciona, el nRF24L01 transmitirá o recibirá, dependiendo de su modo de comunicación.
CSN	Este pin es activo en bajo y normalmente se mantiene ALTO. Cuando está activo el nRF24L01 inicia la comunicación del puerto SPI, recibiendo datos y los procesa en consecuencia.
SCK (reloj serie)	Proporciona pulsos de reloj del bus SPI maestro
MOSI (Master Out Slave In)	La entrada de comunicación del SPI del módulo.
MISO (Master In Slave Out)	Salida de comunicación de SPI del módulo.
IRQ (Interrupción)	Es un pin de interrupción que puede alertar al maestro cuando hay nuevos datos disponibles para procesar.

Tabla 1.- *Descripción de los pines del módulo transceptor NRF24L01*

RESULTADOS. En la actual investigación se realizó el circuito integrado para que se compraran un shields de un relé electromecánico activado en bajo para permitir cerrar o abrir circuitos externos de CA, en conjunto con una tarjeta de Arduino NANO, así dos botones de funcionamiento básico, ocupando un total de 8 pines del microcontrolador, sin utilizar el pin 0 y 1 que se utilizados para la programación, teniendo 8 pines analógicos para utilizar en sensores y 4 pines digitales para actuadores.
Al diseñar y ensamblar las dos placas de circuito impreso iguales o PCB (en inglés: Printed Circuit Board), ya que cualquiera de las dos puede ser transmisor o receptor. Tal como se observa en la Fig. 2 (A) se observa el diseño de la PCB y (B) se muestra el prototipó ya ensamblado de un módulo Transceptor NRF24L01.



(A) (B)

Figura 2.- *(A) Diseño y (B) ensamblado de la PCB de módulo didáctico de RF NRF24L0.*

La diferencia del transmisor y receptor, es que al receptor estar conectado un shields de relevador a sus 8 pines utilizados para este prototipo, tal como se muestra en la Fig. 3.

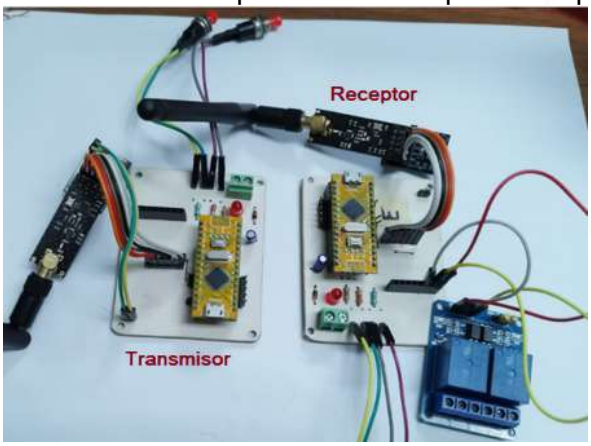


Figura 3.- *Los prototipos del módulo didáctico de RF NRF24L0.*

Durante las pruebas efectuadas con el módulo transceptor NRF24L01 didáctico, se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a comunicación inalámbrica de corto alcance. En condiciones reales, el sistema demostró su capacidad de transmitir y control de encendido y apagado de un equipo de CA a una distancia de 100 metros dentro de lo establecido por el fabricante. En la Fig. 4 se muestra que se logró arrancar un motor monofásico de CA de modo inalámbrico.



Figura 4.- *Los prototipos del módulo didáctico de RF NRF24L0.*

CONCLUSIONES. Este prototipo permitirá aprender a utilizar y aplicar de forma versátil la comunicación inalámbrica con el transceptor NRF24L01, para que en un futuro sea aplicado en prender o apagar un sistema de riego en la agroindustria en Michoacán, o controlar lámparas de iluminación de un escenario móvil, o logar manipular cualquier sistema electromecánico que contenga sus dispositivos de control eléctrico y electrónicos, donde solo será necesario tener una conexión a la fuente de energía que permita alimentar a todo el sistema, así como el módulo de control accionamiento y de comunicación.

REFERENCIAS.

1. Andrés, M. B. (2021). Internet de las cosas. Madrid, España: Editorial Reus.
2. Bento, A. C. (2019). An Experiment With NRF24L01+ and Arduino Pro Micro Data Transmission for IoT. In 2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), (pp. 1-6). IEEE.
3. Ismailov, A. S. (2013). Study of arduino microcontroller board. Science and Education, 3(3), 172-179.
4. Kaswan, K. S. (2020). Role of Arduino in real world applications. Int. J. Sci. Technol, Res, 9(1), 1113-1116.
5. Kondaveeti, H. K. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. Computer Science Review, 40, 100364.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224144

ANÁLISIS GEOMECÁNICO DE MACIZOS ROCOSOS APLICANDO HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

Yesenia Sánchez Chávez[1], Marsella Gissel Rodríguez Servín[2], José Eleazar Arreygue Rocha[3], Luis Alberto Morales Rosales[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1917857g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marsella.gissel.rodriguez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eleazar.arreygue@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; luis.morales@umich.mx

Palabras Clave: Fotogrametría, DIP's, taludes, macizo rocoso

RESUMEN. El crecimiento de la red carretera en México, requiere de la construcción de nuevos caminos, por lo que en algunas ocasiones tienen que atravesar montañas y en estos sitios se deben realizar cortes a los cerros para alojar la carretera o autopista. Al realizar los cortes se generan taludes que pueden ser de suelo o de roca y en ocasiones no quedan estables. En este trabajo se realizó un estudio geomecánico aplicando fotogrametría, generada a partir de imágenes obtenidas con el empleo de una nave aérea no tripulada (dron). La fotogrametría ayuda a obtener información del área de interés sin exponer a los técnicos, a riesgos de caídas de bloques o accidentes de cualquier tipo. El área de estudio se ubicó en San José de las Torres, municipio de Jesús del Monte, donde se encuentra un banco de material de roca ignimbritica. Para el estudio se generó una nube de puntos que sirvió para el análisis fotogramétrico y se aplicó el software Aggisoft Metashape. Posteriormente, para la eliminación de vegetación y densificar la nube de puntos se empleó CloudCompare. La nube de puntos obtenida es empleada como entrada para la caracterización del macizo rocoso empleando la herramienta DSE (Discontinuity Set Extractor), con esta información se procedió a realizar la clasificación geomecánica obteniendo la calidad de la roca del talud a través del método Rock Mass Rating (RMR de Bieniawski, 1989) y del método Slope Mass Rating (SMR de Romana 1993). Posteriormente se utilizó el programa Dips, para modelar los posibles mecanismos de rotura del talud. Los resultados obtenidos del análisis indicaron que la roca es de resistencia baja a regular y del análisis cinemático (DIP's) se obtuvo que los bloque a desprenderse son roturas planas y de cuña. Las recomendaciones para su estabilidad es el empleo de anclajes pasivos y malla triple torsión.

INTRODUCCIÓN. Los taludes permanentes para la construcción de infraestructuras o con fines de edificación se diseñan para ser estables a largo plazo. Los análisis de estabilidad permiten diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad (FS) y definir el tipo de medidas correctoras o estabilizadoras que deben ser aplicadas en caso de roturas reales o potenciales. Es necesario el conocimiento geológico, geotécnico y geomecánico de los materiales que forman el talud, de los posibles modelos o mecanismos de rotura que pueden presentarse y de los factores que influyen, estos condicionan y desencadenan las inestabilidades (González de Vallejo, et al. 2002). Las clasificaciones más útiles en mecánica de rocas son las denominadas clasificaciones geomecánicas, de las cuales el

RMR de Bieniawski (1989) y el SMR de Romana (1993) son las más utilizadas. Establecen distintos grados de calidad del macizo en función de las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades, y proporcionan valores estimativos de sus propiedades resistentes globales (González de Vallejo et al., 2002). La aplicación de las clasificaciones geomecánicas a los taludes permite evaluar empíricamente la estabilidad de una excavación. El índice SMR se obtiene del RMR definiéndose factores de ajuste por orientación de las discontinuidades y por el método de excavación: el primero de ellos es producto de los subfactores F1, F2 Y F3. Los diferentes tipos de roturas están condicionados por el grado de fracturación del macizo rocoso y por la orientación y distribución de las discontinuidades con respecto al talud, quedando la estabilidad definida por los parámetros resistentes de las discontinuidades y de la matriz rocosa. Los modelos de rotura más frecuentes son: rotura plana, en cuña, por vuelco, por pandeo y curva (González de Vallejo, et al. 2002). Con esta técnica de la fotogrametría se analiza cualquier talud, puesto que se obtienen resultados sin importar que sea difícil el acceso al sitio, así mismo disminuye el tiempo en ser clasificado con las herramientas a utilizar como lo son: CloudCompare, DSE, DIP´s, Aggisoft Metashape. La zona de estudio se ubica en San José de las Torres, municipio de Jesús del Monte, con coordenadas 19°39’36.01’’N;101°7’49.15’’O.



Fig. 1. *Localización del macizo referenciado a Morelia.*



Fig. 2. *Localización del macizo referenciado a San José de las Torres.*

ANTECEDENTES. La manera tradicional de realizar la caracterización se basa en las estaciones geomecánicas con el uso de una cinta métrica, brújula de geólogo, esclerómetro, etc., para describir y analizar las juntas y discontinuidades que se tiene en el macizo rocoso. El análisis de los macizos rocosos se basaba en la observación directa del sitio, así como la realización de todas las lecturas en campo, teniendo en cuenta la magnitud de las posibles zonas de estudio, que varias de ellas tienen un acceso limitado por lo que es difícil acceder y realizar el levantamiento de esta manera y de una forma certera, de igual forma influyen las opiniones y percepción que se tenga de los técnicos que lo estén realizando, ya que se llega a tener una ambigüedad de los resultados, esto depende de la experiencia del especialista.

OBJETIVO. Analizar de una forma más rápida, eficaz y precisa la estabilidad de taludes, así como las fallas que se presentan en estos mismos para la fácil evaluación de la caracterización y estructura de cualquier macizo rocoso. Lo que permite proponer mecanismo de estabilización.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo se llevó a cabo con la técnica de un dron, primeramente, se trazó la ruta la cual cubriera toda la zona del macizo rocoso, esto estaría

a la par para tomar foto, mientras el dron realizaba la ruta que se trazó en un inicio. Se elaboró la recolección de todas las fotos que se tomaron con la ruta que se le trazo y por consiguiente se realizó una recopilación de imágenes para la elaboración de la ortofoto, para que posteriormente se realizará la nube de puntos con ayuda del software Aggisoft Metashape, en seguida se procedió a realizar la depuración de la vegetación que existía, así como la densificación de la nube de puntos con el empleo de CloudCompare. Con la nube de puntos que se generó se ingresó a la herramienta de DSE (Discontinuity Set Extractor), lo que arrojó una caracterización del macizo rocoso, así como información con la cual se procedió a realizar la clasificación geomecánica, así como la calidad de la roca del talud, a través del método Rock Mass Rating (RMR de Bieniawski, 1989), lo que permitió analizar el macizo rocoso con el método Slope Mass Ratig (SMR de Romana 1993). Finalmente se utilizó el programa DIP's con el cual se pudo visualizar el número de familias presentes, así como comparar la información con el programa de DSE aplicado anteriormente, lo que se reafirmó los resultados de esta herramienta, nos muestra los porcentajes de cada tipo de rotura que se tiene en cada zona de estudio, de los cuales nos basaremos para definir cual se presentará con mayor intensidad y así mismo evaluar las posibles soluciones a esta falla o fallas que presente.

RESULTADOS. En el caso de estudio se obtuvieron 5 familias de las cuales se obtuvo la orientación y buzamiento de cada una con ayuda del programa DSE, por otra parte, en CloudCompare se realizó la medición de los planos existentes para la determinación del RQD, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, así como la clasificación mostrada en la "Figura 3":

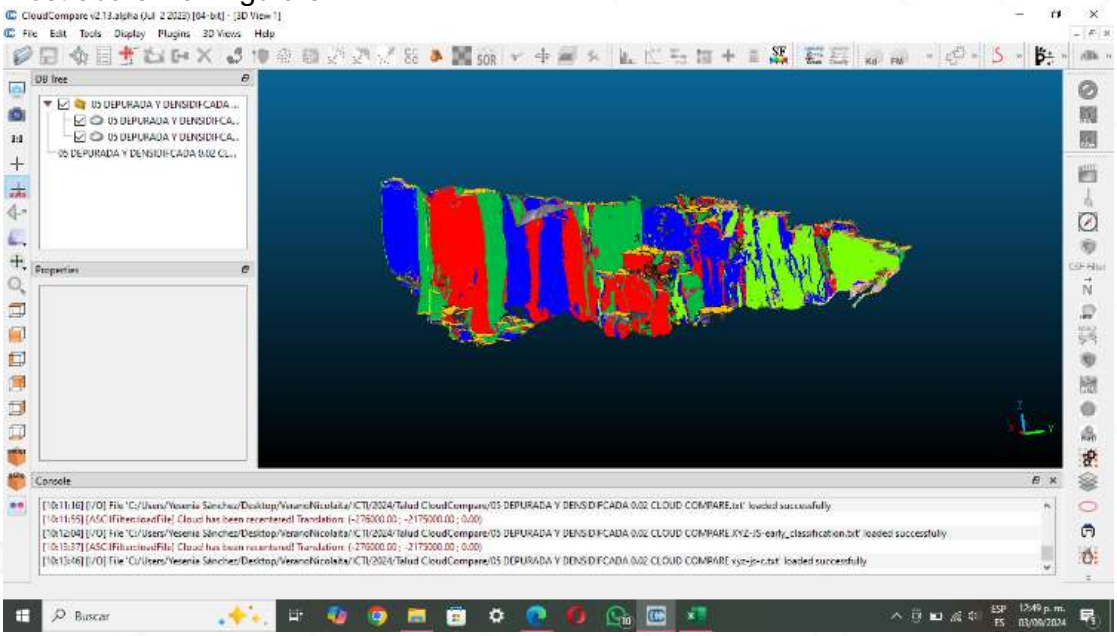


Figura 3. *Resultados del número de familias con la herramienta DSE.*

TALUD	
Orientación (°)	203
Buzamiento (°)	80

Tabla 1. *Orientación y buzamiento general del macizo rocoso.*

Familia	1	2	3	4	5
Orientación (°)	277	205	322	39	254
Buzamiento (°)	80	82	87	19	79

Tabla 2. *Orientación y buzamiento de cada familia.*

Los resultados obtenidos según la visualización del macizo rocoso y de acuerdo con la Tabla 2 “Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)” rocoso (González de Vallejo et al., 2002), nos arrojaron los que se muestran en la tabla 3 en la cual podemos observar que los resultados arrojados quedan clasificando el macizo en una “Clase V” la cual es muy mala según esta clasificación.

RMR	17
Clase	V
Descripción	Muy mala

Tabla 3*. Resultados de RMR.*

Los resultados obtenidos de SMR nos arrojaron los siguientes datos resumidos en la tabla 4, los cuales arrojan una falla plana y una falla por vuelco.

SMR para falla plana	25	Clase IV, Mala, Inestable,
SMR para falla vuelco	42	Case III, Normal, Parcialmente inestable

Tabla 4. *Resultados de RMR.*

Finalmente, al realizar el procesamiento del macizo en la herramienta de DIP´s, con la cual nos arroja los resultados del tipo de falla que se estará presentando en los mismos casos, los resultados del uso de esta herramienta están representadas en las figuras que se muestran en la “Figura 5”, donde se tiene la representación del macizo rocoso con el programa de DIP´s, el cual sirve para identificar la cantidad del número de familias. En la Figura 6 se presentan los planos de fracturamiento presentes. Con lo anterior, se corrobora la información obtenida en el programa DSE, cabe destacar que las familias que fueron consideradas se basan en que tan denso esté cada parte de la posible familia.

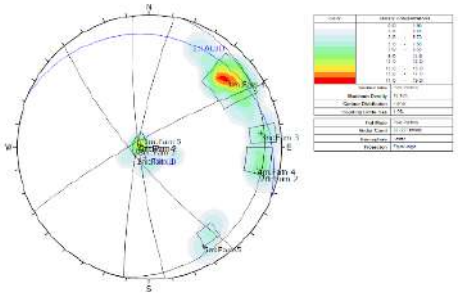


Fig. 5. *Resultado del número de familias con el DIP´s.*

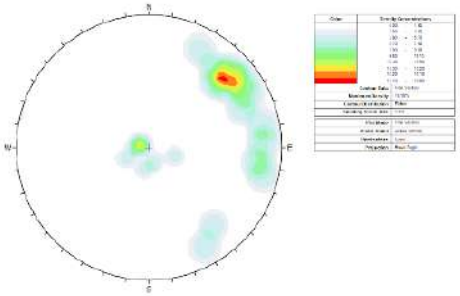


Fig. 6. *Identificación de las familias en DIP´s.*

En la “Figura 7” se observa la rotura plana la cual es presentada en la familia 1 y con un porcentaje de 14.29% como se puede observar a continuación lo que nos indica que esta falla se estará presentando en dicha zona. Para la “Figura 8” tenemos que se presenta una rotura del tipo cuña, la cual se presenta con un porcentaje de 23.38% en el macizo rocoso

estudiado. Finalmente tenemos como ultimo resultado en la “Figura 9” una falla de tipo derrumbe directo la cual se presenta en la familia 1 con un porcentaje de 14.29% y en la familia 2 con un 33.33%.
Con estos porcentajes se demuestran cuales fallas son las que más ocurrencia tendrían en el macizo estudiado, así como la representación gráfica de cada una.

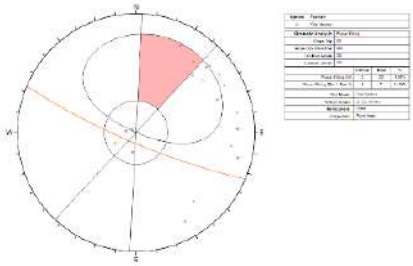


Fig. 7. *Falla plana determinada en DIP´s.*

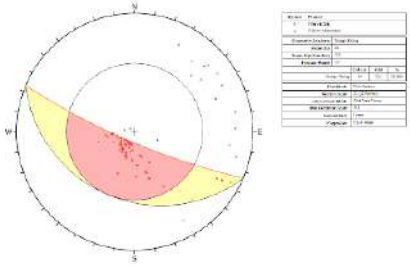


Fig. 8. *Falla tipo cuña determinada en DIP´s.*

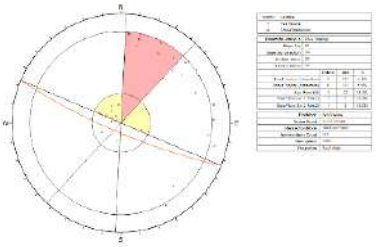


Fig. 9. *Falla tipo derrumbe directo determinada en DIP´s.*

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos de las clasificaciones geomecánicas y aplicando los métodos RMR y SMR, indican que se trata de un macizo de clase V que corresponde a muy mala. En la realización para conocer el número de familias encontradas tanto en DSE como en DIP´s fueron 5 familias y en base a los resultados obtenidos anteriormente tenemos que el macizo estudiado podría presentar roturas planas, de cuña y de derrumbe directo, tales fallas se presentan en la recomendación hechas y que para su estabilidad se sugiere el empleo de anclajes pasivos y malla triple torsión. Las ventajas que tenemos al utilizar herramientas computacionales para la caracterización de un macizo rocoso son satisfactorios ya que nos permite evaluar con mayor eficacia y un menor tiempo, en comparación con el método tradicional utilizado comúnmente, ya que en un solo día tendremos toda la información necesaria para la debida caracterización, por otra parte los programas a utilizar cuentan con parámetros ya establecidos los cuales toman y caracterizan el macizo rocoso de una forma más fácil, por ende, no se cae en ambigüedades por la experiencia que se tenga en este ámbito. Las desventajas que se tienen al realizarlo con el método convencional son el difícil acceso al sitio y en algunas ocasiones o bien algunas de ellas se corre peligro para la realización de las mediciones y orientación de las familias, de igual forma puede que existan diversas opiniones del macizo dependiendo de la experiencia de quien lo realice.

REFERENCIAS.

1. Luis I. González de Vallejo, Mercedes Ferrer, Luis Ortuño, Carlos Oteo, “Ingeniería Geológica”. PEARSON EDUCACION, Madrid, 2002.
2. Bieniawski Z.T. (1989). Engineering rock mass clasifications. Wiley and Sons.
3. Romana A.M. (1993). Geomechanics classification forslopes: Slope Mass Rating. Comprehensive rock engineering. Vol. 3, p 575-600.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224147

APLICACIÓN DEL PROCESO DE OXIDACIÓN AVANZADA CON OZONO PARA LA REMOCIÓN DEL COLORANTE AZUL ÁCIDO 9

Carleni Sarai Castellanos Henriquez, Ma. del Carmen Chávez Parga, José Apolinar Cortés

Palabras Clave: Proceso de Oxidación Avanzada, ozonización, colorante directo.

RESUMEN. La industria textil involucra diferentes procesos de manufactura para ofrecer productos de alto valor agregado, entre los cuales se encuentra el proceso de tinción o tintura, en el cual se colorean las fibras naturales como la lana, la seda y algodón, o fibras sintéticas como el poliéster, en este proceso de tinción se utilizan hasta 120 L de agua/Kg de tela, generando aguas residuales con altas concentraciones de estos componentes, principalmente los colorantes que se caracterizan por ser resistentes a los tratamientos de agua convencionales. Uno de los principales desafíos de las plantas de tratamiento de agua es el proceso de remoción de color, en respuesta a estos, se aplican nuevos tratamientos para la degradación de componentes recalcitrantes, entre ellos, los procesos de oxidación avanzada, los cuales se caracterizan por generar intermediarios con alta capacidad de oxidación para la remoción del color de aguas residuales coloreadas. El ozono como proceso de oxidación avanzada se caracteriza por la oxidación de las moléculas de los colorantes de forma directa y mediante la generación de intermediaros, en esta investigación se evalúo el poder de remoción de color del ozono, sobre el colorante Azul Ácido 9 (AA-9) utilizado para la tinción de fibras como la lana y la seda. El proceso se realizó mediante un sistema de burbujeo en un reactor de columna, el porcentaje de eliminación de color se determinó mediante espectrofotometría UV-Vis, se calculó la cinética de remoción. Los resultados muestran que, mediante el proceso de oxidación avanzada con ozono, es posible eliminar el color con un porcentaje de eliminación de hasta el 99.89% con cinética de remoción de pseudo-primerorden.

INTRODUCCIÓN. Los procedimientos de tinción requieren un control preciso tanto del tiempo como de la temperatura, además del uso de colorantes o pigmentos y aditivos textiles que se encuentran en las aguas residuales. El 17% y el 20% de la contaminación en las aguas dulces proviene de efluentes textiles que incluyen una gran cantidad de sustancias no biodegradables, impactando negativamente en los cuerpos de agua debido a su elevada toxicidad [1]. Se estima que los problemas de salud humana, la vida acuática y el medio ambiente se deben a contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos [2]. De las 450,000 toneladas de tintes orgánicos fabricadas cada año, el 11% se pierde y contamina el efluente de salida de la industria textil, el cual se caracteriza por tener elevadas concentraciones de componentes orgánicos recalcitrantes [3]. Respecto a las industrias, el tratamiento de las aguas residuales textiles es costoso, representa para las fábricas una alta cuota mensual en mantenimiento del proceso y una elevada inversión inicial. Actualmente, debido a los elevados niveles de contaminación, las plantas de tratamiento tradicionales que utilizan métodos físicos, químicos y biológicos no son suficientemente

eficaces para eliminar el color. Por ello, se están considerando y adoptando nuevas técnicas de tratamiento conocidas como procesos o métodos de oxidación avanzada. Los estudios acerca de los procesos de oxidación avanzada datan de 1987. El concepto fue establecido por Willian H Glaze en conjunto con otros investigadores que estudiaron diferentes procesos denominados de oxidación avanzada. Estos procesos implican la generación de un intermediario muy activo (radical hidroxilo, OH•), que generalmente tiene un poder oxidante mucho mayor y ofrece la opción de destruir completamente los contaminantes orgánicos [4]. Una de las ventajas de esta tecnología es su eficiencia para compuestos refractarios que se resisten a tratamientos biológicos, consiguiendo generalmente la destrucción completa de la materia orgánica [5]. El ozono es un poderoso oxidante y desinfectante que se utiliza para el tratamiento de efluentes textiles por su capacidad de oxidar las moléculas de colorante, también se usa como agente blanqueador y en la remoción de sabores y olores. Su empleo en el tratamiento de aguas no deja ningún residuo, gracias a su forma inestable es ligeramente soluble en el agua [6]. El ozono oxida la molécula del colorante orgánico de forma directa o indirecta [7,8,9]

Oxidación directa:

$$O_3 + Colorante \rightarrow Colorante_{Oxidado} \quad \text{(R1)}$$

Oxidación indirecta:

$$HO^{\bullet} + Colorante \rightarrow Colorante_{Oxidado} \quad \text{(R2)}$$

En esta investigación se aplica la ozonización para la degradación del colorante Azul Ácido 9 (AA-9) cuya fórmula química es: $C37H34N2Na2O9S3$, identificado con el código 42090 por el Color Index Catalog, con peso molecular de 792.84 mg/mol [10]. Es un colorante sintético utilizado en la industria textil y alimentaria. Es un compuesto muy estable que provoca el color de los efluentes durante largos períodos de tiempo, esto nos lleva a plantearnos la hipótesis de que el proceso de ozonización será capaz de degradar el colorante AA-9.

ANTECEDENTES. Bilinska et al. (2020) implementa ozonización catalítica para la remoción de contaminantes en aguas que serán reutilizadas en el proceso productivo. La técnica fue aplicada junto a otras etapas de tratamiento. El catalizador utilizado fue carbón activado, la investigación demuestra la eficiencia de este sistema de tratamiento en la remoción de colorante Negro Reactivo 5, así como la reducción de los otros parámetros, alcanzando porcentajes de eliminación de 63% para DQO y 61% de COT [11]. Turhan (2021) utilizó el ozono para degradar los colorantes dispersos Violeta 93 (DV93) Azul 79 (DB79) y Anaranjado 30 (DO30). El proceso de tratamiento se realizó burbujeando el ozono en el fondo de un reactor durante lapsos de 0 a 120 minutos. Se encontró que los niveles de DQO bajaron en un 61,50%; 72,88% y 77,43% para cada colorante por separado, la decoloración se logró en 16 minutos para el DV93, 12 minutos para el DB79 y 9 minutos para el DO30 [12]. Bhad et al. (2022) aplican la ozonización simple para la degradación de efluentes sintéticos preparados con el colorante azul reactivo 4, cuyo grupo cromóforo es antraquinónico, la aplicación del método se realizó a diferentes concentraciones iniciales del colorante y a diferentes pH en el cual se obtuvo la mayor remoción a una concentración inicial de 60 mg/L y un pH de 12, eliminando el 87% del color [13].

OBJETIVO. Evaluar la aplicación del proceso de oxidación avanzada con ozono para la remoción del colorante Azul Ácido 9. Calcular la cinética de remoción y el consumo energético del sistema de tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proceso de ozonización (Fig. 1) se realizó en un reactor de columna empacada fabricado en vidrio el cual tiene instalado un difusor que permite el suministro de ozono por el fondo del reactor. El reactor está rodeado de una pared anular y esta conectado a un termo-recirculador por el cual circula agua para mantener la temperatura del sistema constante. El empaque utilizado fue esferas de vidrio con un diámetro de 5 mm y una porosidad del 42%. El sistema bomba de aire ozonizador cuenta con su medidor de potencia eléctrica para calcular el consumo energético requerido por el sistema. Las pruebas se realizaron a una concentración inicial del colorante AA-9 de 160 mg/L en un volumen total de 300 mL, a 25 °C y un flujo de ozono de 147.81 L/h. El seguimiento del proceso de eliminación de color durante la ozonización se realizó tomando muestras del reactor cada 5 min, midiendo la absorbancia mediante un espectrofotómetro UV-Vis.



Figura 1 *Esquema del Proceso de Oxidación Avanzada con Ozono*

El porcentaje de eliminación del color se realizó de acuerdo con la ecuación (1) y se calculó la constante cinética ajustada a un modelo de primer orden ecuación (2):

$$\%\ de\ eliminación\ de\ color = \frac{C_0 - C_t}{C_0} x\ 100\% \quad (1)$$

$$-\ln \frac{C_t}{C_0} = kt \quad (2)$$

Donde: C_0 es la concentración del color inicial en mg/L

C_t es la concentración del color en el tiempo t en mg/L

El consumo energético de cálculo mediante la potencia medida y la masa del colorante removida ecuación (3):

$$Consumo\ eléctrico = \frac{W * t}{m_0 - m_t} \quad (3)$$

Donde: W es la potencia requerida por el sistema en w

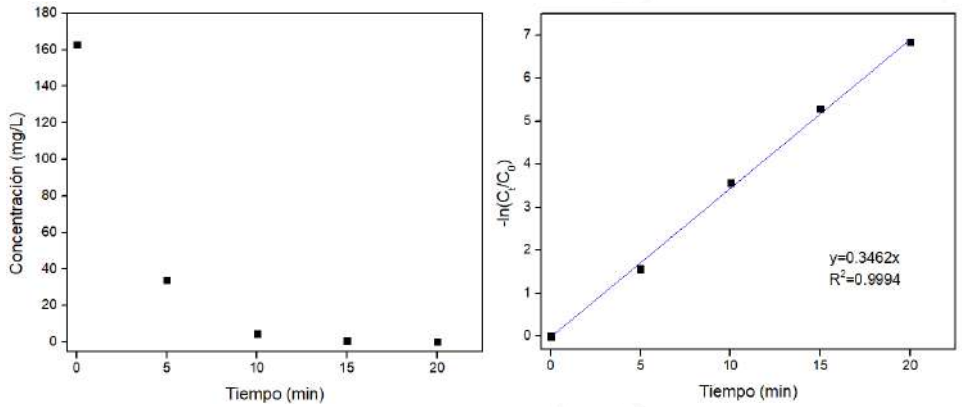
t es el tiempo de reacción en h

m_0 es la masa inicial de colorante en g

m_t es la masa final del colorante en g

RESULTADOS. Los resultados de la remoción del colorante AA-9 se muestran en la Fig. 2a, en la cual se puede observar cómo disminuye la concentración de ozono a medida que pasa el tiempo de ozonización. El porcentaje de eliminación calculado mediante la ecuación (1) fue de 99.89% en 20 min del proceso. En la Fig. 2b se puede observar el ajuste de los

datos calculados mediante las concentraciones del colorante en función del tiempo, de este ajusto mediante la ecuación (2) generando la línea de tendencia se obtuvo la constante cintica la cual fue de 0.3462 min^{-1} con un coeficiente de regresión de 0.9994, lo que indica un ajuste adecuado de los datos.



a) ***b)***

Figura 2 *Seguimiento del Proceso de Oxidación Avanzada con Ozono a) Curva de Remoción del Color b) Ajuste Cinético de Pseudo-Primer Orden*

El consumo energético del sistema de ozonización se calculó mediante la ecuación (3) en función de la concentración inicial en el tiempo cero y la concentración final después de 20 min de ozonización, el cual fue de 0.2193 kW-h/g de colorante removido.

CONCLUSIONES. El proceso de oxidación avanzada con ozono demostró ser eficaz para la decoloración del agua, logrando eliminar hasta el 99.89% del color en solo 20 minutos de reacción, con concentraciones iniciales de colorante de 160 mg/L. El comportamiento del proceso se ajustó a un modelo de tipo logarítmico, indicando una reacción de pseudo-primer orden con una constante cinética de 0.3462 min^{-1}. Además, el consumo eléctrico asociado al sistema fue de 0.2193 KW-h/g de colorante removido.

REFERENCIAS.

1. Glaze, W. H., & Kang, J.-W, “Advanced Oxidation Processes for Treating Groundwater Contaminated With TCE and PCE: Laboratory Studies”, American Water Works Association, p. 57-63, 1988.
2. Pera-Titus, M., García-Molina, V., Baños, M. A., Giménez, J., & Esplugas, S. (2004), “Degradation of chlorophenols by means of advanced oxidation processes: a general review”, Applied Catalysis B: Environmental, p. 219-256, 2004.
3. Forgacs, E., Cserháti, T., & Oros, G, “Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review”, Environment International, p. 953-97, 2004.
4. Glaze, W. H., & Kang, J.-W, “Advanced Oxidation Processes for Treating Groundwater Contaminated With TCE and PCE: Laboratory Studies”, American Water Works Association, p. 57-63, 1988.
5. Doménech, X., Jardim, W. F., & Litter, M. I. “Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes”, In C. VIII-G, Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea, p. 3-25, 2001.
6. Bolaños Avalos, R. A. "PROPUESTA DE RECUPERACION DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA TEXTL", San Salvador: Universidad de El Salvador, 2010.
7. Szpyrkowicz, L., Juzzolino, C., & Kaul, S. “Un estudio comparativo sobre la oxidación de dispersos colorantes por procesos electroquímicos, ozono, reactivo hipoclorito y fenton”, Elsevier, p. 2129-2136, 2001.

8. Muniyasamy, A., Sivaporul, G., Gopinath, A., John, J., Achary, A., & Velayudhaperumal Chellam, P, “Fractional factorial design modelling on degradation of direct Red 81 Dye by advanced oxidation process–ozonation: reaction kinetics”, Water Science & Technology, p. 1-10, 2019.
9. Gul, S., & Ozcan Yildirim, O, “Degradación de los colorantes azoicos reactivos Rojo 194 y reactico Amarillo 145 mediante procesos O3 y H2O2/UV-C”, Revista de Ingeniería Química, p. 684-690, 2009.
10. Daneshvar, N., & Khataee, A. R, “Removal of azo dye C. I. acid red 14 from contaminated water Fentonfenton, UV/H2O2, UV/H2O2/ FE (II), UV/H2O2/FE(III), UV/H2O2/FE(III)/ oxalate process: a comparative study”, J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng, p. 37-41, 2012.
11. Bilinska, L., Blus, K., Foszpanczyk, M., M., G., & Ledakowicz, S. (2020). Catalytic ozonation of textile wastewater as a polishing step after industrial scale electrocoagulation. Journal of Environmental Management, 1-11.
12. Turhan, K. (2021). Determination of optimal conditions in decolorization of disperse dyes in aqueous solution by ozonation. Global NEST Journal, 142-151.
13. Bhad, R. M., Das, A., & Kodape, S. M. (2022). Ozonation of Procion Blue Reactive Dye and its Kinetics Study. Pollution, 529-541

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224148

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PSEUDOMONAS FLUORESCENS PARA LA BIODEGRADACIÓN DE PIGMENTOS EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL

Chávez Chávez Lorena[1], Hernández Suárez Verónica[2], Herrera Silva Xaneri Alejandra[3], Santibañez Navarro Omar Said[4], Silva Patricio Elizabeth[5], David García Hernández[6], Arturo Calderón Castro[7], José Oscar Hernández Bautista[8], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[9]

1 Universidad Tecnológica de Morelia; utm210019dmi@ut-morelia.edu.mx

2 Universidad Tecnológica de Morelia; hsveronica02@gmail.com

3 Universidad Tecnológica de Morelia; xaneri71@gmail.com

4 Universidad Tecnológica de Morelia; omarsaidnavarromejia14@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de Morelia; silvapatricio@gmail.com

6 Universidad Tecnológica de Morelia; david.garcia@ut-morelia.edu.mx

7 Universidad Tecnológica de Morelia; acalderonc82@gmail.com

8 Universidad Tecnológica de Morelia; maneoskar2010@gmail.com

9 Universidad Tecnológica de Morelia; Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: Bioremedación, pseudomonas fluorescens, pigmentos textiles.

RESUMEN. Este estudio evalúa la capacidad de la bacteria Pseudomonas fluorescens para crecer en medios agar con diferentes concentraciones de pigmentos, comúnmente presentes en las aguas residuales de la industria textil. Se llevaron a cabo tres muestras, cada una utilizando una concentración distinta de pigmentos en un medio controlado. Las muestras fueron inoculadas con una suspensión estandarizada de Pseudomonas fluorescens y posteriormente incubadas a 30°C. Tras el período de incubación, se observó crecimiento bacteriano en todas las muestras, independientemente de la concentración de pigmentos. Este crecimiento se manifestó en la formación de colonias bacterianas visibles en las placas de agar, lo que sugiere que Pseudomonas fluorescens no solo es capaz de sobrevivir en ambientes contaminados con pigmentos, sino que también puede proliferar en ellos. Los resultados de este estudio confirman el potencial de Pseudomonas fluorescens como agente bioremediador en el tratamiento de aguas residuales pigmentadas. La capacidad de esta bacteria para crecer en presencia de colorantes industriales abre la posibilidad de utilizarla en procesos de biorremediación, donde podría contribuir a la degradación de estos compuestos, reduciendo así la carga contaminante de las aguas residuales textiles. Este hallazgo es significativo, ya que ofrece una solución biológica y sostenible para el tratamiento de efluentes industriales, que a menudo contienen altos niveles de contaminantes difíciles de eliminar mediante métodos convencionales. La confirmación de que Pseudomonas fluorescens puede adaptarse y prosperar en estos ambientes contaminados sugiere su utilidad práctica en la industria textil, donde podría integrarse en sistemas de tratamiento de aguas residuales para mejorar la eficiencia de la remoción de pigmentos y contribuir a la sostenibilidad ambiental de estos procesos industriales.

INTRODUCCIÓN. La industria textil, a nivel global, es una de las más contaminantes debido a la liberación de aguas residuales cargadas de pigmentos y colorantes que son difíciles de degradar por su estabilidad química. Los métodos convencionales de tratamiento a menudo no logran eliminar eficazmente estos compuestos, lo que genera impactos ambientales significativos y dificulta el cumplimiento de normativas más estrictas. Este estudio explora el uso de Pseudomonas fluorescens como una solución biotecnológica prometedora para la biorremediación de aguas residuales pigmentadas. El estudio evalúa la capacidad de esta bacteria para sobrevivir y proliferar en medios contaminados con pigmentos industriales, lo que podría demostrar su eficacia en la descomposición de estos compuestos. Mediante ensayos experimentales con distintas concentraciones de pigmentos, se examina su potencial como agente de biorremediación. Esta investigación destaca el enfoque sostenible y tecnológico hacia el tratamiento de efluentes textiles, proporcionando una alternativa ecológica y económica para reducir la contaminación, mejorando la eficiencia de los sistemas de tratamiento actuales y abriendo nuevas aplicaciones en la industria.

ANTECEDENTES. La industria textil, clave en la economía global, enfrenta serios desafíos medioambientales debido a la gestión de sus efluentes industriales, especialmente las aguas residuales cargadas de pigmentos y colorantes. Estos compuestos, a menudo de naturaleza azoica y altamente estables, presentan una resistencia significativa a los métodos convencionales de tratamiento, lo que contribuye a la contaminación de cuerpos de agua y afecta negativamente a los ecosistemas acuáticos. Además, la exposición prolongada a estos contaminantes puede provocar efectos mutagénicos y cancerígenos. A pesar de la búsqueda de tecnologías más sostenibles para su eliminación, muchos de estos métodos son costosos y generan grandes cantidades de lodos secundarios sin lograr una remoción completa. Ante esta situación, la biotecnología ha surgido como una alternativa prometedora, ofreciendo soluciones más ecológicas y económicas para enfrentar la contaminación industrial textil.

OBJETIVO. Evaluar la capacidad de Pseudomonas fluorescens para crecer en medios con diferentes concentraciones de pigmentos presentes en aguas residuales de la industria textil, con el fin de determinar su potencial para la biorremediación de estas aguas contaminadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar el crecimiento de Pseudomonas fluorescens en medios de cultivo con distintas concentraciones de pigmentos. Analizar la viabilidad de Pseudomonas fluorescens para proliferar en ambientes contaminados con pigmentos industriales, evaluando su adaptabilidad y capacidad de supervivencia en condiciones controladas. Evaluar el potencial de Pseudomonas fluorescens para ser utilizada en procesos de biorremediación de aguas residuales textiles, considerando su capacidad para reducir la carga contaminante de los efluentes pigmentados.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para llevar a cabo este estudio sobre la capacidad de Pseudomonas fluorescens como agente biorremediador en medios contaminados con pigmentos industriales, se utilizaron los siguientes materiales:

- Cepa bacteriana: La cepa de Pseudomonas fluorescens fue obtenida de una colección bacteriológica reconocida y mantenida en condiciones de conservación a -80°C hasta su uso.

Medios de cultivo:

- Agar nutritivo (NA): Utilizado como base para el crecimiento bacteriano.
- Pigmentos industriales: Tres pigmentos azoicos comúnmente empleados en la industria textil fueron seleccionados para el estudio. Estos pigmentos fueron añadidos al medio de cultivo agar a concentraciones 10ppm/25ppm/50ppm/100ppm para evaluar el crecimiento bacteriano en diferentes condiciones de contaminación.

Equipos:

- Autoclave para la esterilización de medios y materiales.
- Incubadora a 30°C para el crecimiento de las muestras.
- Espectrofotómetro para la medición de la turbidez y el crecimiento bacteriano.
- Placas de Petri esterilizadas.
- Asa bacteriológica estéril.
- Pipetas automáticas y puntas estériles para el manejo de soluciones bacterianas y pigmentos.

1. Preparación del Medio de Cultivo

Se prepararon cuatro lotes de medios de cultivo agar nutritivo, cada uno suplementado con concentraciones distintas de pigmentos industriales (10ppm,25ppm 50ppm 100ppm). El agar se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Una vez esterilizados, los medios fueron vertidos en placas de Petri estériles y dejados solidificar bajo condiciones asépticas.

2. Inoculación de las Muestras

Se preparó una suspensión bacteriana de *Pseudomonas fluorescens* en una solución salina al 0.85% para obtener una concentración estándar de $1x10^8$ UFC/mL (Unidades Formadoras de Colonias por mililitro), utilizando un espectrofotómetro para ajustar la turbidez a un valor de 0.5 en la escala de McFarland.

Cada placa de agar con pigmento fue inoculada con 100 µL de la suspensión bacteriana mediante la técnica de siembra por extensión, asegurando una distribución uniforme de la bacteria sobre la superficie del agar.

3. Incubación

Las placas inoculadas fueron incubadas a 30°C en una incubadora durante 72 horas, permitiendo el crecimiento de las colonias bacterianas. Se utilizó una incubadora con condiciones controladas de temperatura para garantizar un ambiente óptimo para el crecimiento de *Pseudomonas fluorescens*.

4. Evaluación del Crecimiento Bacteriano

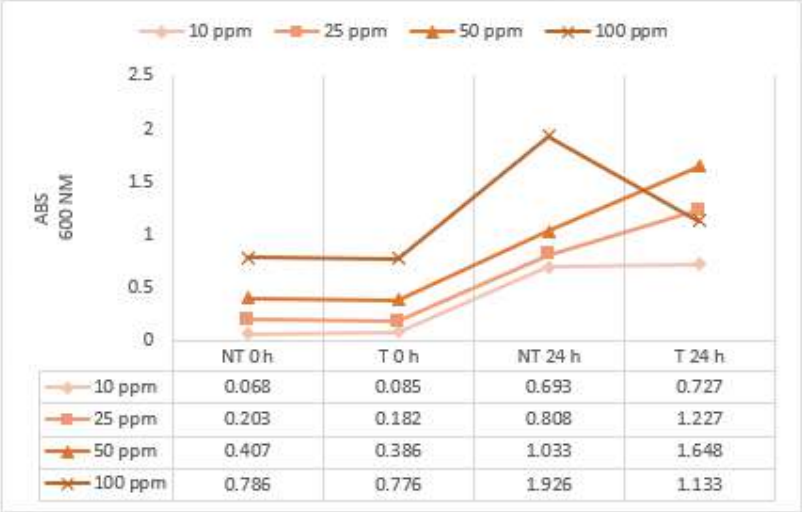
Tras el período de incubación, se evaluó el crecimiento bacteriano en cada una de las placas. Las colonias bacterianas fueron cuantificadas mediante un conteo directo en las placas de Petri, y el crecimiento se midió en términos de unidades formadoras de colonias (UFC). Además, la turbidez de las muestras fue registrada utilizando un espectrofotómetro, para cuantificar la densidad óptica de las colonias.

5. Control Experimental

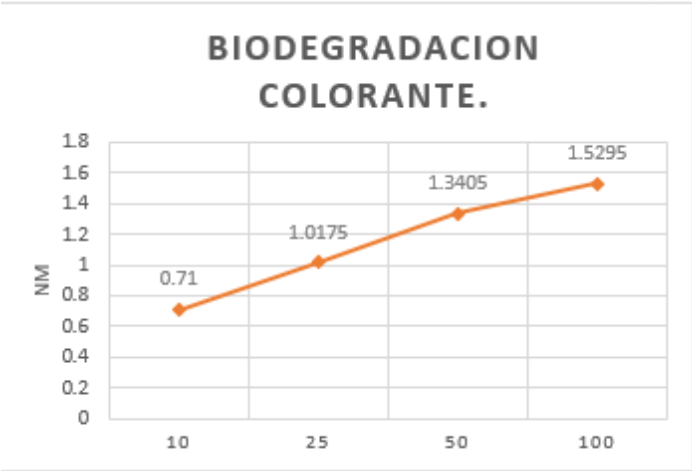
Se incluyó un control negativo sin pigmento añadido al agar para determinar el crecimiento natural de *Pseudomonas fluorescens* en ausencia de contaminantes. Este control permitió

comparar y analizar el efecto directo de los pigmentos industriales sobre el crecimiento bacteriano.

RESULTADOS. Biodegradación de colorantes



	NT 0 h	T 0 h	NT 24 h	T 24 h
10 ppm	0.068	0.085	0.693	0.727
25 ppm	0.203	0.182	0.808	1.227
50 ppm	0.407	0.386	1.033	1.648
100 ppm	0.786	0.776	1.926	1.133



Línea en tendencia: y = 0.00854: x = 0.754

CONCLUSIONES. Adaptabilidad y Crecimiento: El estudio demuestra que la bacteria Pseudomonas fluorescens es capaz de crecer y proliferar en medios de cultivo con diferentes concentraciones de pigmentos industriales. Esto sugiere que la bacteria puede adaptarse y prosperar en ambientes contaminados con pigmentos textiles, confirmando su capacidad de supervivencia en condiciones adversas. Potencial de Biorremediación: Los resultados respaldan el potencial de Pseudomonas fluorescens como agente bioremediador para el tratamiento de aguas residuales pigmentadas de la industria textil. La capacidad de esta bacteria para proliferar en presencia de colorantes industriales indica que podría ser eficaz en la degradación de estos compuestos, contribuyendo a la reducción de la carga contaminante. Alternativa Sostenible: La habilidad de Pseudomonas fluorescens

para manejar pigmentos industriales ofrece una solución biológica y sostenible frente a los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Esto podría facilitar la implementación de estrategias de biorremediación más ecológicas y económicas en la industria textil. Impacto Ambiental: La integración de Pseudomonas fluorescens en sistemas de tratamiento de efluentes textiles podría mejorar la eficiencia en la remoción de pigmentos y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Esto es significativo dado el impacto negativo de los contaminantes de color en los ecosistemas acuáticos y la necesidad de métodos de tratamiento más efectivos y menos costosos.
4o mini

REFERENCIAS.

- Ali, S., Khan, M. I., & Ahmed, M. (2021). Biodegradation of azo dyes by Pseudomonas fluorescens: Mechanisms and applications. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 56(12), 1141-1154. https://doi.org/10.1080/10934529.2021.1921181
- Gómez, R., & Rodríguez, P. (2021). Environmental challenges and sustainable practices in the textile industry. Sustainable Chemistry & Pharmacy, 19, 100392. https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100392
- Khan, M. S., Khan, M. I., & Rehman, F. (2019). Challenges in the removal of textile dyes from industrial wastewater. Environmental Monitoring and Assessment, 191(3), 169. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7312-8
- Khan, M. I., Ali, S., & Khan, M. A. (2023). Degradation of synthetic dyes by Pseudomonas fluorescens: A review of recent advancements. Applied Microbiology and Biotechnology, 107, 3407-3420. https://doi.org/10.1007/s00253-023-12731-7
- Wang, Z., Zhang, S., & Li, Y. (2020). Advanced oxidation processes for the removal of textile dyes from wastewater: A review. Chemical Engineering Journal, 387, 124287. https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.124287
- Zhang, X., Liu, J., & Zhang, H. (2022). Enzymatic degradation of azo dyes: Mechanisms and applications. Applied Microbiology and Biotechnology, 106(4),1251-1264. https://doi.org/10.1007/s00253-021-11495-1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224149

RECUPERACIÓN DE 1,3-PROPANODIOL DE SOLUCIONES ACUOSAS MEDIANTE SISTEMAS ACUOSOS DE DOS FASES

Luis Caballero-Sanchez[1], Ana Alejandra Vargas-Tah[2], Pedro Eduardo Lázaro-Mixteco[3], Agustín Jaime Castro-Montoya[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; luis.caballero@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ana.vargas@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pedro.lazaro@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ajcastro@umich.mx

Palabras Clave: 1,3-propanodiol, ATPS, equilibrio líquido-líquido.

RESUMEN. El 1,3-propanodiol (PDO) es un importante producto químico comercial utilizado como intermediario o disolvente en las industrias farmacéutica, alimentaria y textil. Entre sus aplicaciones se encuentran productos de limpieza, cosméticos y especialmente la producción de polímeros como el tereftalato de politrimetileno y el poliuretano. La producción biológica de PDO a partir de glicerol o glucosa utilizando microorganismos está ganando importancia. Este método ofrece una alternativa sostenible y ecológica a la síntesis química; sin embargo, la recuperación del PDO de los caldos de fermentación es de alto consumo energético debido a la baja concentración que se obtiene en los caldos de fermentación, su alto punto de ebullición y su completa miscibilidad en agua, lo cual motiva a proponer rutas de separación que disminuyan los requerimientos energéticos. En este trabajo se propuso recuperar PDO de soluciones acuosas utilizando sales inorgánicas para formar sistemas acuosos de dos fases (ATPS). Se evaluó el efecto salino de los siguientes compuestos: carbonato de potasio, (K2CO3); fosfato de potasio dibásico, (K2HPO4) y fosfato de sodio monobásico, (NaH2PO4), como agentes formadores de fase. Las sales mostraron el siguiente orden de acuerdo al grado de deshidratación del PDO: K2HPO4 > K2CO3 > NaH2PO4. El K2HPO4 presentó el efecto salino más fuerte, logrando concentrar una solución acuosa de PDO del 13.5 %masa al 83.07 %masa con un coeficiente de reparto (Kp) de 266.49 ± 0.05 y una recuperación (Y) de 93.86 ± 0.04%. Por lo tanto, el ATPS formado por el sistema ternario K2HPO4 + PDO + H2O es una técnica prometedora para la recuperación de PDO de soluciones acuosas.

INTRODUCCIÓN. El 1,3-propanodiol (PDO) es un importante producto químico comercial utilizado como intermediario o disolvente en las industrias farmacéutica, alimentaria y textil (Zhu et al., 2022). Entre sus aplicaciones se encuentran productos de limpieza, cosméticos y especialmente la producción de polímeros como el tereftalato de politrimetileno y el poliuretano. La producción biológica de PDO a partir de glicerol o glucosa utilizando microorganismos está ganando importancia. Este método ofrece una alternativa sostenible y ecológica a la síntesis química (Zhu et al., 2022); sin embargo, la recuperación del PDO de los caldos de fermentación es de alto consumo energético debido a la baja concentración que se obtiene en los caldos de fermentación, su alto punto de ebullición y su completa miscibilidad en agua, lo cual motiva a proponer rutas de separación que disminuyan los

requerimientos energéticos. Los sistemas acuosos de dos fases (ATPS) son una técnica de extracción líquido-líquido que se ha sido empleada en la separación de una amplia gama de productos que incluyen enzimas (Silvério et al., 2013), pigmentos (Ruiz et al., 2018), bioproductos (Narisetty et al., 2021), entre otros. La simplicidad del equipo requerido y condiciones suaves de operación hacen que esta técnica sea atractiva para recuperar productos biotecnológicos.

ANTECEDENTES. Se han empleado ATPS para recuperar PDO de caldos de fermentación utilizando líquidos iónicos y sales como el propionato de pirrolidinio con K3PO4 (Matsumoto et al., 2022) y solventes orgánicos y sales como el uso de isopropanol con K2HPO4 y el etanol con NaH2PO4 (Vivek et al., 2018). Por otro lado, el uso de sales de potasio como K2CO3, K3PO4 y K4P2O7 han sido empleadas para separar el PDO de soluciones acuosas sin utilizar un agente extractante (Xie et al., 2016).

OBJETIVO. Determinar el equilibrio líquido-líquido de los sistemas K2HPO4/K2CO3/NaH2PO4 + PDO + H2O y evaluar la recuperación del PDO de soluciones acuosas en esquemas de separación líquido-líquido.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diagramas de equilibrio. Se prepararon mezclas de 5 g, variando la proporción de PDO, sal y agua. Estas pruebas consistieron en utilizar 3 sales: carbonato de potasio (K2CO3), fosfato de potasio dibásico (K2HPO4) y fosfato de sodio monobásico monohidratado (NaH2PO4·H2O). Primero se disolvió la sal en agua y después se añadió el PDO, las mezclas se agitaron en vórtex y se dejaron reposar a 25 °C durante 24 h para asegurar la formación de dos fases en un criotermostato (JULABO modelo CORIO CP 200F). Después se tomó una muestra de 1 ml de cada una de las fases para analizar su composición. Cada uno de los experimentos se realizó por triplicado.

Análisis de la composición de las fases. La determinación de las sales se realizó a través de gravimetría, se evaporó el agua y el PDO de una muestra a 180 °C por 24 h utilizando una mufla (Felisa, modelo FE-340), donde el residuo representa el contenido de sal; la cantidad de agua se determinó mediante el titulador automático Karl Fischer (METTLER TOLEDO, modelo V20S). El porcentaje de PDO se determinó por diferencia. Adicionalmente, la concentración de PDO en ambas fases fue determinada por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) mediante un cromatógrafo de la marca Varian modelo ProStar 410 con un detector de infrarrojo modelo 350 y una columna Rezex ROA-Organic Acid+ de 300 x 7.80 mm a 85 °C, se utilizó una solución de H2SO4 0.5 mN como fase móvil a un flujo de 0.5 mL/minuto.

Evaluación de los parámetros de los ATPS. Se evaluaron los parámetros de los ATPS para cada una de las líneas de reparto que incluyen el coeficiente de partición, la recuperación y la pureza. La distribución del PDO en las fases formadas es descrita por el coeficiente de partición, Kp. La recuperación (Y) indica la cantidad de PDO que se distribuyó en la fase orgánica con respecto a la cantidad de PDO en la mezcla inicial. La pureza (P) representa el porcentaje en masa del PDO en la fase orgánica.

Recuperación de PDO de soluciones acuosas. La máxima concentración reportada de PDO en un caldo de fermentación es de alrededor de 135 g/L. Se tomó dicha concentración como referencia y se prepararon soluciones acuosas de PDO al 13.5% masa, a cada una de ellas se les añadió una sal diferente para llevar el punto de mezcla a la línea de reparto

más baja de cada uno de los diagramas ternarios. La masa total de la mezcla fue de 60 g para cada uno de los sistemas ternarios (sal + PDO + H2O). Las mezclas se colocaron en probetas de 50 ml y se dejaron reposar durante 24 h a 25 °C. Después, se midió el volumen de cada una de las fases y se tomó una muestra de 1 ml de ambas fases para analizar su composición. Los experimentos se realizaron por triplicado.

RESULTADOS.

Equilibrio líquido-líquido. Para los sistemas $K_2HPO_4/K_2CO_3/NaH_2PO4$ + PDO + H_2O, se muestran las líneas de reparto experimentales a 25 °C en la Tabla 1. La fase superior fue denominada fase orgánica puesto que el principal componente es el PDO y la fase inferior fue denominada fase acuosa.

Línea de reparto	**Fase Orgánica**			**Fase acuosa**		
	K_2HPO_4	PDO	H_2O	K_2HPO_4	PDO	H_2O
1	0.0059	0.8307	0.1634	0.6445	0.0130	0.3425
2	0.0079	0.7845	0.2076	0.5988	0.0263	0.3749
3	0.0129	0.7183	0.2688	0.5521	0.0395	0.4084
4	0.0237	0.6400	0.3363	0.5030	0.0491	0.4479
5	0.0435	0.5604	0.3961	0.4556	0.0621	0.4823
6	0.0952	0.4422	0.4626	0.3783	0.1042	0.5175
	K_2CO_3	PDO	H_2O	K_2CO_3	PDO	H_2O
1	0.0619	0.7426	0.1955	0.4955	0.0425	0.4620
2	0.0647	0.7055	0.2298	0.4722	0.0499	0.4779
3	0.0729	0.6640	0.2631	0.4438	0.0602	0.4960
4	0.0902	0.5941	0.3157	0.4077	0.0857	0.5066
5	0.1229	0.5099	0.3672	0.3633	0.1215	0.5152
	NaH_2PO_4	PDO	H_2O	NaH_2PO_4	PDO	H_2O
1	0.1792	0.3872	0.4336	0.4133	0.1399	0.4468

Tabla 1. *Líneas de reparto para el sistema $K_2HPO_4/K_2CO_3/NaH_2PO_4$ + PDO + H_2O, en fracción másica.*

Los sistemas que incluyen K_2CO_3 y K_2HPO_4, presentaron la formación de dos fases, una fase ligera compuesta principalmente por PDO y una fase pesada compuesta principalmente por la sal. Para el caso del NaH_2PO_4, se encontró una sola línea de reparto, en la cual, la composición del PDO no predomina en ninguna de las fases, por lo que presenta un efecto salino débil. En la Fig. 1 se observa un aumento en el coeficiente de partición, la recuperación y pureza de PDO cuando se aumenta la cantidad de sal en la mezcla inicial de los ATPS. En este caso, el K_2HPO_4 presentó los valores más altos de los parámetros, este efecto está directamente relacionado con la solubilidad de las sales. Dado que el K_2HPO_4 tiene mayor solubilidad que el K_2CO_3 y el NaH_2PO_4, se puede utilizar una mayor concentración inicial de K_2HPO_4, lo que reduce la solubilidad del componente

orgánico (PDO) en agua, favoreciendo su recuperación y aumentando la pureza del PDO en la fase superior.

Evaluación de los parámetros de los ATPS. La Fig. 1 muestra el efecto de la molalidad inicial de las sales, m_i, en los parámetros de los ATPS para cada una de las líneas de reparto.

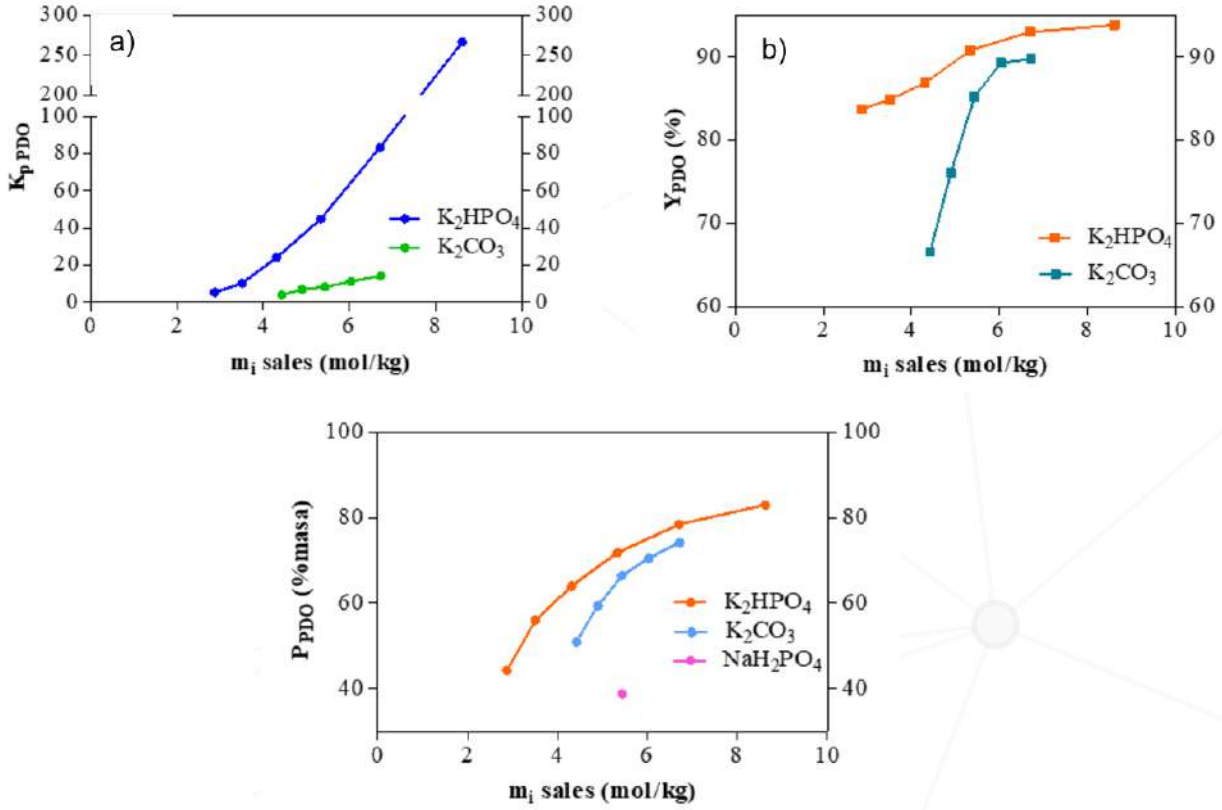


Fig. 1. *Efecto de la molalidad inicial de las sales en los parámetros de los ATPS: a) coeficiente de partición, b) recuperación y c) pureza.*

Recuperación de PDO de soluciones acuosas.
En la separación de PDO de soluciones acuosas utilizando K_2HPO_4 se obtuvieron los siguientes valores: K_p de 266.49 ± 0.05, Y de 93.86 ± 0.04 y P de 83.07 ± 0.75; mientras que al utilizar K_2CO_3 se obtuvo K_p de 14.25 ± 3.22, Y de 89.76 ± 0.03 y P de 73.56 ± 0.48. Los ATPS se evaluaron en la línea de reparto con la pureza más alta. En este caso, no se utilizó NaH_2PO_4 para evaluar la recuperación de PDO, debido a que la línea de operación no cae en la única línea de reparto, indicando que no es posible formar dos fases.

CONCLUSIONES. Las sales probadas promovieron la formación de dos fases en soluciones acuosas de PDO, sin la presencia de un extractante adicional. Las sales mostraron el siguiente orden de acuerdo a la recuperación del PDO en los ATPS formados: K2HPO4 > K2CO3 > NaH2PO4. El K2HPO4 presentó el efecto salino más fuerte, logrando concentrar una solución acuosa de PDO del 13.5% masa al 83.07% masa con Kp de 266.49 ± 0.05 y Y de 93.86 ± 0.04%. Por lo tanto, el ATPS formado por el sistema ternario K2HPO4

+ PDO + H2O es una técnica prometedora para la recuperación de PDO de soluciones acuosas.

REFERENCIAS.

1. Zhu, F., Liu, D., & Chen, Z. (2022). Recent advances in biological production of 1,3-propanediol: new routes and engineering strategies. Green Chemistry, 24(4), 1390-1403. https://doi.org/10.1039/d1gc04288b
2. Silvério, S., Rodríguez, O., Tavares, A., Teixeira, J., & Macedo, E. (2013). Laccase recovery with aqueous two-phase systems: Enzyme partitioning and stability. Journal Of Molecular Catalysis B Enzymatic, 87, 37-43. https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2012.10.010
3. Ruiz, C. A. S., Emmery, D. P., Wijffels, R. H., Eppink, M. H., & Van Den Berg, C. (2018). Selective and mild fractionation of microalgal proteins and pigments using aqueous two-phase systems. Journal Of Chemical Technology & Biotechnology, 93(9), 2774-2783. https://doi.org/10.1002/jctb.5711
4. Narisetty, V., Amraoui, Y., Abdullah, A., Ahmad, E., Agrawal, D., Parameswaran, B., Pandey, A., Goel, S., & Kumar, V. (2021). High yield recovery of 2,3-butanediol from fermented broth accumulated on xylose rich sugarcane bagasse hydrolysate using aqueous two-phase extraction system. Bioresource Technology, 337, 125463. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125463
5. Matsumoto, M., Shinji, F., & Tahara, Y. (2022). Extraction of 1,3-propanediol with aqueous two-phase systems formed by protic ionic liquids and inorganic salts. Solvent Extraction Research And Development, Japan, 29(2), 67-71. https://doi.org/10.15261/serdj.29.67
6. Vivek, N., Pandey, A., & Binod, P. (2018). An efficient aqueous two phase systems using dual inorganic electrolytes to separate 1,3-propanediol from the fermented broth. Bioresource Technology, 254, 239-246. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.076
7. Xie, S., Qiu, X., Ji, W., & Yi, C. (2016). Salting-out of 1,3-propanediol from aqueous solutions by inorganic electrolytes. Journal Of Chemical Technology & Biotechnology, 91(11), 2793-2801. https://doi.org/10.1002/jctb.4886

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224150

SUSTENTABILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE TEÑIDO TEXTIL: TECNOLOGÍAS EMERGENTES Y DESAFÍOS PARA UNA INDUSTRIA ÉTICA

Chávez Chávez Lorena, Hernández Suárez Verónica, Herrera Silva Xaneri Alejandra[3], Santibañez Navarro Omar Said[4], Silva Patricio Elizabeth[5], David García Hernández[6], Arturo Calderón Castro[7], José Oscar Hernández Bautista[8], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[9]

1 Universidad Tecnológica de Morelia; utm210019dmi@ut-morelia.edu.mx

2 Universidad Tecnológica de Morelia; hsveronica02@gmail.com

3 Universidad Tecnológica de Morelia; xaneri71@gmail.com

4 Universidad Tecnológica de Morelia; omarsaidnavarromejia14@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de Morelia; silvapatricio@gmail.com

6 Universidad Tecnológica de Morelia; david.garcia@ut-morelia.edu.mx

7 Universidad Tecnológica de Morelia; acalderonc82@gmail.com

8 Universidad Tecnológica de Morelia; maneoskar2010@gmail.com

9 Universidad Tecnológica de Morelia; Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: Sostenibilidad, impacto ambiental, teñido textil.

RESUMEN. Este artículo analiza los procesos de teñido en la industria textil, destacando la necesidad urgente de reducir su impacto ambiental y social debido al uso intensivo de recursos naturales y químicos tóxicos. La investigación evalúa tecnologías emergentes, como el uso de tintes naturales, el teñido sin agua y tintes sintéticos de bajo impacto, considerando su viabilidad económica, sostenibilidad, salud y seguridad, y eficiencia en la industria. El estudio subraya la importancia de incorporar prácticas sostenibles para reducir el consumo de recursos y residuos, al tiempo que reconoce los desafíos económicos, geográficos y tecnológicos en su implementación. También enfatiza el papel de la educación y la concienciación del consumidor en la transición hacia una industria textil más ética y responsable.

INTRODUCCIÓN. El proceso de teñido en la industria textil consiste en la impregnación de colorantes en textiles para cambiar su color original. Este procedimiento tiene miles de años de historia, con evidencia de su uso en China, India, Egipto y Medio Oriente. Hasta mediados del siglo XIX, los tintes naturales fueron la única fuente de color, y las técnicas de teñido eran valiosas y únicas para cada comunidad. A pesar de su importancia en la creación de prendas, el teñido tiene un gran impacto ambiental y social debido al uso intensivo de agua y productos químicos tóxicos. Se requieren entre 100 y 150 litros de agua por cada kilogramo de textil procesado, lo que genera presión sobre los recursos hídricos, especialmente en áreas afectadas por la escasez de agua y el cambio climático. Para mitigar estos problemas, es fundamental adoptar prácticas más sostenibles que conserven los recursos naturales y protejan la salud de las comunidades y ecosistemas afectados.

ANTECEDENTES. El teñido textil convencional ha generado graves preocupaciones ambientales debido al uso de productos químicos tóxicos, alto consumo de agua y la producción de aguas residuales contaminantes, que afectan los ecosistemas. Para mitigar estos efectos, la industria textil ha comenzado a adoptar prácticas más sostenibles, como el uso de colorantes naturales de origen vegetal y mineral, junto con el desarrollo de colorantes sintéticos menos tóxicos y técnicas que requieren menos agua y energía, como el teñido en seco. El reciclaje y tratamiento de aguas residuales también se han vuelto esenciales para reducir la contaminación, y certificaciones como GOTS y OEKO-TEX garantizan procesos más sostenibles. Además, se han implementado regulaciones más estrictas sobre el uso de químicos y la gestión de efluentes. El futuro de la industria apunta hacia innovaciones tecnológicas más ecológicas y el fomento de modelos de economía circular, donde los productos se diseñan para ser reciclados o reutilizados, contribuyendo a reducir el impacto ambiental y mejorar las condiciones laborales.

OBJETIVO. Analizar y evaluar las prácticas de sostenibilidad en la producción de teñido textil, identificando las técnicas, materiales y procesos que minimizan el impacto ambiental y promueven una producción más eco-friendly.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Examinar las técnicas de teñido textil tradicionales y sus impactos ambientales, identificando las principales fuentes de contaminación y consumo de recursos. Investigar el uso de colorantes naturales y su eficacia en comparación con los colorantes sintéticos, evaluando su impacto ambiental y beneficios para la salud. Evaluar las innovaciones tecnológicas y métodos sostenibles en el teñido textil, como los sistemas de reciclaje de aguas y la aplicación de colorantes sin agua, y su adopción en la industria.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Proceso de teñido con tintes naturales

Vegetales. Se obtienen de fuentes naturales y se utilizan para teñir diversos materiales. El proceso de teñido con colorantes naturales implica varios pasos, que pueden variar según el material y el tipo de colorante utilizado.



Ilustración 1*.Proceso de teñido con tintes vegetales.*
Fuente: Elaboración propia, abril 2024

Animales. El proceso de teñido con tintes de origen animal implica extraer el colorante mediante distintos métodos. Luego, se aplica al tejido usando técnicas como inmersión, estampado o pincelado. Algunos de los tintes de origen animal más comunes son:

1. **Cochinilla:** Un insecto utilizado para obtener tonos rojos, rosas y morados.
2. **Nogalina:** Proveniente de los frutos verdes del nogal.
3. **Kermes:** Un insecto que se utiliza para obtener tonos rojos .

4. **Índigo:** El índigo se obtiene de la planta índigofera.

Minerales. El teñido con tintes minerales utiliza pigmentos naturales de minerales como arcilla, óxidos de hierro y sulfuros metálicos. Estos pigmentos se fijan a las fibras textiles mediante varias técnicas:

1. **Inmersión:** Las fibras se sumergen en un baño de tinte mineral, caliente o frío.
2. **Estampado:** Se emplean sellos o plantillas para aplicar el pigmento.
3. **Batik:** Utiliza cera caliente para resistir el tinte mineral en ciertas áreas.
4. **Teñido por agotamiento:** Las fibras se sumergen en un baño saturado de pigmento mineral.

Teñidos y colorantes sintéticos. En la industria textil se utilizan tanto tintes naturales como sintéticos, estos últimos a menudo derivados del petróleo. Los principales tipos de colorantes sintéticos incluyen:

- **Colorantes Ácidos:** Compuestos de ácidos sulfónicos y nitrofenoles.
- Colorantes Básicos: Usados para lana, seda y acrílicos, producen colores vivos y brillantes.
- **Colorantes Directos:** Se aplican directamente al tejido.
- **Colorantes a la Tinta** (Índigo Sintético): Necesitan oxígeno para activarse y se aplican en su forma reducida.
- **Colorantes Dispersos:** Empleados para rayón, acetatos y poliésteres.
- **Colorantes Sulfurosos:** Usados en fibras celulósicas.
- **Colorantes de Complejo Metálico:** Requieren mordiente y se aplican principalmente en lana.

Teñido sin agua. Es una tecnología ideada por la compañía holandesa DyeCoo Textile Sstems BV, se trata de un proceso de teñido que no necesita agua ni productos químicos, usando CO_2 que produce cero desechos y es económicamente viable. El CO_2 se calienta a 31 grados y se presuriza a 74 bares. En ese momento el CO_2 llega a un estado llamado supercrítico en donde tiene propiedades de líquido y de gas. Esto permite disolver los tintes. Para el proceso de DyeCoo Textile System, el CO_2 se calienta a 120 grados y se presuriza a 250 bares. El CO_2 penetra las fibras textiles y dispersa los tintes sin agentes químicos extras. Una vez el proceso ha terminado, el CO_2 se gasifica de nuevo para recuperar el exceso de tinte. Descontaminado completamente, el CO_2 limpio se introduce de nuevo en el sistema y se reúsa al 90% ahorrando energía, agua y metales pesados.

RESULTADOS. Al analizar detenidamente cada uno de los procesos de teñido, nos hemos detenido en un análisis minucioso para complrender las complejidades y matices que rodean a cada uno de ellos. En este proceso, hemos evaluado las ventajas y desventajas asociadas con el uso de diferentes métodos de teñido, buscando identificar las razones por las cuales las empresas deberían optar por uno u otro en sus operaciones textiles.

	Tintes naturales	Tintes sintéticos	Teñido sin agua
Ventajas	• 100% seguros, no son tóxicos. • Se obtienen de fuentes renovables.	• El costo de compra es más barato. • Ofrecen una gran variedad de colores y	• No hay consumo de agua ni químicos. • Tiene alta penetración de teñido debido al gas.

	• Biodegradables en corto plazo.	propiedades a las telas.	
Desventajas	• Se requiere mayor cantidad de tinte para una profundidad de color. • Necesitan agentes fijadores que incluyen sales con metales pesados para fijar el color. • No funciona con telas sintéticas.	• Se consume gran cantidad de agua en el proceso de teñido. • Contienen materiales dañinos para la salud y el medio ambiente. • Procesos contaminante.	• No es una tecnología al alcance de cualquier marca. • Por ahora, este proceso es únicamente capáz de teñir polyester preparado • La maquinaria es muy cara.

Tabla 1. *Cuadro comparativo sobre los distintos tipos de teñidos textiles.*
Fuente: Elaboración propia, abril 2024

CONCLUSIONES. El proceso del teñido sintético, si bien es conocido por su eficiencia y rentabilidad en la industria textil, plantea serias preocupaciones debido a su alta toxicidad. Por otro lado, los tintes naturales emergen como una alternativa menos dañina para la salud humana y el entorno social, aunque su uso se ve limitado por su menor rentabilidad económica y su incompatibilidad con fibras sintéticas. Parece ser que la idea del teñido sin agua es probablemente una solución para mitigar el impacto ambiental de la industria textil, especialmente para grandes empresas, Sin embargo, para pequeños productores, esta opción puede parecer inalcanzable, debido a las barreras financieras y de infraestructura.
En este contexto, la clave reside en encontrar un equilibrio que satisfaga las necesidades del cliente y las demandas del mercado, considerando factores económicos, sociales y medioambientales. Es posible que, a medida que la ciencia y la tecnología avanzan, se pueden ir intercalando las distintas tecnologías, así mismo tanto empresas como consumidores, nos volvemos más conscientes. Al final, más allá de la técnica de teñido usada, el problema está en el uso de producción y de consumo, pues, cualquier producto por natural que sea, usado en concentraciones altas es perjudicial para el medio ambiente. Es importante adoptar un enfoque holístico que promueva prácticas más sostenibles en toda la cadena de suministros textiles, desde la producción hasta el consumo final. Solo así se podrá alcanzar un equilibrio entre la prosperidad económica, la responsabilidad social y la perseveración del medio ambiente para las generaciones futuras.

REFERENCIAS.

1. Fran. (2020, 26 enero). DyeCoo, teñido sostenible de telas sin agua y libre de colorantes. Blog de Francisco Torreblanca. https://franciscotorreblanca.es/dyecoo-tenido-sostenible-telas/
2. Ramírez, R. (2015). Confección del Vestido e Industria Textil (1.a ed.).
3. Tecnología y confección del vestido (3.a ed.). (2009). Ma. Emilia de Lourdes Hernández Betancourt.
4. Tintes naturales vs Tintes sintéticos. (2015, 6 diciembre). Ester Xicota. https://www.esterxicota.com/tintes-naturales-vs-tintes-sinteticos/
5. DyeCoo - Dyecoo. (2023, 29 junio). Dyecoo. https://dyecoo.com/dyecoo/

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224152

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE UN PANTALÓN DE MEZCLILLA EN LA INDUSTRIA TEXTIL: COMPARACIÓN DE METODOLÓGICA

Sofia Domínguez Figueroa[1], Anairely Ramírez Vázquez[2], Valeria Itchel Magaña Zúñiga[3], Andy Maldonado Calderón[4], Janette Ballines Ramírez[5], Griselda Yunuen Villa García[6], Adriana Calderón Martínez[7], Arturo Calderón Castro[8], José Oscar Hernández Bautista[9], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[10]

1 Universidad Tecnológica de Morelia Sofiafigueroa050703@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia anairely19@gmail.com

3 Universidad Tecnológica de Morelia valeria.magana2003@gmail.com

4 Universidad Tecnológica de Morelia andymalcal111@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de MoreliaJanettermz.17@gmail.com

6Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

7 Universidad Tecnológica de Morelia Adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx

8 Universidad Tecnológica de Morelia acalderonc82@gmail.com

9 Universidad Tecnológica de Morelia maneoskar2010@gmail.com

10 Universidad Tecnológica de Morelia Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Impacto ambiental, Normas ISO 14040, Recursos y desechos, Industria textil, Producción de jeans, Tecnologías sostenibles.

RESUMEN. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta clave para evaluar el impacto ambiental de un producto o proceso a lo largo de todas sus etapas, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Regulada por las normas ISO 14040, esta metodología ofrece una visión integral al considerar tanto los recursos utilizados como las emisiones y desechos generados. Esto permite identificar puntos críticos y proponer mejoras para minimizar el impacto ambiental. El ACV se compone de cuatro fases: la definición de objetivos y alcance, el inventario de ciclo de vida (ICV), la evaluación del impacto (EICV) y la interpretación de resultados. Este enfoque integral evita transferencias de impacto entre fases y facilita la toma de decisiones más sostenibles. Industria como la textil, especialmente en la producción de jeans, ha adoptado el ACV para reducir su impacto ambiental. La producción de jeans, aunque conocida por su durabilidad, utiliza grandes cantidades de productos químicos y recursos naturales, lo que contamina el agua, el aire y el suelo. Tecnologías más sostenibles, como la nebulización, el uso de láser y gas ozono, han ayudado a mitigar estos efectos.

INTRODUCCIÓN. El impacto ambiental generado por las actividades humanas ha impulsado la necesidad de desarrollar herramientas metodológicas que permitan evaluar y reducir este impacto. Una de las más relevantes es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el cual se utiliza para medir los impactos ambientales de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la obtención de las materias primas hasta su

disposición final. Esta metodología ofrece una visión integral, considerando tanto las entradas (recursos y energía) como las salidas (emisiones y desechos), lo que permite identificar puntos críticos de mejora y minimizar los daños ambientales. El ACV se ha regido bajo la familia de normas ISO 14.040, que establece un marco común para su aplicación, facilitando la comparación de resultados entre diferentes productos y procesos. Dicho marco metodológico se compone de cuatro fases principales: la definición de objetivos y alcance, el desarrollo del inventario de ciclo de vida (ICV), la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) y la interpretación de resultados. Cada una de estas fases cumple un papel fundamental en la obtención de un análisis detallado y preciso de los impactos ambientales asociados a las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto. Uno de los elementos más importantes del ACV es su enfoque holístico, que considera todos los procesos involucrados en el ciclo de vida de un producto, evitando la transferencia de impactos de una fase a otra. Este enfoque permite evaluar el impacto ambiental de manera integral, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final del producto, lo que se denomina comúnmente como "de la cuna a la tumba". No obstante, también existen otras variantes como el análisis "de la cuna a la puerta" o "de la puerta a la puerta", que se centran en fases específicas del ciclo. La creciente preocupación por la sostenibilidad ha llevado a la adopción del ACV en diversas industrias como una herramienta clave para el diseño de productos más sostenibles. Gracias a la capacidad del ACV para identificar los procesos más impactantes dentro de un ciclo de vida, se han implementado estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, optimizar el uso de recursos naturales y disminuir la generación de residuos. De manera que, el ACV se presenta como una herramienta esencial en la lucha contra el cambio climático y la degradación ambiental. A medida que las empresas y los gobiernos buscan soluciones sostenibles, el uso del ACV se está consolidando como una práctica común en la evaluación ambiental y en la toma de decisiones orientadas a la mejora del desempeño ambiental de los productos y procesos.

ANTECEDENTES. Las normativas ISO son un conjunto de estándares internacionales desarrollados por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) que buscan garantizar la calidad, seguridad y eficiencia en diferentes sectores y actividades industriales. En particular, las normativas ISO 14040 están orientadas a la gestión ambiental y proporciona el marco para realizar un análisis del ciclo de vida, que es una herramienta metodológica utilizada para evaluar los impactos ambientales asociados a un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Establecen un conjunto de directrices globales que aseguran que los procedimientos sean consistentes y puedan ser aplicados de manera uniforme en distintos contextos y países. En el caso del análisis de ciclo de vida, las normativas ISO 14040 y 14044 son fundamentales. La ISO 14040:2006 define los principios y el marco general del ACV, mientras que la ISO 14044:2006 establece los requisitos y directrices específicas para llevar a cabo dicho análisis. De acuerdo con el documento, el análisis de ciclo de vida se centra en evaluar el impacto ambiental de un sistema desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final, lo que se conoce como enfoque "de la cuna a la tumba". Esto permite a las organizaciones identificar en qué puntos del ciclo de vida de un producto se generan los mayores impactos ambientales y tomar medidas para mitigarlos. Las normativas ISO en el ámbito del análisis de ciclo de vida tienen como función principal estandarizar el procedimiento, de modo que los estudios realizados por diferentes entidades sean comparables, transparentes y verificables. Estas normativas aseguran que el enfoque metodológico sea consistente y que los resultados obtenidos puedan ser auditados y replicados por terceros. De este modo, los

estudios de ACV realizados bajo el marco de las normativas ISO tienen validez global y son reconocidos por diversas industrias y gobiernos. Específicamente, estas normativas permiten que los estudios de ACV se realicen de manera que incluyan todas las fases relevantes del ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas, pasando por la manufactura, distribución, uso y disposición final. Este enfoque holístico es clave para evitar la transferencia de cargas ambientales de una fase del ciclo de vida a otra. Las normativas ISO se utilizan en diversas etapas del análisis de ciclo de vida. En resumen, las normativas ISO en el ámbito del análisis de ciclo de vida son esenciales para asegurar que los estudios se realicen de manera consistente, transparente y basada en datos cuantificables. Esto permite a las organizaciones no solo cumplir con regulaciones ambientales, sino también identificar áreas de mejora en sus productos o servicios, contribuyendo así a la reducción de impactos negativos sobre el medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS. Según investigaciones realizadas por la Universidad Federal de Pernambuco en Brasil, el Inventario de Ciclo de Vida (ICV) constituye una metodología clave para la evaluación exhaustiva del impacto ambiental de un producto o proceso a lo largo de todas sus fases, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Este análisis tiene en cuenta todas las entradas y salidas de recursos, como energía y materiales, así como las emisiones y residuos generados en cada etapa del ciclo de vida, abarcando procesos de producción, distribución, uso y desecho. La técnica permite una evaluación integral que proporciona una visión detallada del impacto ambiental acumulado a lo largo de la vida útil del producto. Para llevar a cabo el análisis del ciclo de vida (ACV), se emplea el software especializado SimaPro 8.2, una herramienta robusta utilizada para modelar y evaluar el impacto ambiental de productos y servicios. SimaPro permite analizar múltiples etapas del ciclo de vida, desde la extracción de recursos hasta la disposición final, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas en términos de sostenibilidad y gestión ambiental. Su capacidad para simular y comparar diferentes escenarios de producción lo convierte en una herramienta esencial para la evaluación medioambiental y el diseño de procesos más sostenibles. Un componente crítico de esta metodología es el método de evaluación de impacto ReCiPe, desarrollado por el Centro de Investigación de la Universidad de Ciencias Aplicadas de los Países Bajos. Este enfoque permite traducir los datos obtenidos del ACV en impactos ambientales específicos, organizados en categorías como cambio climático, acidificación y eutrofización. ReCiPe se basa en dos etapas principales: la caracterización, que asigna los impactos a las diferentes categorías mediante modelos cuantitativos, y la normalización y ponderación, que ajusta y compara los impactos en función de su relevancia relativa. Esta metodología permite obtener una evaluación comprensiva y jerarquizada de los impactos ambientales, lo que facilita la implementación de estrategias más eficientes en el diseño y la gestión de productos y procesos. Por último, para sustentar el análisis con datos precisos y verificables, se emplea la base de datos Ecoinvent, una de las más completas y reconocidas a nivel mundial en el ámbito del Inventario de Ciclo de Vida (LCI). Mantenida por la Ecoinvent Association, esta base de datos proporciona información detallada sobre los flujos de materiales y energía, así como sobre las emisiones y residuos derivados de una vasta gama de procesos industriales. Los datos disponibles en Ecoinvent abarcan desde la producción de materias primas hasta el uso y la disposición final de productos, siendo cruciales para la realización de estudios de ACV rigurosos. La precisión y el alcance de los datos de Ecoinvent son esenciales para la toma de decisiones informadas, especialmente en el desarrollo de productos sostenibles y en la mejora continua de procesos industriales desde una perspectiva ambiental.

Este conjunto de herramientas y métodos (SimaPro, ReCiPe y Ecoinvent) se utiliza en este estudio para evaluar, de manera científica y cuantitativa, el impacto ambiental de diferentes procesos de fabricación, proporcionando resultados robustos que facilitan la optimización de prácticas industriales hacia una mayor sostenibilidad.

Inventario del ciclo de vida de los procesos de jeans:

Una herramienta para la sostenibilidad. El texto de aborda la problemática ambiental asociada a la producción y procesamiento de jeans, destacando que, aunque el tejido Denim es reconocido por su durabilidad, los procesos de acabado necesarios para mejorar su usabilidad generan un impacto negativo en el medio ambiente. Las lavanderías procesadoras de jeans (LBJ) han empleado métodos tradicionales desde los años 70, utilizando grandes cantidades de productos químicos y recursos naturales, lo que ha resultado en contaminación del agua, aire y suelo. Como solución, se proponen técnicas Eco Friendly, como el uso de nebulización, láser y gas ozono, que minimizan el uso de insumos dañinos y reducen el consumo de agua y energía, promoviendo una producción más sostenible. Además, se destaca la necesidad de implementar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para medir y reducir el impacto ambiental en todas las fases del ciclo de vida de las prendas de mezclilla, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. El INEGI (2019) informa que el 63% de la industria textil mexicana se concentra en la región centro y noreste del país, en estados como Puebla, México, y Jalisco. En el estado de Hidalgo, la actividad industrial está diversificada y destacan los Parques Industriales, como el Parque Industrial Tepeji, que alberga empresas en sectores como el alimenticio, automotriz, metal-mecánico y textil. La ubicación estratégica del municipio de Tepeji del Río, con acceso a importantes vías de comunicación, lo convierte en un área de alto potencial para el desarrollo económico. Según Clemente (2005) objetivo calcular la huella de carbono del pantalón de mezclilla utilizando la norma ISO y un análisis del ciclo de vida (ACV). Se busca identificar las fases de mayor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y recomendar acciones para mitigar el impacto ambiental. Se recopilaron datos de cada etapa del ciclo de vida del producto a partir de registros empresariales y entrevistas con directivos y personal operativo. Los trabajos revisados muestran que la confección y el bordado son las etapas con mayor impacto ambiental, principalmente por el consumo de electricidad, el transporte y el uso de cloro. La huella de carbono del pantalón de mezclilla, calculada con el método Greenhouse Gas Protocol, muestra que la producción y obtención del algodón, así como la fabricación y bordado de la mezclilla, generan una huella significativa. En total, la producción semanal de desechos de CO_2 es de 340.33 kilogramos, lo que equivale a 16,335.65 toneladas anuales. Examina los impactos ambientales de la producción de jeans masculinos en Argentina utilizando el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El estudio abarca tres regiones y seis planteos técnicos, identificando que las fases de fabricación de la tela Denim y confección del pantalón representan el 70% de las emisiones en todas las categorías analizadas: calentamiento global, acidificación, eutrofización, adelgazamiento de la capa de ozono y oxidación fotoquímica. La Huella de Carbono de un pantalón es de 4,65 kg CO2eq, con la fabricación de tela Denim contribuyendo en un 43%. En acidificación, la tela Denim también es el principal contribuyente, seguido de la confección. En eutrofización, la confección del pantalón es la fase más relevante. El adelgazamiento de la capa de ozono y la acidificación fotoquímica tienen una mayor incidencia en la producción de tela Denim, con impactos adicionales derivados del uso de agroquímicos y combustibles en las fases agrícolas y de desmontaje.

RESULTADOS. El estudio demostró que la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es altamente efectiva para identificar y cuantificar los impactos ambientales asociados a la producción de jeans, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Los resultados indican que la fase de producción de la tela denim y la confección del pantalón son las etapas más críticas, contribuyendo significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, acidificación y eutrofización. En particular, el análisis reveló que la fabricación de la tela denim representa el 43% de las emisiones de carbono y tiene un impacto sustancial en otras categorías ambientales, como la acidificación y el adelgazamiento de la capa de ozono. Se encontró que las tecnologías tradicionales utilizadas en las lavanderías procesadoras de jeans generan elevados niveles de contaminación del agua, suelo y aire debido al uso intensivo de productos químicos y recursos naturales. Sin embargo, la implementación de tecnologías más sostenibles, como el uso de nebulización, láser y gas ozono, ha mostrado una notable reducción en el consumo de agua y energía, disminuyendo los impactos ambientales generales de la producción de jeans. Además, se destaca que la huella de carbono de un pantalón de mezclilla es de 4.65 kg de CO_2 equivalente, con un alto porcentaje de emisiones provenientes de las etapas de cultivo del algodón y fabricación de la tela. Estas cifras sugieren que existen oportunidades significativas para mitigar los impactos ambientales en estas fases mediante la adopción de prácticas más sostenibles en el suministro de materias primas y la optimización de los procesos de manufactura. El principal aporte de esta investigación radica en la identificación precisa de las fases críticas del ciclo de vida de los jeans que generan los mayores impactos ambientales, así como en la evaluación de tecnologías ecoamigables que tienen el potencial de reducir significativamente el consumo de recursos y las emisiones. Este estudio no solo proporciona una hoja de ruta clara para la implementación de mejores prácticas industriales, sino que también ofrece una base sólida para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental dentro de la industria textil, contribuyendo al desarrollo de una producción más sostenible.

CONCLUSIONES. La evaluación del impacto ambiental en la producción y procesamiento de jeans revela una problemática significativa que afecta al medio ambiente debido al uso intensivo de recursos y productos químicos. Los métodos tradicionales en las lavanderías procesadoras han contribuido a la contaminación del agua, el aire y el suelo, lo que demanda soluciones sostenibles y más responsables. A través de la implementación de técnicas Eco Friendly como la nebulización, el uso de gas ozono y láser, se ha demostrado que es posible reducir el consumo de agua, energía y productos químicos, lo que promueve una producción más eficiente y ambientalmente consciente.

REFERENCIAS.

1. Grillo Guzmán, N. (2021). Propuesta metodológica para el Análisis del Ciclo de Vida en alternativas de uso de subproductos y residuos de la agroindustria azucarera y la producción de etanol.
2. Aguayo, F., Estela, P. M., Lama, J. R., & Soltero, V. M. (2011). Ecodiseño. Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C). RC libros.
3. Clemente, A. R., Anazawa, I. A., & Durrant, L. R. (2005). Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by soil fungi. Brazilian Journal of Microbiology, 32(4), 255-261. https://doi.org/10.1590/S1517-83822001000400001
4. Clemente, G., Sanjuán, N. & Vivancos J.L. (2005) "Análisis del Ciclo de Vida: Aspectos Metodológicos y Casos Prácticos". Ed. Universidad Politécnica de Valencia.
5. Fundación Ecología y Desarrollo - ECODES. (2016). Sistema de Gestión Sostenible. Una Herramienta para la Promoción de la Responsabilidad Social de las Empresas. ECODES.
6. Cotton Incorporated (2011). Denim Jeans: State of the U.S. http://www.cottoninc.com/corporate/Market-Data/SupplyChainInsights/Denim-Jeans

7. AAPRESID. (2018). Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. Recuperado de Siembra Directa, ¿Qué es?: http://www.aapresid.org.ar/que-es/
8. Cotton Incorporated. (2012). Life Cycle Assessment of Cotton Fiber and Fabric. Obtenido de VISION 21, a project of The Cotton Foundation: http://cottontoday. cottoninc.com/wp-content/uploads/2014/07/LCA_Full_Report.pdf
9. Cotton Incorporated. (2016). U.S. Cotton Grower 2015 Natural Resource Survey Results. Obtenido de https://cottoncultivated.cottoninc.com/wp-content/ uploads/2015/12/NRS-White-Paper.final_.pdf
10. ARAGÃO JV S, COSTA AF S, SILVA G. L, SILVA S. M, MACÊDO J. S, GALDINO CJ S, MILANEZA VF A, SARUBBO L. A, Análisis del Ciclo de Vida Ambiental de Bacterias.Aidic, vol. 79, pág. 445-450,2020.
11. ASIM F, MAHMOOD M, Efectos de los parámetros del proceso en el lavado con ozono paramezclilla utilizando un diseño factorial 33.Revista de investigación de ingeniería y tecnología dela Universidad de Mehran, vol. 31, núm. 4, pág. 909-914 , Oct. 2017.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224153

RETROANÁLSIS DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE CON LA API DE RS2-PYTHON

Rosa Isela Medina Sandoval1, Carlos Chávez Negrete2
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rosa.isela.medina@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cachavez@umich.mx

Palabras Clave: Pavimentos, Retroanálisis, RS2-PYTHON.

RESUMEN. En carreteras es importante realizar evaluación periódica para programar rehabilitaciones, en caso de ser requeridas. La deflectometría es una técnica de auscultación no destructiva, con la que se aplica una carga y se miden velocidades por medio de geófonos. Con integración numérica se calculan las deflexiones y con ellas, mediante retroanálisis se determinan los módulos de elasticidad dinámicos en las capas de la estructura. El Retroanálisis consiste en determinar los módulos (a través de la teoría elástica multicapa, TEM), que generen las deflexiones medidas. Es un proceso iterativo, de propuesta de módulos, cálculo de deflexiones y comparación con deflexiones medidas, con la que se determina un error absoluto, que puede ser optimizado mediante una macro, o mediante un programa propio desarrollado en Python. Existen diferentes programas para realizar retroanálisis (TEM), en este caso desarrollamos nuestro propio programa de elemento finito, con la interfaz de programación de aplicaciones (API) de ROCSCIENCE. Nuestro retroanálisis, consiste en simular el pavimento en RS2 (ROCSCIENCE 2D), y con el programa de Python, manipulamos el modelo de RS2, para cambiar los módulos, correr el modelo, guardar las deflexiones calculadas, y determinar el error. Finalmente, por medio de una función para optimizar de la librería Scipy se minimiza el error, utilizando el método Nelder-Med. Se eligió el método de elemento finito (MEF), para realizar análisis elástico, dado que es una metodología más completa y que puede contemplar condiciones por ejemplo de borde, de interfaz de capas etc. Nuestros resultados (MEF) fueron comparados con los obtenidos con la hoja de cálculo ELLEA (TEM), obteniéndose resultados similares.

INTRODUCCIÓN. El deflectómetro de impacto (Fig. Figura 1) es una técnica de auscultación de pavimentos no destructiva, con la que se pueden determinar los módulos de elasticidad dinámicos, de las diferentes capas que conforman la estructura, a través de un retroanálisis. El deflectómetro deja caer una carga sobre el pavimento, y por medio de unos geófonos espaciados, mide las velocidades, y mediante integración numérica se determinan las deflexiones generadas por dicha carga, en cada uno de esos geófonos. El Retroanálisis consiste en determinar el módulo con el cual se llega a esas deflexiones, a través de la teoría elástica, es un proceso iterativo, de propuesta de módulos, obtención de deflexiones, y comparación de deflexiones calculadas con las medidas. Existen diferentes programas para realizar retroanálisis, tal es el caso de la macro Evaluación de módulo elástico de capas de estructuras de asfalto (ELLEA, por sus siglas en inglés), desarrollada por Superpave en 2016. la macro se desarrolló para determinar la respuesta de un pavimento flexible (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) debida a una o dos áreas

circulares, cargadas uniformemente en un semi-espacio elástico (Teoría elástica multicapa (TEM)), estratificado. Puede considerar hasta 5 capas totalmente adheridas, homogéneas, isotópicas y sin peso.

Para realizar retroanálisis con ELLEA, se sigue un procedimiento en paralelo con otra hoja de Excel, en la cual se proponen unos módulos iniciales, y se determinan las deflexiones con ELLEA, en esa otra hoja, se comparan las deflexiones calculadas contra las medidas, y se determina un error absoluto, y posteriormente un promedio de ese error, con ayuda del solver de Excel, se puede minimizar dicho error, cambiando los módulos, para poder calcular las mismas deflexiones medidas. Además del uso de ELLEA, para el retroanálisis, realizamos un código, mediante la nueva interfaz de programación de aplicaciones (API) de ROCSCIENCE 2D (RS2), y Python en el programa Visual Studio Code. Este código es de análisis elástico con modelado de elemento finito. Por último, se realizó la comparativa entre los resultados de ELLEA y nuestro código. EL retroanálisis con Python, consiste en la simulación numérica del caso de análisis en el programa RS2, y mediante el código en Python, se manipula el archivo de simulación numérica; se cambian los módulos de las diferentes capas de manera automática, se corre el modelo, se guardan las deflexiones medidas, y se comparan contra las calculadas, y al igual que el caso de ELLEA, se determina un error absoluto, y se programa una función para minimizar dicho error.

El error se minimiza con la ayuda de la herramienta Scipy y su librería optimizar, que incluye varias metodologías para minimizar el error, en este caso se utilizó el método Nelder-Med, puesto que determinó el menor error. El método **Nelder-Mead** es una técnica de optimización sin derivadas utilizada para encontrar el mínimo (o máximo) de una función de varias variables. Es particularmente útil cuando la función no es diferenciable, es discontinua o simplemente es costosa de evaluar con precisión. En Python, el paquete scipy. optimize proporciona una implementación de este método a través de la función scipy. optimize.minimize.

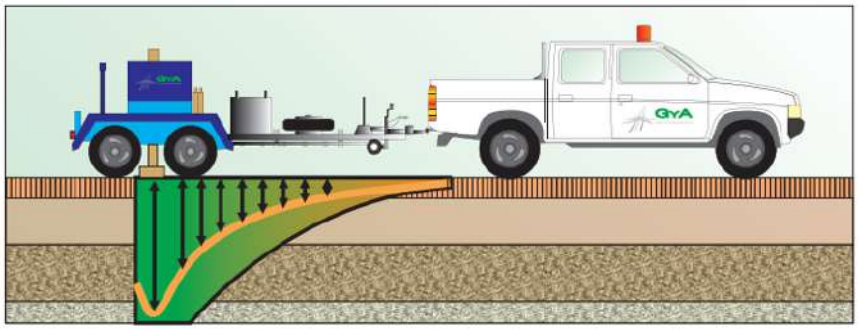


Figura 1. *Deflectómetro de impacto (http://gruposynapse.mx/services/auscultacion-de-pavimentos/evaluacion-estructural/).*

ANTECEDENTES. Los datos de análisis (espesores y relación de Poisson) y las deflexiones medidas, fueron tomados del tutorial de uso de ELLEA para retrocálculo y se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2, respectivamente.

Capa #	Espesor (mm)	Relación de Poisson (v)
1. Carpeta Asfáltica	150	0.30
2. Base Granular	200	0.35

3. Subbase	400	0.35
4. Subrasante	semi-inf	0.40

Tabla 1. *Parámetros de las capas de la estructura.*

#	Medidas (micron)	Distancia radial (mm)
DO	262.0	0
D1	214.4	200
D2	186.9	300
D3	134.1	600
D4	103.4	900
D5	82.4	1200
D6	67.2	1500
D7	56.0	1800

Tabla 2. *Deflexiones medidas.*

OBJETIVO. Realizar retroanálisis por medio de Python utilizando la API de RS2, para obtener módulos de elasticidad dinámicos de las diferentes capas de una estructura de pavimento.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este análisis es un problema inverso, el cual a través de las deflexiones medidas se determinar el módulo de elasticidad, presenta dos parámetros de entrada, el espesor de las capas y lo módulos, los espesores se fijan, y los módulos se determinan con un proceso iterativo. El resumen del código desarrollado en Python se muestra en la Fig. Figura 2. Este retroanálisis se llevó a cabo por medio de la macro ELLEA (Figura 3) y por medio del código desarrollado en Python (Figura 4).

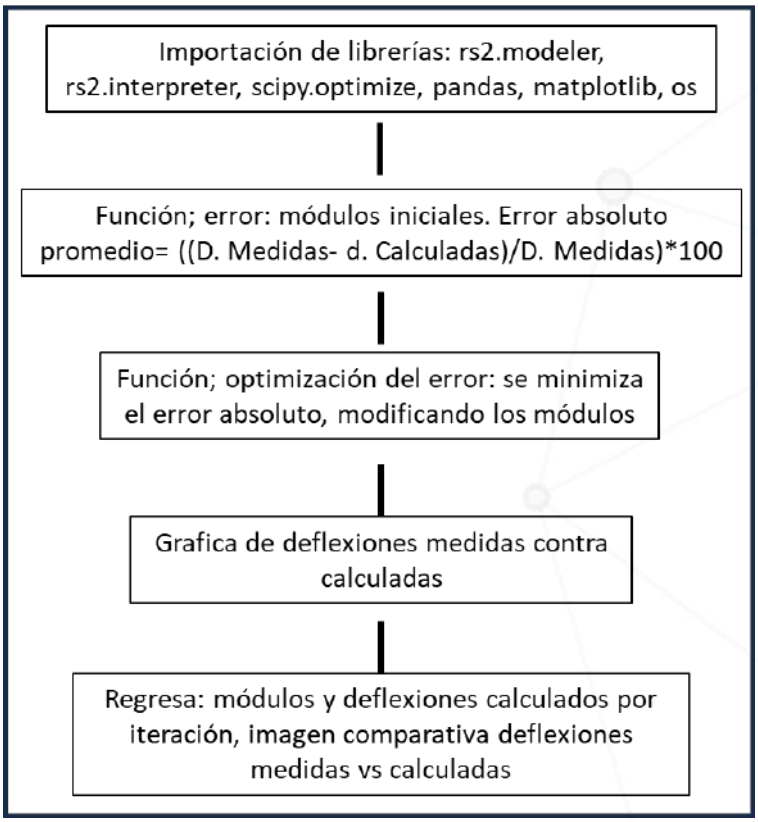


Figura 2. *Resumen de código en Python.*

RESULTADOS

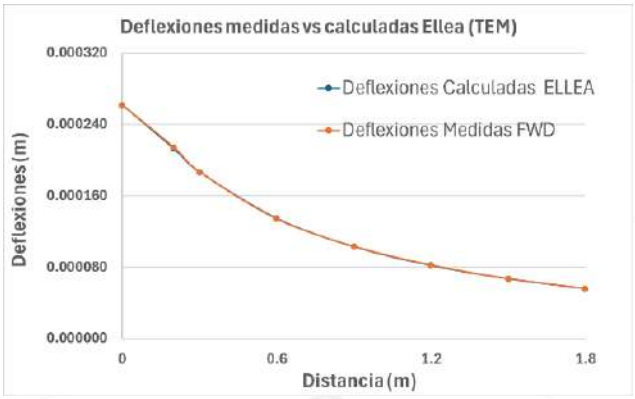


Figura 3. *Comparativa deflexiones medidas y calculadas (ELLEA).*

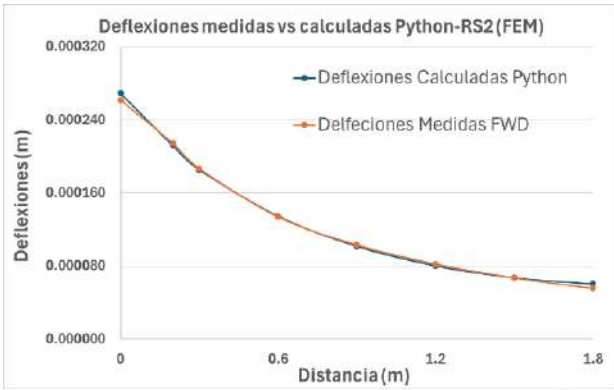


Figura 4. *Comparativa deflexiones medidas y calculadas (RSA-PYTHON).*

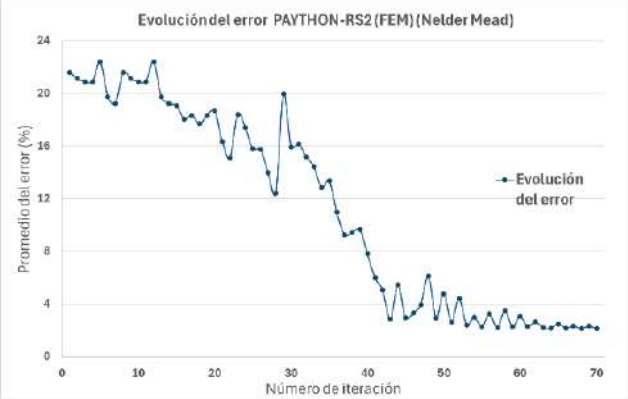


Figura 5. *Evolución del error.*

CONCLUSIONES. El error promedio obtenido con la macro ELLEA es de 0.43%, el error promedio obtenido con RS2-Python es de 2%. Con ambas metodologías se observa que las deflexiones medidas y las calculadas convergen. En el código de Python es necesario probar otras metodologías de minimización del error, para obtener mejores resultados. La minimización del error con Python se realizó mediante 71 iteraciones, y se puede observar como el error se va optimizando (Fig. Figura 5), hasta llegar al mínimo. Los retroanálisis son necesarios siempre que se realiza deflectometría, y son de suma importancia para la determinación de los módulos de la estructura, para poder diseñar intervenciones necesarias en los pavimentos.

REFERENCIAS.

1. Chavez, C. (2024). Apuntes de la materia Modelación numérica de obras civiles aplicadas a las vías terrestres. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
2. Huang, Y. H. (2004). Pavement Analysis and Design (2ª ed.). Pearson Prentice Hall.
3. Kwon, Y., & Bang, H. (2000). The finite element method using MATLAB. CRC Press.
4. Oñate, E. (1995). Cálculo de estructuras por el método de elementos finitos (2.ª ed.). CIMNE.
5. Ottosson, A., & Olsson, A. (2010). Implementation of CALFEM for Python. Structural Mechanics, Lund University.
6. Smith, I. M., Griffiths, D. V., & Margetts, L. (2015). Programming the Finite Element Method (5ª ed.). John Wiley & Sons. ISBN 9781119973348.
7. Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2013). The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals (7th ed.). Butterworth-Heinemann.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224154

CALIBRACIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA DISEÑO DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Marco Antonio Ortiz Bucio[1], Raymundo Ortiz Bucio[2], Juan Pablo Molina Aguilar[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1718131d@umich.mxM
2 Instituto Tecnológico de Morelia; I20121095@morelia.tecnm.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.molina@umich.mx

Palabras Clave: Línea de Conducción, Diámetro más económico, Materiales.

RESUMEN. El estado de Michoacán se caracteriza en un gran porcentaje de sus municipios, por poseer en la agricultura una de sus principales actividades económicas, así como un incremento en los desarrollos habitacionales en los años recientes, por lo que, es necesario implementar infraestructura hidráulica que auxilie en eficientizar la conducción y aplicación del recurso hídrico disponible para el desarrollo habitacional y el sector agrícola. El propósito del presente trabajo es calibrar los resultados obtenidos en el desarrollo tecnológico de Python en el análisis de la línea de conducción de la presa “El Piñon” en el municipio de Tiquicheo, empleando otros programas para la comparación de resultados. Lo anterior se realizó después de llevar a cabo el análisis del comportamiento de la presión ofrecida en el sistema en distintos materiales seleccionados. Se plantearon como escenarios, una tubería de acero, fibrocemento, PVC y PEAD con el mismo diámetro y bajo las solicitaciones hidráulicas iguales con la finalidad de elegir el material más óptimo para la infraestructura en cuestión. Empleando el desarrollo tecnológico para evaluar el procedimiento de diámetro más económico y la carga de presión ofrecida por cada una de las tuberías, se obtuvo que la más adecuada fue la tubería de acero, resultado que se comparó con las soluciones obtenidas de otros programas para verificar la precisión del programa.

INTRODUCCIÓN. El estado de Michoacán se caracteriza en un gran porcentaje de sus municipios, por poseer en la agricultura una de sus principales actividades económicas, así como un incremento en los desarrollos habitacionales en los años recientes, por lo que, es necesario implementar infraestructura hidráulica que auxilie en eficientizar la conducción y aplicación del recurso hídrico disponible para el desarrollo habitacional y el sector agrícola. Debido a lo anterior se desarrolló un programa en Python, con el propósito de proporcionar de manera sencilla los resultados para los cálculos hidráulicos que corresponden a la carga de presión disponible en el sistema, así como de la sobrepresión, de esta forma, el programa muestra como solución los diámetros comerciales junto con su respectiva carga de presión, así como la evaluación de su aptitud para las solicitaciones de diseño hidráulico del operador.

OBJETIVO. El propósito del presente trabajo es calibrar los resultados obtenidos en el desarrollo tecnológico de Python en el análisis de la línea de conducción de la presa “El

Piñon" en el municipio de Tiquicheo, empleando otros programas para la comparación de resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presa del "El Piñon" se encuentra fuera de la mancha urbana perteneciente a la comunidad de "El Limón de Papatzindán", llamada oficialmente por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) como "Papatzindán de Romero (El Limón)" y pertenece al municipio de Tiquicheo de Nicolás Romero en el estado de Michoacán de Ocampo. El análisis de presa fue para una línea de conducción destinada a abastecer un sistema de riego que tiene como finalidad fortalecer la agricultura del lugar, por lo cual el impacto del estudio analizado con el programa tiene un alcance limitado de 20 hectáreas por las capacidades restringidas con las que cuenta la presa actualmente. El análisis del proyecto se llevo a cabo mediante el criterio del Diámetro Más Económico (DME), por lo cual los datos necesarios para el diseño de la línea son: La longitud de la tubería, la altura piezométrica entre el punto de abastecimiento y la zona a abastecer (Z1 y Z2 respectivamente), el gasto de diseño y la carga de trabajo mínima. Para el caso del presente trabajo, se obtuvieron los datos citados anteriormente mediante diversos estudios de ingeniería los cuales no se encuentran dentro del alcance de las capacidades del desarrollo tecnológico y por lo tanto no se indagará demasiado en la obtención de los mismos, por lo cual se tiene lo siguiente:

- Longitud de la Tubería: 1080 m.
- Z1: 748 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
- Z2: 708.22 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
- Gasto de Diseño: 21.09 l/s
- Carga de Trabajo Mínima: 33.00 metros de columna de agua (m.c.a.)

Así mismo, otro punto importante dentro de los cálculos hidráulicos es la selección de la tubería, puesto que, el material afecta los valores del módulo de elasticidad y las rugosidades que se utilizan dentro de la ecuación madre del programa (La ecuación de Bernoulli en base a la ley de la conservación de la energía).

Para la selección del material de la tubería, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Presión máxima de trabajo a la que estará sometida la línea de conducción
- Factibilidad de Instalación
- Costo y Vida Útil

Se plantearon como escenarios, una tubería de acero, fibrocemento, PVC y PEAD con el mismo diámetro y bajo las solicitaciones hidráulicas iguales con la finalidad de elegir el material más óptimo para la infraestructura en cuestión. Por lo anterior, se muestra a continuación una gráfica que muestra la relación entre los diámetros de cada material y la carga de presión que ofrecen respectivamente:

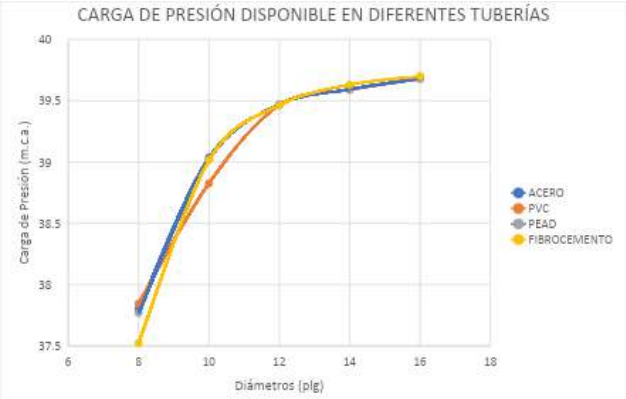


Figura 2. Carga de Presión Disponible en diferentes tipos de tubería. En la presente gráfica se muestran las presiones que ofrecen diferentes diámetros de tubería de diferentes materiales.

Con base en la gráfica presentada se puede observar que la carga mínima de trabajo se cumple a partir de las 8 pulgadas de diámetro, este diámetro ofrece una carga de presión sumamente superior a los 33 m.c.a. Así mismo, se puede inferir que la carga de presión proporcionada por los diferentes materiales es similar, sin embargo, esto solo ocurre cuando el diámetro aumenta por encima de las 12 pulgadas de diámetro nominal y la carga de presión se estabiliza y alcanza un límite en las 16 pulgadas que varía ente 39.67 y 39.70 de m.c.a. Debido a que todos los materiales cumplen con las solicitaciones requeridas a partir de las 8 pulgadas de diámetro nominal, los valores de los diámetros por encima de este se consideran despreciables para evitar caer en un sobre-diseño, por lo que, al analizar la grafica detenidamente se concluye que los materiales que ofrecen una mayor carga de presión son el Acero y el PVC. Cabe resaltar que, el principal diferenciador entre estas dos tuberías son los costos de instalación, puesto que el acero puede ser expuesto al ambiente directamente, lo que significa un ahorro significativo en costos de excavación e instalación, en contraste con el PVC que no puede estar expuesto directamente a factores ambientales.
Por lo anterior, el factor determinante a la hora de la selección del material debe ser una solución que satisfaga las necesidades económicas y las solicitaciones hidráulicas del proyecto en cuestión, por lo que, el material más adecuado para este trabajo es el acero debido a que ofrece una mayor carga de presión, pero también ofrece costos de instalación menores a comparación del PVC por lo mencionado anteriormente. Una vez determinado el material a utilizar, el siguiente paso, es realizar el análisis económico de cada uno de los diámetros del material elegido (8, 10, 12, 14 y 16 pulgadas respectivamente), para determinar cual es el más económico, sin embargo, el punto central del análisis es calibrar los resultados del programa con resultados de otro programa más confiable u hoja de cálculo, para corroborar la veracidad de los mismos, por lo cual el cálculo económico no se mostrará en profundidad. Empleando el desarrollo tecnológico para evaluar el procedimiento de diámetro más económico y la carga de presión ofrecida por cada una de las tuberías, se obtuvo que la más adecuada fue la tubería de acero, resultado que se comparó con las soluciones obtenidas de otros programas para verificar la precisión del programa. El medio por el cual se calibró el programa fue a través de una hoja de cálculo elaborada en Microsoft Excel y evaluada previamente para verificar que sus resultados sean correctos, con la cual también se hicieron los cálculos pertinentes del proyecto de la presa en cuestión y una vez se certifico la veracidad de la información, el proceso de cálculo se

transformó a lenguaje de programación de Python y se realizaron exactamente los mismos cálculos haciendo uso de los datos previamente enunciados.

RESULTADOS

MATERIAL: ACERO			
Dn (plg)	Di (mm)	Carga de Presión (Python) m.	Carga de Presión (Excel) m.
8	207.6	37.8	37.8005
10	254.4	39.036	39.0359
12	305	39.4686	39.4685
14	339.8	39.5944	39.5943
16	390.6	39.6847	39.6848

Tabla 1. *Comparativa de los resultados arrojados en el programa de Python y los Resultados obtenidos de Microsoft Excel*

En la Tabla 1, se observan los resultados obtenidos de la carga de presión para cada uno de los diámetros propuestos, los cuales cumplen con la carga de trabajo mínima de 33 m.c.a. Así mismo se puede apreciar que las diferencias entre los resultados de ambos programas son apenas apreciables a partir del cuarto digito del valor, lo que significa que hay un error del 0.0001 % entre los resultados arrojados por el programa de Python cotejados con la hoja de cálculo en Excel. Esto quiere decir que el programa se puede utilizar de manera segura para su aplicación en otros sistemas hidráulicos para una línea de conducción de distribución de agua.

CONCLUSIONES. Al ver la tabla 1 se concluye que, el programa proporciona resultados fiables para cualquier cálculo hidráulico de una línea de conducción, por lo que se puede utilizar libremente para realizar el análisis hidráulico de diferentes casos relacionados no limitándose a casos específicos que sean similares al del presente trabajo. Así mismo, el desarrollo tecnológico permite un análisis hidráulico de forma rápida, por lo que, como se mostró en el presente trabajo, su utilidad radica en el análisis del comportamiento de los materiales seleccionados de una forma eficiente y sencilla para que el diseñador determine, en función de las solicitaciones hidráulicas, cual es el mejor material para su proyecto. Bajo este tenor, es posible para el diseñador, modelar diferentes escenarios para una misma zona de estudio, en función de las complicaciones o limitaciones presentes en su proyecto, lo cual hace del programa una herramienta muy útil a la hora de diseñar, debido a que ahorra una gran cantidad de tiempo. Finalmente, es posible actualizar el programa para obtener cada una de las partes de la ecuación de la energía como la carga de posición, la carga de velocidad y las perdidas, todo esto en función de lo que el diseñador necesite conocer puntualmente dentro de su proyecto, por lo que el desarrollo tecnológico tiene una amplia gama de mejora para facilitar aún más el trabajo de cualquier persona que pretenda realizar un análisis hidráulico de una línea de conducción.

REFERENCIAS.

1. INEGI. (2010). Compendio de información geográfica municipal: Tiquicheo de Nicolás Romero, Michoacán de Ocampo. México.
2. Sotelo Ávila, G. (1991). Hidráulica general. México, D.F.: Limusa.
3. Comisión Nacional del Agua. (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Conducciones. México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224155

METODOLOGÍA ESTANDARIZADA PARA LA CREACIÓN DE MANUALES DE PRACTICAS EN TALLERES EDUCATIVOS MULTIDISCIPLINARIOS

Vanessa Pio Martínez[1], Griselda Yunuen Villa García[2], Adriana Calderón Martínez[3], Arturo Calderón Castro[4], José Oscar Hernández Bautista[5], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[6]

1 Universidad Tecnológica de Morelia Vanemv453@hotmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

3 Universidad Tecnológica de Morelia Adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx

4 Universidad Tecnológica de Morelia Acalderonc82@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de Morelia Maneoskar2010@gmail.com

6 Universidad Tecnológica de Morelia Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: método, enfoque, metodología, enseñanza, aprendizaje.

RESUMEN. La calidad educativa ha sido el centro de numerosos estudios que buscan perfeccionar los métodos de enseñanza a través de enfoques innovadores y sistemas organizados. Este trabajo propone una metodología estandarizada para la elaboración de manuales de prácticas en talleres educativos, adaptable a una amplia variedad de disciplinas y contextos institucionales. La metodología está diseñada para garantizar la excelencia en la formación práctica, estructurando los manuales de manera que faciliten la adquisición de competencias técnicas y el desarrollo integral de los estudiantes. El proceso metodológico comienza con la identificación de competencias esenciales, seguido por el diseño de actividades prácticas alineadas con estos objetivos educativos. Los manuales se estructuran en módulos secuenciales que combinan fundamentos teóricos con directrices prácticas detalladas, optimizando así el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un aspecto clave de esta metodología es la claridad en la presentación de la información, utilizando un lenguaje accesible y apoyado en recursos visuales que mejoran la comprensión y la retención de los conceptos. La inclusión de evaluaciones formativas al final de cada módulo permite monitorear el avance del estudiante y asegurar la adquisición de las habilidades propuestas. Esta metodología se distingue por su flexibilidad, lo que permite su adaptación a distintos entornos educativos, desde talleres de ciencias aplicadas hasta áreas de formación artística y técnica. Más allá de mejorar la organización y efectividad de los talleres, esta metodología busca despertar el interés y la motivación en los estudiantes, promoviendo un aprendizaje activo y significativo. La actualización continua de los manuales, basada en la retroalimentación de docentes y estudiantes, es fundamental para mantener su relevancia y eficacia, asegurando que se ajusten a las demandas cambiantes del entorno educativo y profesional.

INTRODUCCIÓN. El sistema de organización educativo de cada institución siempre consta de tener un objetivo claro en cuanto al aprendizaje, aliento y educación a sus alumnos, así

como contar con personal preparado y materiales que complementen el aprendizaje de sus alumnos, sobre este punto (Bautista Sánchez, 2014) menciona que:

> *La educación se vuelve cada vez más competitiva y para alcanzar un mejor nivel educativo se requiere del apoyo de recursos que nos ayuden en el proceso de enseñanza de los estudiantes, como lo son los materiales didácticos, su uso tiende a guiar y motivar al estudiante en la construcción del conocimiento. (Bautista Sánchez, M.G. 2014, párr. 1)*

Las instituciones han pasado por diversos cambios educativos con el pasar de los años, con el propósito de mejorar su sistema por medio de transformaciones e implementaciones de sus recursos y programas educativos. Si nos ponemos a analizar cualquier institución siempre se encontrará algún aspecto a mejorar por muy pequeño que sea, el cual afectará de alguna manera al proceso de aprendizaje de sus alumnos, sin embargo, estos cambios pueden llegar a ser desafiantes como lo menciona Terigi, F. (2008). “Sostener la necesidad de cambios profundos en los formatos que asume la escuela para los adolescentes y jóvenes no autoriza a desconocer, minimizar o simplificar las dificultades que entraña la adopción de formatos novedosos” (p.68). Siendo así, resulta de gran importancia presentar una propuesta metodológica que minimice las dificultades que afrontan estos cambios.

ANTECEDENTES. En numerosos contextos educativos los manuales escolares son un constante objeto de preocupación pedagógica, académica, política e histórica siendo abordados desde una multitud de perspectivas permanentes para su mejora. (Dumbravescu, 2014). Las investigaciones en manualística, término acuñado por Escolano (1998 y 2001) y voz técnica consolidada para denominar el campo de investigación, han centrado su atención en tres aspectos de los manuales escolares o libros de texto: su producción, sus contenidos e influencia ideológica y su naturaleza textual. Sin embargo, es necesario prestar atención y profundizar en los procesos de transmisión y recepción de sus mensajes, de las verdades oficiales y conocimientos que transmiten, de los referentes que proyecta. La manera de aprendizaje y comprensión de una persona radica en la información y en la manera en la que le es transmitida. Hablando en el contexto académico el proceso de elaboración de textos se considera complejo, sistémico y organizado, estos además de establecer y simplificar la información para el mejor entendimiento, deben fundamentar valores y juicios bajo el contexto sociocultural con la finalidad de favorecer una formación más plena en sus alumnos. (AM, 2016) Diseñar un manual escolar implica preguntarse cómo organizar y plasmar en la información, que previamente ha sido seleccionada y secuenciada, para poder finalmente afirmar que el mismo “ posee una configuración de acuerdo a pautas de diseño específicas que persiguen presentar la información de una manera sistemática de acuerdo a principios didácticos y psicológicos que faciliten la comprensión, dominio y recuerdo de la información por parte del estudiante, y que tiende a compartimentalizar los contenidos tanto diacrónicamente como sincrónicamente” (Cabero, 2001)

OBJETIVO. Facilitar el proceso de aprendizaje, así como de enseñanza dentro de talleres educativos multidisciplinarios con base en material práctico.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Aumentar la comprensión de los alumnos con base a sus prácticas realizadas. Proporcionar una mejor organización dentro de los talleres en cuanto

a sus actividades prácticas. Ofrecer una herramienta pedagógica útil para el proceso enseñanza-aprendizaje para los talleres educativos multidisciplinarios.

MATERIALES Y MÉTODOS. Una vez ya analizados los aspectos necesarios se propone las siguientes etapas como metodología para la realización de manuales:



Fig.1 *Etapas como metodología para la realización de manuales de prácticas.*

a) Establecer el tipo de manual
b) Se establecerá el tipo de manual, publico objetivo, las metas y objetivos que se desean alcanzar.
c) Recopilación de información
d) Se realizará una recopilación de información de diversas fuentes dentro del área establecida.
e) Organización de información
f) Se organizará de manera secuencial y ordenada la información que corresponderá a cada manual por su grado o como sea el orden establecido.
g) Elaborar actividades
h) Se llevará a cabo la elaboración de las prácticas que incluirán los manuales de acuerdo a la información recopilada.
i) Establecer estructura del manual
j) Se propone la siguiente estructura para los manuales de prácticas, diseñada para ser clara y organizada, con el objetivo de facilitar tanto su comprensión como su uso. Esta estructura ha sido elaborada considerando un enfoque integral que incluye todos los elementos necesarios para que cada manual cumpla eficazmente con su propósito educativo y funcione como herramienta de referencia completa para los estudiantes.



Fig.2 *Estructura interna para manuales de prácticas*

- Portada: en la portada se encontrará información como el título del manual, autor, Fecha de edición y grupo correspondiente, además del logotipo de la institución e imágenes ilustrativas.
- Índice: aquí se encontrará el contenido correspondiente a cada manual.
- Introducción: correspondiente a cada manual se explicará brevemente la importancia del mismo y de los temas en cuestión presentes en cada uno.
- Objetivos: se presentarán los objetivos que tienen los manuales dentro de los talleres y para los alumnos.
- Contenido del manual: el contenido del manual tendrá la siguiente estructura interna en general:
- Tema
- Objetivos del tema

- Subtema (si es que existe)
- Información
- Practica correspondiente a cada tema o subtema
- Conclusión: aquí se presentarán las cosas que se esperan hayan logrado los manuales dentro de los talleres y para los alumnos de este.
- Referencias bibliográficas y electrónicas: aquí se presentarán las referencias a las diversas fuentes que se consultaron para la realización de los manuales.
- Esta estructura está diseñada para ofrecer un formato coherente y fácil de seguir. La organización clara y detallada permitirá a los alumnos navegar por el contenido de manera eficiente, facilitando su aprendizaje y aplicabilidad en el contexto de los talleres multidisciplinarios.

f. Establecer diseño del manual
Se establecerá un diseño que sea llamativo para los estudiantes y les haga despertar su interés.

g. Correcciones y ajustes finales
Se realizará una última revisión del manual en busca de correcciones en diseño u ortografía para mejores resultados.

RESULTADOS. Al emplear estas etapas propuestas como una metodología para la creación de manuales de prácticas dentro de los diversos talleres educativos multidisciplinarios se espera que se optimice en un porcentaje significativo la creación de estos mismos, obteniendo como resultado un manual completo y atractivo que enriquezca tanto el aprendizaje como la enseñanza de los alumnos. Como complemento al presente trabajo se realizó la creación de tres manuales de prácticas para el taller educativo de industria textil de una institución educativa de nivel básico. El desarrollo de manuales de prácticas se llevó a cabo bajo un proceso complejo en el que se desarrollaron los contextos basados en la institución, buscando la mejor solución a sus problemas y obteniendo los mejores resultados esperados. Procurando que dicho resultado tuviera tanto una buena comprensión en cuanto a su intención y sentido, es decir que, con ayuda de nuestra metodología ya planteada, una buena simplificación y calidad de la información se logró hacer llegar a las personas beneficiadas su significado y propósito, el cual es ayudar tanto al profesor como al alumno no solo a entender, sino a apreciar y tal vez despertar más allá su interés por el mundo que comprende el tema en cuestión.

CONCLUSIONES. Teniendo en cuenta todos los aspectos analizados, así como los resultados, se llegó a la conclusión de que los logros obtenidos del presente proyecto no solo quedan dentro del área del sistema educativo de cada institución correspondiente, sino que va más allá. El desarrollo de manuales de prácticas basado en el plan de estudios le aporta a la institución el mejoramiento a la calidad de su enseñanza y un mejor acoplamiento a las actividades tanto por parte de los alumnos como de los profesores, sin embargo, esto será 100% garantizado si es que existe un buen aprovechamiento, manipulación y aceptación del contenido dentro de estos, por parte de sus beneficiarios. Además de que se proporciona a los alumnos una herramienta para desarrollarse en un ámbito social-moral, ya que gracias a contar con un manual o libro de texto escolar el alumno es capaz de mejorar su comportamiento social, moldear sus procesos de identidad y seguimiento del trabajo, siendo que con ayuda de los manuales de prácticas desarrollados

ellos podrán identificar la manera propia en la que les es más fácil comprender las cosas y/o actividades presentes en sus ciclos escolares.

REFERENCIAS.

a) Mahamud Angulo, K. y Badanelli Rubio, AM. (2016). Los contextos de transmisión y recepción de los manuales escolares: una vía de perfeccionamiento metodológico en manualística. 10.1590/2236-3459/62455. https://www.redalyc.org/journal/3216/321646882005/html/#fn3
b) QUICENO, Humberto. “el manual escolar: pedagogía y formas narrativas”. En: revista Educación y Pedagogía. Medellín: Facultad de Educación. vol. XIII, No. 29-30, (enero-septiembre), 2001. pp.53-67.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224156

INFLUENCIA EN EL EFECTO MICROESTRUCTURAL Y DE RESISTENCIA MECÁNICA DE LA ALEACIÓN TI6AL4V UTILIZANDO EL PROCESO GTAW PULSADO

José Joel Rodríguez Zarco[1], Francisco Reyes Calderón[2], Mario Misael Machado López[3], Víctor García García[4], Pedro Garnica Gonzalez[5], Nereyda Alcantar Mondragon[6]

1 Instituto Tecnológico de Morelia; M16121555@morelia.tecnm.mx
2 Instituto Tecnológico de Morelia; francisco.rc@morelia.tecnm.mx
3 Instituto Tecnológico de Morelia; mario.ml@morelia.tecnm.mx
4 Instituto Tecnológico de Morelia; victor.gg@morelia.tecnm.mx
5 Instituto Tecnológico de Morelia; pedro.gg@morelia.tecnm.mx
6 Instituto Tecnológico de Morelia; nereyda.am@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Ti6Al4V, GTAW pulsado, ZF, ZAC.

RESUMEN. Se realizaron análisis químicos en microscopia de fluorescencia para obtener la corroboración del análisis. Se realizaron los soldeos con los parámetros de 80, 90 y 100 amperes, variando la frecuencia con 5, 10 y 25 HZ, sin material de aporte, obteniendo distintas distancias entre FZ, y ZAC con lo cual se obtienen distintas microdureza, aumentando estas conforme se aumentan los amperajes, y morfologías más homogéneas, propiciando así una mejor calidad en la soldadura y mejorando las propiedades mecánicas del material.

INTRODUCCIÓN. Debido a las características de soldadura el titanio y sus aleaciones son difícil de soldar debido a su baja conductividad térmica. Por lo cual se buscan mejorar las propiedades con la soldadura autógena del material. La aleación Ti6Al4V es susceptible a la formación de inclusiones de oxígeno, lo que también puede debilitar la soldadura, podría resultar en una zona de fusión (FZ) muy estrecha o bastante ancha y una zona afectada por el calor (ZAC) debido a la entrada de calor experimentada por la pieza de trabajo [1,2,3]. Debido a esto las características de soldadura son cruciales. Dependiendo de la clasificación de la aleación, tienen una soldabilidad de moderada a excelente [4]. El titanio Ti6Al4V se puede soldar con éxito en una sola pasada con el proceso de soldadura GTAW sin una preparación especial de los bordes. La soldadura GTAW ha prevalecido debido a varias ventajas tales como mejores propiedades mecánicas estáticas, diseño simple y bajo costo, donde las características de la microestructura común en diferentes áreas formadas bajo la condición de propiedades de flujo del baño fundido [5].
Palabras Clave: (Ti6Al4V, GTAW pulsado, ZF, ZAC)

ANTECEDENTES. La aleación Ti6Al4V, grado 5 es el más utilizado. Consiste en una aleación de titanio bifásica α + β con aluminio como estabilizador alfa y vanadio como estabilizador beta. Algunas aplicaciones incluyen: palas, discos y anillos de compresores para motores a reacción, componentes de estructuras de aviones y cápsulas espaciales,

recipiente a presión, carcasas de motores de cohetes, bujes de rotores de helicópteros, que requieren una alta relación resistencia-peso. La soldadura GTAW es actualmente el proceso más común para el soldeo de aleaciones de titanio. Dicho proceso permite tener un arco estable y por ende una pileta de soldadura homogénea generando cordones de alta calidad metalúrgica y mecánica. Por medio de la parametrización de soldadura en GTAW autógena, se realizará la experimentación con diferentes velocidades de avance, la variabilidad en los amperajes, en el material designado para el desarrollo del proyecto, aplicando el conocimiento previo sobre aleaciones de titanio, propiedades mecánicas, Transformaciones de fase, solidificación, procesos de la soldadura y metalurgia de la soldadura, obteniendo resultados que nos ayudarán a la determinación de los modos de trasferencia eficaces para el cumplimiento del objetivo [6].

OBJETIVO. Evaluar el efecto microestructural y de resistencia mecánica de la aleación Ti6Al4V utilizando el proceso GTAW pulsado, con enfoque en las fases presentes, tamaño de grano, morfología, dureza de en condición de suministro la dureza de las soldaduras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar composición química de la aleación Ti6Al4V.

- Caracterizar la aleación Ti6Al4V en condición de suministro. Determinar los perfiles de microdureza de la aleación Ti6Al4V en condición de suministro. Realizar soldeo con el proceso GTAW pulsado. Caracterizar las muestras en condición de soldeo. Determinar los perfiles de microdureza posterior al soldeo, en posición horizontal transversal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Composición química aleación Ti-6Al-4V

ELEMENTO	N	C	H	Fe	O	Al	V	Ti
Min %	-	-	-	-	-	5.50	3.50	BAL
Max %	0.05	0.10	0.01	0.30	0.20	6.75	4.50	BAL

Tabla 1 *composición química del material Ti-6Al-4V.*

Caracterización microestructural de la aleación Ti6Al4V sin soldeo. Se inicia con el rectificado de piezas de tamaño de 1.5 x1.5 cm, con lijas de SiC con granulometría de 80 a 1500; pasando a la etapa de pulido con paños de microfibra tipo Microcloth y alúmina de 1 µm de tamaño de partícula como abrasivo obteniendo un acabado espejo. El ataque químico que se realizó, se utilizó el reactivo con proporción de 4ml de HF, 6ml de HNO3, haciendo el ataque por inmersión con un tiempo de 120-240s**.** Posteriormente se revisará la microestructura en el microscopio óptico para relación de fases en el material.

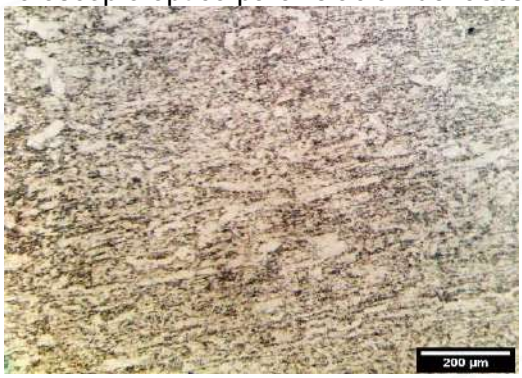


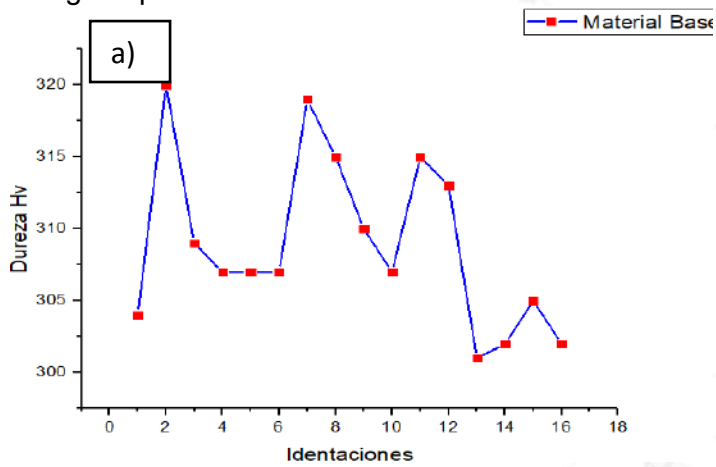
Figura 1*. Caracterización microestructural Ti6Al4V, material base en condición de llegada.*

Análisis químico del material en condición de llegada Ti6Al4V. Análisis químico de fluorescencia de Rx en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Elementos químicos	% en peso
Al	6.08%
Si	0.16%
Cl	0.11%
K	0.14%
Ca	0.26%
Ti	89.13%
V	3.94%

Tabla 2 *Análisis químico de fluorescencia de Rx Ti6Al4V.*

Análisis de microdureza HV Ti6Al4V condición de llegada. Se realizaron barridos de 15 indentaciones (Figura 2) tanto en el lado transversal como lateral de la probeta en condición de llegada para tener un referente en el material base.

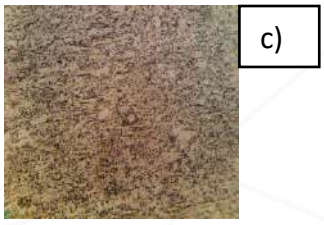


Promedio Dureza Vickers.

309.4 HV

b)

Sección Superficial

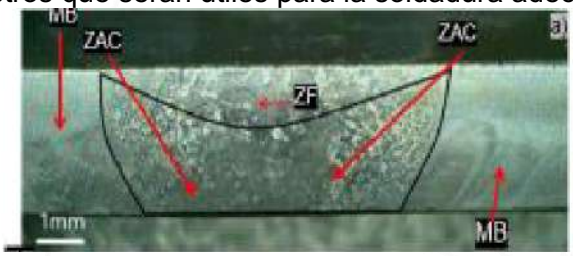


c)

Figura 2. *a) grafica de microdurezas Ti6Al4V en condición de llegada, b) promedio de dureza HV, c) Sección superficial donde se realizaron las indetnaciones.*

Realización de soldeos.

Con amperajes de 80, 90 y 100 variando frecuencias de 5, 10 y 25Hz con el fin de determinar las soldaduras optimas en relación con las pruebas de microdureza posteriormente realizadas. Se evaluaron los tamaños de ZF, ZAC mediante el programa ImageJ, con el fin de tener referencias en el actuar de la soldadura en el metal base y determinar parámetros que serán útiles para la soldadura adecuada.



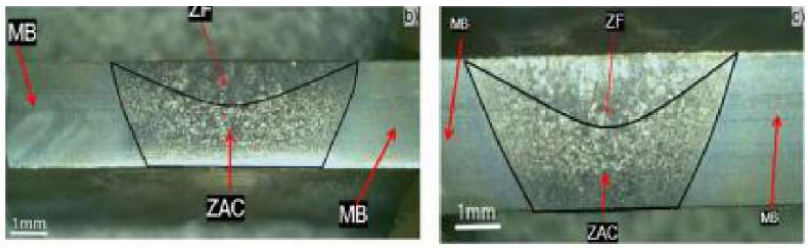


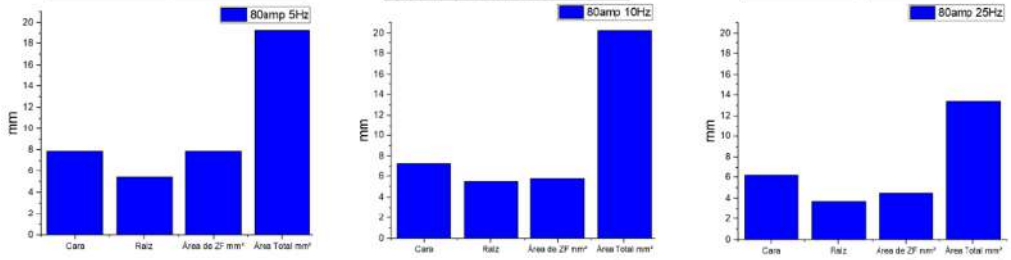
Figura 3. *macrografías Ti6Al4V, a 5x vista longitudinal a) 80Amp, 5Hz, b) 80Amp, 10Hz c) 80Amp, 25Hz vel 2.2mm/s*

a)

80amp 5Hz	
superficial	
Cara	7.9mm
Raíz	5.4mm
Área de ZF	7.9mm²
Área Total	19.3mm²

80amp 10Hz	
superficial	
Cara	7.3mm
Raíz	5.5mm
Área de ZF	5.8mm²
Área Total	20.2mm²

80amp 25Hz	
superficial	
Cara	6.2mm
Raíz	3.7mm
Área de ZF	4.5mm²
Área Total	13.4mm²



b)

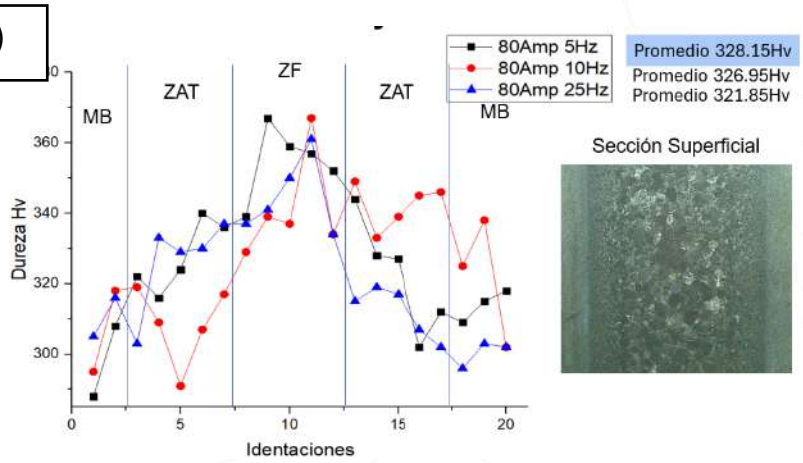
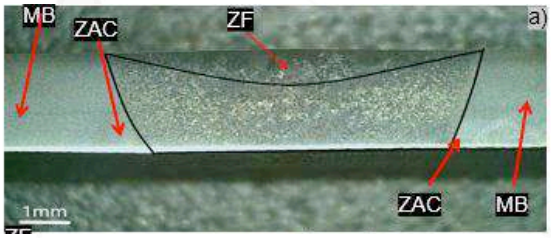


Figura 4. *a) Análisis dimensional de soldeo 80amp a 5, 10 y 25 Hz, b) Perfiles de micro dureza en escala Vickers de las muestras soldadas a 80 Amperes*



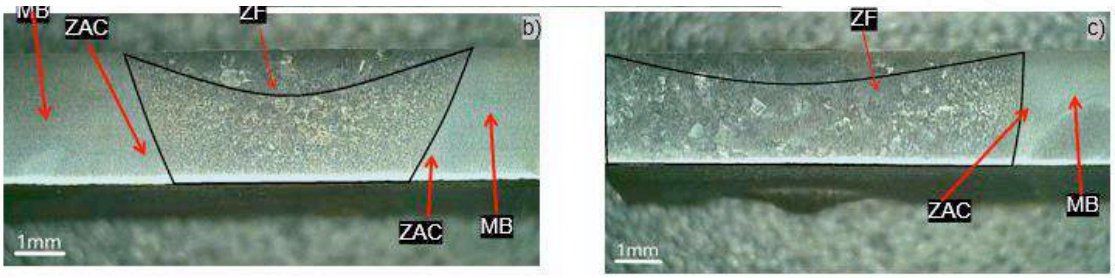


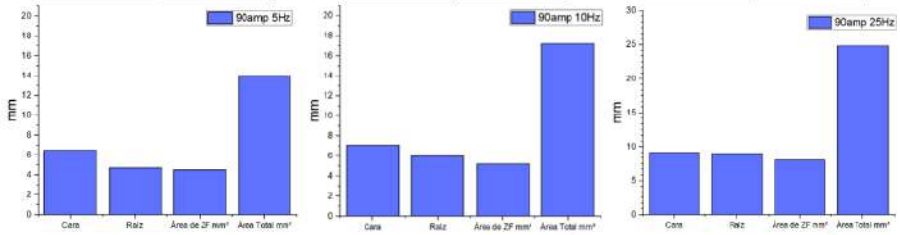
***Figura 5**. macrografías Ti6Al4V, a 5x vista longitudinal a) 90Amp, 5Hz, b) 90Amp, 10Hz c) 90Amp, 25Hz vel 2.2mm/s*

a)

90amp 5Hz	
superficial	
Cara	7.1mm
Raíz	6mm
Área de ZF	5.2mm²
Área Total	17.2mm²

90amp 10Hz	
superficial	
Cara	6.5mm
Raíz	4.7mm
Área de ZF	4.5mm²
Área Total	14mm²

90amp 25Hz	
superficial	
Cara	9.2mm
Raíz	9mm
Área de ZF	8mm²
Área Total	24.8mm²



b)

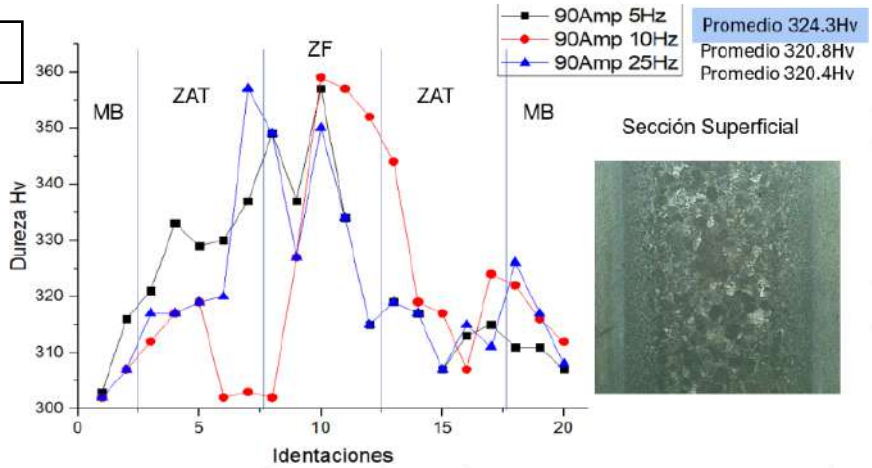
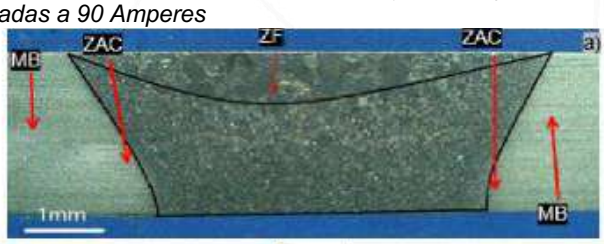


***Figura 6.** a) Análisis dimensional de soldeo 90amp a 5, 10 y 25 Hz, b) Perfiles de micro dureza en escala Vickers de las muestras soldadas a 90 Amperes*



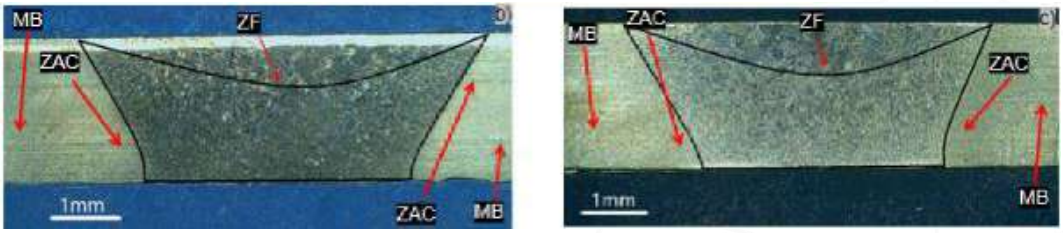


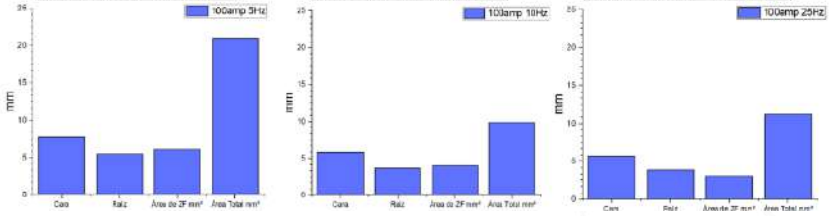
Figura 7. *macrografías Ti6Al4V, a vista longitudinal a) 100Amp, 5Hz, b) 100Amp, 10Hz c) 100Amp, 25Hz vel 2.2mm/s*

a)

100amp 5Hz	
Transversal	
Cara	7.8mm
Raíz	5.573mm
Área de ZF	6.1mm²
Área Total	21mm²

100amp 10Hz	
Transversal	
Cara	5.8mm
Raíz	3.7mm
Área de ZF	4mm²
Área Total	9.9mm²

100amp 25Hz	
Transversal	
Cara	5.7mm
Raíz	3.9mm
Área de ZF	3.1mm²
Área Total	11.2mm²



b)

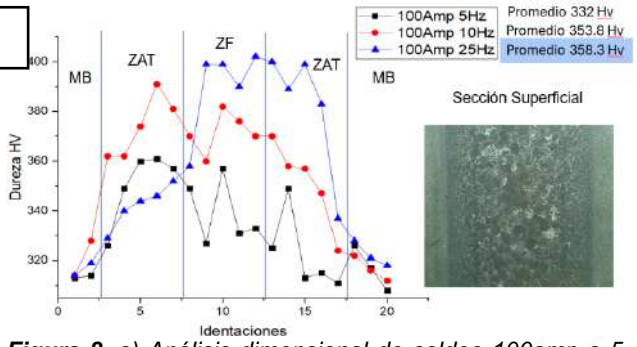


Figura 8. *a) Análisis dimensional de soldeo 100amp a 5, 10 y 25 Hz, b) Perfiles de micro dureza en escala Vickers de las muestras soldadas a 100 Amperes*

RESULTADOS. Una vez realizada la caracterización microestructural y observación en el microscopio óptico de la aleación Ti6Al4V en condición de llegada, y habiendo hecho los análisis químicos pertinentes de fluorescencia de Rx en la universidad autónoma de Zacatecas y mapeo elemental realizado en el instituto tecnológico de morelia, se realizó la comparación con la composición química de la ficha técnica del material de llegada, concordando con la estimación, por lo cual con esta información obtenida se puede proceder a la parametrización del soldeo para la observación del cambio microestructural del material base y post soldeo. Así también se realizaron pruebas de microdureza, constando de un barrido de 15 indentaciones por sección transversal y lateral para cuantificar los datos y tener un antecedente del material previo al soldeo. Se realizaron los soldeos preliminares variando amperajes de 80, 90 y 100 y frecuencias de 5,10 y 25Hz. Determinando por medio del programa ImageJ el tamaño de las distintas zonas afectadas, con el objetivo de determinar directamente la influencia del amperaje y variación de frecuencia y la afectación directa con el tamaño y distribución de la zona soldada

CONCLUSIONES. La microestructura presentada en el material presenta una deformación debido a la laminación que se le dio posterior a la fabricación, sin embargo, los análisis químicos corroboran la autenticidad del material. Debido a la diferente morfología presentada por el proceso de fabricación del material, se realizaron reactivos distintos a los presentados en las bibliografías consultadas. El material en condición de llegada tiene los porcentajes de composición química correctos con lo que se puede dar paso a la parametrización del material. La microdureza obtenida concuerda con las referencias bibliográficas obtenidas del Ti6Al4V. El material en condiciones de llegada es el correcto de la experimentación. Una vez realizados los soldeos se observó que el aumento en la zona de fusión y en la zona afectada por el calor, aumentan con proporción al amperaje, y conforme se varea la frecuencia, este tiene una mayor o menos penetración y por ende una variación en la medida de su zona de fusión.

REFERENCIAS.

1. Feng, X., Pan, X., He, W., Liu, P., An, Z., & Zhou, L. (2021). Improving high cycle fatigue performance of gas tungsten arc welded Ti6Al4V titanium alloy by warm laser shock peening. International Journal of Fatigue, 149, 106270. doi:10.1016/j.ijfatigue.2021.10
2. [2] Gao, F., Cui, Y., Lv, Y., Yu, W., & Jiang, P. (2021). Microstructure and properties of Ti–6Al–4V alloy welded joint by keyhole gas tungsten arc welding. Materials Science and Engineering: A, 827, 142024. doi: 10.1016/j.msea.2021.142024
3. [3] Mersni, W., Boujelbene, M., Ben Salem, S., & Singh, H. P. (2020). Machining time and quadratic mean roughness optimization in ball end milling of titanium alloy Ti-6Al-4V – Aeronautic field. Materials Today: Proceedings. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.553
4. [4] M.J. Donachie Titanium: A Technical Guide second Edition, ASM International (2004).
5. [5] G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium. Second edition, Berlin Springer (2003)
6. [6] A. Karpagaraj, N. Sivashanmugam, Materials Science & Engineering, A640, 180-189 (2015).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224157

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR Y SMR MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA. CASO DE ESTUDIO TALUD DEL KM 12+507 AL KM 13+485 DE LA AUTOPISTA CUITZEO-PÁTZCUARO

Marsella Gissel Rodríguez Servín[1], José Eleazar Arreygue Rocha[2], Luis Alberto Morales Rosales[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marsella.gissel.rodriguez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eleazar.arreygue@umich.mx

3 Catedra Conahcyt, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; luis.morales@umich.mx

Palabras Clave: fotogrametría, clasificación geomecánica, macizo rocoso.

RESUMEN. La caracterización geomecánica aplicada a taludes carreteros mediante la metodología tradicional suele ser compleja y riesgosa, ya que el acceso al sitio es limitado debido a la afluencia vehicular y las características topográficas del sitio. Aunado a ello, la metodología tradicional suele ser subjetiva y ambigua debido a la dependencia del criterio y experiencia del especialista. Por ello, tecnologías como la fotogrametría nos permiten adquirir información del talud rocoso de manera digital y con menor grado de riesgo, al obtener parámetros geométricos (orientación, buzamiento, persistencia, espaciamiento, y rugosidad) de manera objetiva mientras que parámetros como la alteración, humedad y tipo de relleno dependen del criterio visual, del especialista. Las clasificaciones geomecánicas RMR y SMR nos permiten determinar la calidad del macizo rocoso y con ello recomendaciones de estabilización. En este trabajo se presenta el análisis de un talud carretero en la autopista Cuitzeo – Pátzcuaro. Esta vialidad presenta diversos taludes con problemas de inestabilidad, presentando deslizamientos de bloques previos. El talud de estudio tiene 713 m de longitud y 25 m de altura, formado de material de roca ignimbrítica. El talud se analizó mediante la técnica de fotogrametría con herramientas de acceso abierto para la identificación de discontinuidades (Discontinuity Set Extractor), así como el análisis cinemático con software especializado (Dips) para reducir la ambigüedad, subjetividad en la medición, así como el riesgo del especialista al realizar la inspección. Los resultados del análisis cinemático y de los índices RMR y SMR mostraron una mala calidad del talud, presentando los tres tipos de falla (cuña, planar y vuelco), siendo la falla plana la más desfavorable. Por lo tanto, se propone como recomendaciones el uso de anclajes, muro gavión, malla de triple torsión, así como muro de concreto armado para una mejor estabilización.

INTRODUCCIÓN. Este trabajo se centra en determinar las clasificaciones geomecánicas RMR (Bieniawski, 1988) y SMR (Romana, 1991), para determinar la condición de estabilidad de uno de los taludes del tramo carretero Cuitzeo-Pátzcuaro. El talud analizado es de material tipo ignimbrita, tiene una longitud de 713 m y una altura en su punto más alto de 25 m. A partir del análisis se proponen mecanismos de estabilización. Para el análisis, se empleó la técnica de fotogrametría con un dron de la marca DJI en su versión Mavic 3Multiespectral. La nube de puntos creada se utilizó en el programa DSE Discontinuity Set

Extractor (Riquelme, Tómas, Cano, & Abellán, 2016) para la identificación de planos de discontinuidades mediante el algoritmo KNN (K Nearest Neigthbor) y de los diversos productos de la fotogrametría (ortomosaico, modelo digital de elevaciones) se midieron parámetros como (RQD, rugosidad y abertura) así mismo se determinó las condiciones de las discontinuidades como el grado de alteración.

ANTECEDENTES. La autopista Pátzcuaro – Cuitzeo o bien conocida como el "Macrolibramento de Morelia" es una carretera con problemas previos de inestabilidad de taludes, derivado de la insuficiencia de los mecanismos de estabilización. Aunado a ello esta vía tiene un gran impacto económico y social debido a que conecta con la Carretera Federal 37 (Autopista Siglo XXI), el objetivo principal del desarrollo de la autopista Cuitzeo-Pátzcuaro es evitar que el trafico pesado proveniente del puerto de Lázaro Cárdenas pase por el interior de la ciudad de Morelia. Sin embargo, los eventos de inestabilidad de taludes de la vía han llegado a interrumpir la circulación, haciendo que el tráfico pesado tenga la necesidad de cruzar por la ciudad generando daños al pavimento, disminución del flujo vehicular e incluso accidentes viales dentro de la ciudad. Por lo que, es necesario revisar la estabilidad de los taludes más importantes de la vía carretera, mediante esta técnica. Usualmente se hace la medición de planos de discontinuidades (orientación, buzamiento, persistencia, abertura, espaciamiento, rugosidad) y se observa la condición de estos (relleno, alteración, humedad). Sin embargo, la metodología tradicional tiende a ser subjetiva, ambigua y escasa, debido a la imprecisión de las mediciones por el acceso al sitio, así como la dependencia del criterio del especialista. Con la finalidad de reducir dichas adversidades, tecnologías como la fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados nos permite adquirir información digital en herramientas como nubes de puntos para el análisis geométrico de discontinuidades. Aunado a ello, esta técnica proporciona datos fiables en entornos complejos como taludes altos como acantilados, o sitios de limitado acceso, lo cual ofrece ventajas en términos de seguridad del personal técnico, lo cual también se refleja en cuestiones económicas y de tiempo (Pagano, Palma, Ruocco, & Parise, 2020).
Pese a que las clasificaciones geomecánicas más utilizadas como RMR Rock Mass Rating (Bieniawski, 1988) y la SMR Slope Mass Rating (Romana, 1991), son ampliamente utilizadas, dependen en gran medida del criterio de observación del especialista. Por lo que determinar algunas características mediante fotogrametría de forma objetiva se reduce el sesgo en los resultados además de permitir que la experiencia del especialista no sea una limitación.

OBJETIVO. Determinar la condición actual basado en las clasificaciones geomecánicas RMR y SMR del talud carretero ubicado entre los kilómetros 12+507 al KM 13+485 de la autopista Cuitzeo-Pátzcuaro mediante fotogrametría y algoritmos semiautomáticos para determinar propuestas de estabilización.

MATERIALES Y MÉTODOS. Como primer paso se siguió la metodología genérica mostrada en la Figura 1 para el levantamiento de las imágenes, procesamiento fotogramétrico y la identificación de planos de discontinuidades mediante DSE.

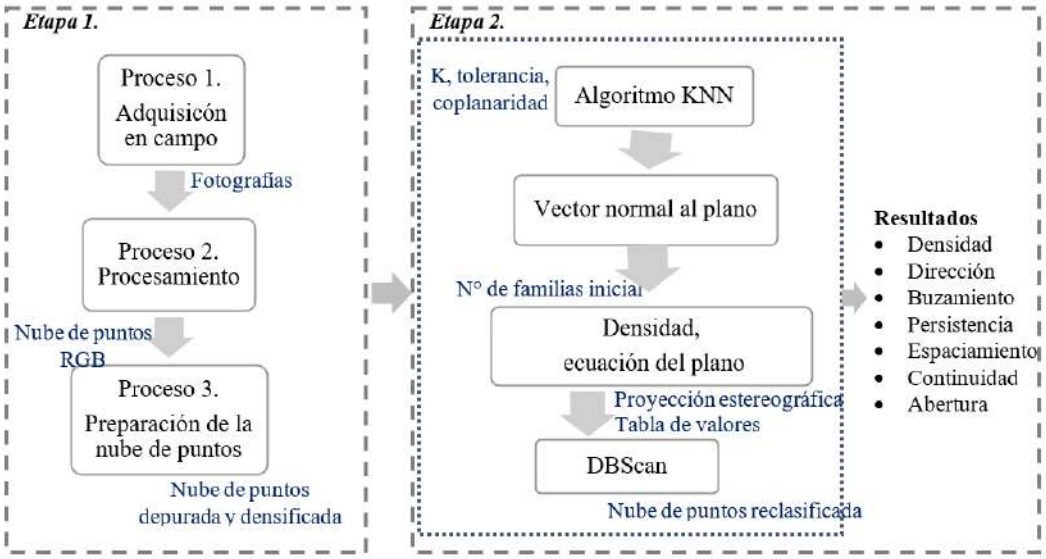


Figura 1. *Metodología generalizada para la identificación de características geométricas de discontinuidades.*

Como siguiente paso, se consideró que la clasificación geomecánica RMR, requieren de diversos parámetros geométricos adicionales a la orientación, buzamiento, espaciamiento, persistencia y abertura, como el parámetro RQD (*Rock Quality Designation Deere*, 1988) ya que representa el grado de fracturación del macizo rocoso una de las relaciones más utilizadas son la de Priest & Hudson (1976) dada por:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(1 + 0.1\lambda)$$

Donde λ, es la frecuencia de las discontinuidades, esto a partir del trazo de una línea de inspección en los modelos fotogramétricos de 20 y 50 m, trazando y midiendo la distancia entre discontinuidades que cruzan dicha línea de inspección. Otro parámetro requerido es la rugosidad de las paredes de las discontinuidades, usualmente se obtiene mediante un perfilómetro y la tabla de rugosidad de Barton & Choubey (1977), en este caso, se utilizan los modelos digitales de elevación para obtener perfiles de rugosidad sobre planos de discontinuidades y definir el valor JRC *Joint Roughness Coefficient.* Parámetros como alteración y humedad, se determinaron mediante criterio visual. Finalmente, para el caso de la clasificación SMR, solo es necesaria la ponderación de la clasificación RMR en su forma básica (no considera la corrección por orientación de las discontinuidades con respecto al talud), y las condiciones de orientación de las familias con respecto al talud de los mecanismos de falla plana y vuelco.

RESULTADOS. Se realizó el levantamiento fotogramétrico con un dron tipo DJI Mavic 3Multiespectral, como el quipo cuenta con un módulo RTK *(Real Time Kinematic*) se hizó el vuelo en este formato, por lo que no se utilizaron puntos de control, ya que este formato de vuelo hace la corrección del centro de la imagen en tiempo real. Para este estudio se adquirieron un total de 1247 imágenes. El procesamiento fotogramétrico se realizó en el programa de Agisoft Metashape v.1.18, en el que se obtuvieron productos fotogramétricos como nube de puntos, modelos teselados, modelo digital de elevaciones y ortofotos (Fig. 2).


a. Nube de puntos

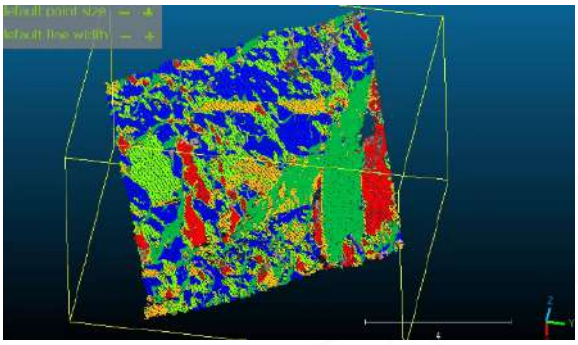

b) Modelo teselado


c) Modelo digital de elevaciones


d) Ortofoto

Figura 2. *Productos digitales del procesamiento fotogramétrico.*

Debido a que el talud presentó muy poca vegetación, no fue necesario aplicar filtros por color RGB en CloudCompare (Girardeau-Montaut, 2015) como lo establece la metodología (Fig.1). Sin embargo, si se disminuyó la densidad de la nube de puntos y debido a la gran longitud del talud se hicieron muestras representativas del talud de 10 m x 10 m. Después se usó del programa DSE para la identificación de los planos de discontinuidades mostradas en su proyección estereográfica y la reclasificación de la nube de puntos como se muestra en la Figura 3, obteniendo 5 planos de discontinuidades (J1: 66°/32°; J2:42°/73°; J3:98°/54°; J4:235°/87°; J5:53°/89).


a) Nube de puntos reclasificada

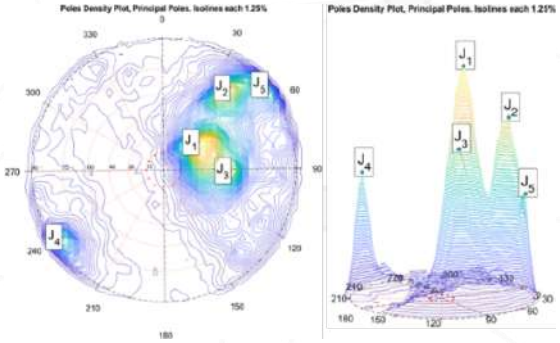

b) Proyección estereográfica

Figura 3. *Muestra representativa para la identificación de las familias de discontinuidades.*

Mediante DSE también se obtuvieron las siguientes propiedades geométricas como persistencia de 2.82 m, espaciamiento de 0.60 m y abertura de 2 a 5 cm y en algunas zonas de hasta 8 cm. El parámetro RQD se calculó como se menciona en la metodología, obteniendo un valor de 73% lo cual, en términos de la clasificación de la calidad de la roca de Deere (1988), le corresponde una calidad “Regular”. En el caso de la clasificación RMR, se definió la ponderación correspondiente a cada característica tal cual lo indica el método, obteniendo un RMR de 17 el cual corresponde a la clase V como “Muy mala” esto debido a que se hizo la corrección por orientación para el caso de taludes, lo cual en este estudio se trata de un valor de -50 debido a la condición desfavorable de la configuración de las

discontinuidades con respecto al talud, teniendo un RMR básico de 67. En cuanto a la clasificación SMR, de tomo como valor de entrada el RMR básico y este se afectó por cuatro parámetros, como lo indica el método, los cuales tres de ellos se refieren a la orientación y buzamiento de las familias de discontinuidades y la orientación y buzamiento del talud, mientras que el cuarto se refiere al método de excavación utilizado el cual en este caso se trata voladura suave, y considerando el mecanismo de falla más desfavorable para este caso que fue la falla tipo plana, obteniendo un valor de SMR de 46 lo cual corresponde a una clase III, “Normal”, “Parcialmente inestable”. El método SMR tiene propuestas de estabilización de acuerdo con el valor obtenido, para este caso se obtuvo como recomendación la implementación de muros gavión, anclajes y la malla de triple torsión.

CONCLUSIONES. En este trabajo puede concluirse con lo siguiente: La aplicación de la fotogrametría para el análisis de taludes proporciona información digital del sitio de estudio, de la cual se pueden extraer de forma semiautomática propiedades geométricas del talud, en cualquier área específica de interés, esto trae como beneficios en contraste a la metodología convencional lo (1) reducción de la imprecisión en la medición, ya que el método tradicional en ocasiones recurre a mediciones mediante aproximación visual; (2) reducción de los tiempos de levantamiento, ya que mediante fotogrametría con RTK el tiempo de adquisición de datos es únicamente el tiempo de vuelo para este caso el tiempo de vuelo duro aproximadamente 30 minutos, mientras que con la metodología convencional y para el sitio analizado se habría requerido de al menos 8 hrs. La reducción de la subjetividad de parámetros geométricos de las discontinuidades permite mayor certeza al momento de utilizar las clasificaciones geomecánicas, aunque aún permanezcan parámetros subjetivos que dependen del criterio del observador (humedad, relleno), esto podría mejorarse como trabajo futuro mediante el diseño de modelos difusos para una mejor toma de decisiones con respecto a dichos parámetros. Pese a que parámetros geométricos como el RQD, es menos complejo su calculo mediante fotogrametría, se pretende como trabajo futuro optimizar el proceso para que este sea automatizado, con la finalidad de reducir el tiempo de análisis. Los resultados mostraron que el talud analizado requiere de mejoramiento en su mecanismo de estabilización, los cuales son importante considerarlos a la brevedad ya que el tramo carretero tiene alto impacto social y económico.

REFERENCIAS.

1. Agisoft Metashape. (2024). Obtenido de https://www.agisoft.com/
2. Barton, N., & Choubey, V. (1977). The shear strength of rock jopints in theory and practice. Rock mechanics, 10, 1-54.
3. Bieniawski, Z. (1988). the rock mass rating (RMR) system (geomechanics classification) in engineering practice. Rock Classification Systems for Engineering Purposes. ASTM International.
4. Deere, D. (1988). The rock quiality designation (RQD) indez in practice. Rock classification systems for engineering purposes. ASTM International.
5. Girardeau-Montaut, D. (2015). CloudCompare 3D point cloud and mesh processing software. Open Source Proyect, 197.
6. Pagano, M., Palma, B., Ruocco, A., & Parise, M. (2020). Discontinuity Characterization of Rock Masses through Terrestrial Laser Scanner and Unmanned Aerial Vehicle Techniques Aimed ot Slope Stability Assessment. Applied Sciences, 10(8), 2960.
7. Priest, S., & Hudson, J. (1976). Discontinuity spacings in rock. (Pergamon, Ed.) International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, (Vol. 13, No. 5, pp. 135-148).
8. Riquelme, A., Tómas, R., Cano, M., & Abellán, A. (2016). Using open-source software for extracting geomechanical parameters of a rock mass from 3D point clouds: Discontinuity Set Extractor and SMRTool. ISRM EUROCK.
9. Romana, M. (1991). SMR classification. ISRM Congress.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224158

OPTIMIZACION DE TIEMPOS POR MEDIO DEL METODO DE VOGUEL (TRANSPORTE)

Sandra Galván Chávez[1], Ximena medina Paz[1], Florinda Cruz Sánchez[1], Arturo Calderón Castro[1], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[2]

1 Universidad Tecnológica de Morelia Acalderonc82@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: Optimización, distribución eficiente.

RESUMEN. La optimización de tiempos mediante el método de transporte es una herramienta esencial en la investigación de operaciones y la logística, particularmente relevante en el ámbito de la industria textil. Este método se aplica para resolver problemas complejos relacionados con la distribución eficiente de recursos, como materias primas o productos acabados, desde múltiples centros de producción hasta diversos puntos de destino, con el objetivo de minimizar tanto los costos logísticos como los tiempos de entrega. En el presente estudio aplicado a la industria textil, el uso del método de transporte ha demostrado ser altamente eficaz en la asignación óptima de recursos, al considerar simultáneamente las capacidades de producción de las fábricas y las demandas fluctuantes del mercado. Al implementar esta técnica, las empresas textiles pueden lograr una reducción significativa en los costos de transporte y una mejora en los tiempos de entrega, lo que se tradujo en un incremento de la eficiencia operativa y la competitividad en el mercado. Los resultados obtenidos en este contexto han sido satisfactorios, evidenciando que el método de transporte no solo optimiza las rutas logísticas, sino que también permite una gestión más eficaz de los inventarios, garantizando que los productos lleguen a los puntos de venta de manera oportuna. Esto se refleja en una mayor satisfacción del cliente y en una capacidad de respuesta más ágil ante cambios en la demanda, lo que es crucial en una industria caracterizada por ciclos de producción rápidos y una alta sensibilidad a las tendencias del mercado. Las ventajas de este método radican en su capacidad para equilibrar costos y tiempos, contribuyendo a una mejora integral en la cadena de suministro textil.

INTRODUCCIÓN. En la industria textil, la optimización de tiempos y recursos se ha vuelto una prioridad clave para mejorar la eficiencia operativa. El método de transporte, una herramienta central en la investigación de operaciones y logística permite resolver problemas complejos de distribución al asignar eficazmente materias primas y productos terminados desde distintos centros de producción hacia múltiples destinos. Su objetivo principal es minimizar tanto los costos logísticos como los tiempos de entrega. Este estudio se centra en la aplicación del método de transporte en la industria textil, demostrando su efectividad para optimizar la asignación de recursos. Al considerar las capacidades productivas de las fábricas y las demandas fluctuantes del mercado, se logra una reducción significativa de los costos de transporte y una mejora en los tiempos de entrega. Los

resultados obtenidos confirman que la implementación de este método no solo optimiza las rutas logísticas, sino que también facilita una gestión más eficiente de los inventarios, garantizando la entrega oportuna de los productos a los puntos de venta. Este enfoque incrementa la competitividad y eficiencia en el mercado, mejorando la satisfacción del cliente y la capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda. En una industria textil caracterizada por ciclos de producción rápidos y alta sensibilidad a las tendencias, el método de transporte ofrece una ventaja decisiva al equilibrar costos y tiempos, promoviendo una cadena de suministro más ágil y eficaz.

ANTECEDENTES. Con la Revolución Industrial, los problemas empresariales relacionados con la asignación de tareas y la gestión de costos se hicieron más complejos. Esto llevó al desarrollo de diversos métodos de optimización en el ámbito de la administración de operaciones. En 1955, Harold W. Kuhn introdujo el método húngaro, mientras que otras técnicas, como el método Vogel, comenzaron a ser utilizadas para resolver problemas específicos de logística. Uno de los principales retos en la industria textil es la optimización del transporte. William R. Vogel propuso el método Vogel, un enfoque que ayuda a decidir rutas, tiempos y destinos de manera eficiente, minimizando costos y cubriendo la demanda con la oferta disponible. Este método utiliza un algoritmo que, a través de penalizaciones, identifica la ruta más económica para el transporte de bienes o productos entre diferentes puntos. Este contexto histórico destaca la evolución de las técnicas de optimización que han permitido a las empresas reducir costos, mejorar la eficiencia operativa y adaptarse a las crecientes demandas del mercado, como es el caso en la industria textil.

OBJETIVO. Optimizar la distribución de recursos en un problema de transporte utilizando el Método de Aproximación de Vogel (VAM) para reducir los costos totales y mejorar la eficiencia logística en una cadena de suministro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Definir el problema de transporte: Identificar los puntos de origen, destinos, cantidades disponibles y demandas, asegurando una aplicación adecuada del método. Justificación: Una definición clara del problema es crucial para aplicar correctamente el método y obtener resultados válidos. Aplicar el Método de Vogel para obtener una solución inicial: Implementar el VAM para generar una solución inicial que minimice los costos de transporte. Justificación: Esto proporcionará una base eficiente para optimizaciones posteriores. Comparar la solución inicial con otras soluciones: Evaluar la solución inicial de VAM frente a otros métodos de aproximación y, si es posible, con soluciones óptimas obtenidas mediante métodos exactos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este estudio aplicó el Método de Transporte para optimizar la distribución de recursos en la industria textil. Se utilizaron datos de capacidad de producción, demanda y costos de transporte desde centros de producción a puntos de venta.

Materiales:

- Datos de producción y demanda.
- Costos de transporte.

Métodos:

1. Definición del Problema: Se identificaron los centros de producción y destinos, junto con sus capacidades y demandas.

2. Aplicación del Método de Aproximación de Vogel (VAM): Se generó una solución inicial para asignar recursos de manera eficiente.
3. Optimización y Comparación: La solución inicial se comparó con otros métodos de aproximación para evaluar su eficacia.
4. Evaluación de Resultados: Se analizaron los costos y tiempos de entrega para medir la mejora en la eficiencia de la cadena de suministro.

Este enfoque permitió reducir costos y tiempos de entrega, mejorando la eficiencia logística en la industria textil.

RESULTADOS. En el contexto actual de la industria textil, la eficiencia en la logística y la reducción de costos son fundamentales para mantener la competitividad. Con el objetivo de optimizar nuestros procesos de envío, hemos investigado los costos asociados a dos modalidades de transporte: camión de 6 ejes y transporte aéreo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación.

	Zacatecas	Monterrey	Tuxtla Gutiérrez	TOTAL
Moroleón	$10.09	$12.48	$14.96	3500
	3500			
San Juan del Río	$10.09	$12.48	$49.39	2800
	500	2300		
Tula	$12.50	$12.48	$14.96	2000
		700	1300	
TOTAL	4000	3000	3000	

El objetivo de este análisis es comparar los costos de envío entre autobuses de 6 ejes y transporte aéreo, evaluando cuál de las dos opciones resulta más eficiente en términos de costos y tiempos de entrega para nuestra empresa textil fabricante y exportadora de playeras.

Se realizó una investigación exhaustiva sobre los costos de envío, considerando factores como:

- Tarifas de transporte por kilómetro.
- Costos adicionales (carga, descarga, seguros, etc.).
- Tiempos estimados de entrega.
- Capacidad de carga de cada modalidad.

Para llegar a esta tabla se consideraron los siguientes datos envío. Se divide entre la cantidad de playeras que caben en una caja (50) para sacar el valor unitario, considerando que una camioneta cabe 100 cajas de 35 x 35 x 75.

Para esta tabla se consideró; Distancia en (kilómetros) dividiéndolo entre 100 posteriormente multiplicándolo por 920 y por Último entre 1000

	ZACATECAS	MONTERREY	TUXTLA	FICTICIA	
MOROLEON	540	686	819	0	3500
SJR	532	665	2509	0	2800
TULA	686	665	797	0	2000
	4000	3000	3000	0	10000-8300

SOLUCION TRANSPORTE

	Zacatecas	Monterrey	Tuxtla	TOTAL
Moroleón	$10.81	$13.72	$16.37	3500
	3500			
San Juan del Río	$10.64	$13.30	$50.18	2800
	500	2300		
Tula	$13.72	$13.30	$15.93	2000
		700	1300	
TOTAL	4000	3000	3000	

COSTO TOTAL = 103,764

	ZACATECAS	MONTERREY	TUXTLA	FICTICIA	
MOROLEON	416.46	625.46	1159	0	3500
SJR	6159.4	1159.4	2469.6	0	2800
TULA	1035.8	1159.4	1159.4	0	2000
	4000	3000	3000		10000-8300

SOLUCION TRANSPORTE

	Zacatecas	Monterrey	Tuxtla	TOTAL
Moroleón	$8.33 (3500)	$12.51	$23.18	3500
San Juan del Río	$123.19	$23.19 (2800)	$49.39	2800
Tula	$20.72 (500)	$23.19 (200)	$23.19 (1300)	2000
TOTAL	4000	3000	3000	

COSTO TOTAL = 139,232

	ZACATECAS	MONTERREY	TUXTLA	FICTICIA	
MOROLEON	395.68	758.96	988.27	0	3500
SJR	469.68	731.57	1134.1	0	2800
TULA	558.68	820.57	903.27	0	2000
	4000	3000	3000		10000-8300

SOLUCION TRANSPORTE

	Zacatecas	Monterrey	Tuxtla	TOTAL
Moroleón	$7.91 (3500)	$15.18	$19.77	3500
San Juan del Río	$9.39 (500)	$14.63 (2300)	$22.68	2800
Tula	$11.17	$16.41 (700)	$18.07 (1300)	2000
TOTAL	4000	3000	3000	

COSTO TOTAL = 101,007

CONCLUSIONES. El Método de Aproximación de Vogel se ha demostrado ser una herramienta eficaz para abordar problemas de transporte en la logística y la distribución. Al priorizar las asignaciones basadas en las penalizaciones de costo, este método permite identificar rápidamente las rutas más económicas y eficientes para el envío de productos. A través de su enfoque sistemático, VAM no solo minimiza los costos de transporte, sino que también optimiza el uso de recursos, lo que resulta en una mejora significativa en la eficiencia operativa. Además, su capacidad para proporcionar soluciones iniciales cercanas al óptimo facilita la posterior aplicación de métodos de optimización más avanzados, como el Método Simplex. Implementar el Método de Aproximación de Vogel en nuestra empresa textil puede contribuir a una mejor planificación logística, reduciendo tiempos de envío y costos operativos, lo que se traduce en un servicio más ágil y satisfactorio para nuestros clientes. En un entorno competitivo, adoptar este tipo de metodologías no solo es una ventaja estratégica, sino también un paso hacia la sostenibilidad y la rentabilidad a largo plazo.

REFERENCIAS.

1. Mora Chulde, L. A. (2024). Diseño de la organización del trabajo para incrementar la productividad a través del estudio de tiempos y métodos en la empresa “Finatex” (Bachelor's thesis).
2. Pérez Rodríguez, E. X. (2024). Crear una colección de prendas maximalistas inclusivas como un nuevo modelo de negocio en la empresa CHARL’S BORDADOS (Bachelor's thesis).

Sandy Valeria Piña Villa[1], Christian Abraham León Alvarado[2], Griselda Yunuen Villa García[3], Adriana Calderón Martínez[4], Arturo Calderón Castro[5], José Oscar Hernández Bautista[6], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[7]

1 Universidad Tecnológica de Morelia Vanemv453@hotmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

3 Universidad Tecnológica de Morelia Adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx

4 Universidad Tecnológica de Morelia Acalderonc82@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de Morelia Maneoskar2010@gmail.com

6 Universidad Tecnológica de Morelia Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: Optimizar, maximizar, programación.

RESUMEN. Este estudio aborda la optimización de la producción en la industria textil utilizando técnicas de programación no lineal. A diferencia de los enfoques lineales, la programación no lineal permite modelar problemas de producción complejos, donde las relaciones entre las variables de decisión no son proporcionales, ofreciendo una representación más precisa de las dinámicas industriales. El objetivo principal es maximizar la rentabilidad total en la fabricación de productos textiles, considerando múltiples variantes de diseño y procesos de manufactura. El modelo propuesto integra restricciones relativas a la demanda máxima mensual, limitaciones en el tiempo de producción y costos variables, los cuales dependen de la cantidad producida y la complejidad del diseño. La programación no lineal se aplica para determinar la combinación óptima de recursos y procesos que maximice las ganancias, considerando las curvas de costo y rendimiento propias de la producción textil. Los resultados indican que la aplicación de programación no lineal en la industria textil permite una asignación más eficiente de los recursos, resultando en un aumento significativo de la eficiencia operativa. Se evidencia también una reducción en el desperdicio de material y una mayor flexibilidad para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda, lo que refuerza la sostenibilidad y la competitividad en el sector.

INTRODUCCIÓN. La industria textil enfrenta desafíos significativos debido a la variabilidad en la demanda, la diversidad de diseños y la evolución de los procesos de manufactura. Para mejorar la competitividad y sostenibilidad, es crucial optimizar los recursos y procesos productivos. Tradicionalmente, la programación lineal se ha utilizado para resolver problemas de optimización, pero en la industria textil, donde los procesos son complejos y no lineales, esta técnica resulta insuficiente.[1] La programación no lineal (PNL) emerge como una herramienta más adecuada, ya que puede modelar con precisión las relaciones no lineales en costos, tiempos de producción y eficiencia. Este estudio propone un modelo de optimización de la producción textil utilizando PNL, con el objetivo de maximizar la rentabilidad total del proceso. El modelo considera restricciones como la demanda mensual máxima, el tiempo de producción disponible y los costos variables, y captura fenómenos como economías de escala y costos marginales crecientes. [2] Se utilizará el software Julia con el paquete JuMP y el solver Ipopt para abordar un caso práctico de optimización en una fábrica textil. El modelo optimiza la asignación de recursos y la planificación de procesos, minimizando el desperdicio de material y maximizando la eficiencia operativa, al tiempo que captura las relaciones no lineales del proceso de producción. [3]

ANTECEDENTES. La industria textil, clave a nivel mundial por su impacto económico y relevancia cotidiana, ha evolucionado constantemente desde la Revolución Industrial, integrando avances tecnológicos para mejorar la manufactura y la calidad. Con la diversificación de demandas y expectativas de los consumidores, las fábricas han tenido que optimizar operaciones, reducir costos, mejorar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental. [4] Tradicionalmente, se han utilizado técnicas de optimización lineal, pero estas han mostrado limitaciones en procesos donde las relaciones no son proporcionales. En respuesta, la programación no lineal (PNL) ha ganado relevancia, ofreciendo una alternativa para modelar problemas más complejos y realistas. A diferencia de la programación lineal, la PNL captura interdependencias no lineales inherentes a la producción textil, como costos variables, tiempos de configuración y fluctuaciones en la demanda. [4] La PNL permite una asignación más eficiente de recursos y una mejor adaptación a las variaciones del mercado, lo que es crucial para la competitividad en la industria textil. Aunque su aplicación en el sector aún está en desarrollo, la PNL muestra un gran potencial para resolver problemas específicos de producción y mejorar las operaciones en fábricas textiles.

OBJETIVO. Desarrollar un modelo de optimización de la producción en la industria textil utilizando técnicas de programación no lineal, con el fin de maximizar la rentabilidad total, optimizando la asignación de recursos y procesos productivos, y reduciendo el desperdicio de material. Maximizar la rentabilidad total en la producción textil: Aplicar técnicas de programación no lineal para desarrollar un modelo que optimice los recursos, procesos y variantes de diseño en la fabricación de productos textiles, incrementando las ganancias totales. Optimizar la asignación de recursos y procesos productivos: Identificar la combinación óptima de recursos y procesos industriales que maximicen la eficiencia operativa, considerando las restricciones de demanda, tiempo de producción disponible y costos variables. Aumentar la flexibilidad frente a fluctuaciones de la demanda: Proporcionar un modelo que permita a las fábricas adaptarse rápidamente a cambios en la demanda, asegurando la competitividad en el mercado textil.

MATERIALES Y MÉTODOS. Software:
Julia v1.9: Lenguaje de programación usado para desarrollar el modelo de optimización debido a su eficiencia en cálculos numéricos intensivos.
JuMP: Paquete en Julia para modelar y resolver problemas de optimización algebraica.
Ipopt: Solver especializado en optimización no lineal, utilizado para resolver el problema con restricciones.
Datos de Entrada:
Demanda mensual: Cantidad máxima de prendas solicitadas por mes para diferentes tipos de productos.
Capacidad de producción: Horas disponibles por máquina y línea de producción (incluyendo corte, ensamblaje, costura y acabado).
Tiempo de producción por unidad: Tiempo requerido para producir cada prenda en distintas etapas de manufactura.
Costos variables: Costos asociados a materiales, mano de obra, y otros gastos que dependen de la cantidad producida y la complejidad del diseño.
Curvas de costo y eficiencia: Relación entre cantidad producida y costo por unidad, considerando economías de escala.
Desperdicio de material: Proporción de tela desperdiciada según la cantidad producida.

Recursos Industriales:
Fábrica textil: Equipada con líneas de producción para corte, costura, ensamblaje y acabado.
Maquinaria: Con capacidad limitada y tiempos de operación variables según la complejidad del diseño.
Suministro limitado: Materiales (tela, hilos, botones, etc.) disponibles mensualmente.
Método:
Formulación del Problema: El problema de optimización no lineal se enfoca en maximizar la rentabilidad total de la fábrica textil, considerando la demanda de productos, costos variables y tiempos de producción. La función objetivo a maximizar incluye las ganancias por prenda, menos los costos variables de producción y el desperdicio asociado al proceso. La función objetivo puede formularse como:

$$Max \sum_{i=1}^{n} (Ingreso(pi) - Costo(xi, ti, zi) - Desperdicio(pi)$$

Donde:
pi Es la cantidad producida del producto i.
xi Es la cantidad de material utilizado,
ti Es el tiempo de producción, y
zi Representa la complejidad del diseño.

Restricciones:
Demanda máxima: La producción no puede exceder la demanda de cada producto:

$$pi \leq demandai$$

Capacidad de producción: La producción está limitada por el tiempo disponible en las máquinas:

$$\sum_{i=1}^{n} t_{prodi} \leq Horas\ disponibles$$

Material disponible: La cantidad de tela utilizada no puede exceder el material disponible:

$$\sum_{i=1}^{n} xi \leq material\ disponible$$

Costos variables no lineales: Los costos de producción dependen de la cantidad producida y la complejidad de los diseños, modelados como funciones no lineales.
Ejecución del modelo: El modelo se ejecuta para distintos escenarios de demanda y restricciones de capacidad. Los resultados incluyen la combinación óptima de productos, el tiempo de producción requerido, el uso de materiales, y las ganancias generadas en cada escenario.

RESULTADOS. Ganancia Total: $3930.00. La optimización ha generado una ganancia total de $3930, resultado de la diferencia entre ingresos por ventas y costos de producción, incluyendo materiales y complejidad del diseño. Cantidad Producida: 150 unidades. La producción óptima es de 150 unidades, maximizando las ganancias según las restricciones de tiempo y material disponibles. Material Utilizado: 165 unidades de tela. Se han utilizado 165 unidades de tela, considerando un 10% de desperdicio típico en el proceso de producción textil. Tiempo de Producción: 150 horas. La producción de 150 unidades ha

requerido 150 horas, utilizando el tiempo disponible en la maquinaria al máximo. Interpretación de los Resultados. Eficiencia en el Uso de Recursos: El modelo ha logrado una asignación eficiente de recursos, maximizando ganancias dentro de las restricciones de tiempo y material. Maximización de Ganancias: La ganancia total refleja un equilibrio óptimo entre producción y costos, incluyendo materiales y diseño. Uso del Material y Tiempo: La cantidad de material y el tiempo de producción indican un manejo adecuado del desperdicio y la optimización del tiempo de maquinaria, sin tiempo desperdiciado en el proceso.

CONCLUSIONES. La industria textil, clave a nivel mundial por su impacto económico y relevancia cotidiana, ha evolucionado constantemente desde la Revolución Industrial, integrando avances tecnológicos para mejorar la manufactura y la calidad. Con la diversificación de demandas y expectativas de los consumidores, las fábricas han tenido que optimizar operaciones, reducir costos, mejorar la eficiencia y minimizar el impacto ambiental. Tradicionalmente, se han utilizado técnicas de optimización lineal, pero estas han mostrado limitaciones en procesos donde las relaciones no son proporcionales. En respuesta, la programación no lineal (PNL) ha ganado relevancia, ofreciendo una alternativa para modelar problemas más complejos y realistas. A diferencia de la programación lineal, la PNL captura interdependencias no lineales inherentes a la producción textil, como costos variables, tiempos de configuración y fluctuaciones en la demanda. La PNL permite una asignación más eficiente de recursos y una mejor adaptación a las variaciones del mercado, lo que es crucial para la competitividad en la industria textil. Aunque su aplicación en el sector aún está en desarrollo, la PNL muestra un gran potencial para resolver problemas específicos de producción y mejorar las operaciones en fábricas textiles.

REFERENCIAS.

1. RENE, C. Q. W. (2024). FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL).
2. González, A. D. C., Partida, D. S., Alcaraz, C. A. Z., & Benítez, E. O. (2016). Aplicación de programación lineal para la asignación de horarios en una institución educativa mexicana. Revista Ingeniería Industrial, 15(2), 135-146.
3. Chapra, S. C., Canale, R. P., Ruiz, R. S. G., Mercado, V. H. I., Díaz, E. M., & Benites, G. E. (2011). Métodos numéricos para ingenieros (Vol. 5, pp. 154-196). New York, NY, USA: McGraw-Hill.
4. Cabrera Calderón, A. P. (2024). Análisis y optimización de los sistemas de producción en la empresa “Letal Jeans Cia. Ltda” (Master's thesis, Universidad del Azuay).

Karla Pola Gutiérrez Álvarez[1], Wendy Fabiola Jiménez Zavala[2], Arturo Calderón Castro[3], José Óscar Hernández[4], Jesús Eduardo Gutiérrez Rodríguez[5]

1 Universidad Tecnológica de Morelia; gwenjiza@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia; kaipahola@gmail.com

3 Universidad Tecnológica de Morelia; acalderon82@gmail.com

4 Universidad Tecnológica de Morelia; maneoskar2010@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de Morelia; Eduardo.rod.gtz@gmail.com

Palabras Clave: Antotipia, Pigmentos naturales, Betabel, Cúrcuma, Teñido textil, Sostenibilidad.

RESUMEN. Este proyecto de investigación se centra en la exploración de la antiotipia como método para teñir textiles utilizando pigmentos naturales extraídos de Beta vulgaris (betabel) y Curcuma longa (cúrcuma). La antiotipia, técnica fotográfica del siglo XIX, es adaptada en este estudio para evaluar su eficacia en la transferencia de pigmentos vegetales a fibras textiles. La investigación se propone analizar la estabilidad cromática, la intensidad del color y la durabilidad de los tintes obtenidos mediante la exposición controlada a la luz solar. Se emplearán tejidos de algodón como sustrato debido a su alta capacidad de absorción de pigmentos. Las muestras de tejidos se teñirán con extractos acuosos de betabel y cúrcuma, para luego ser sometidas a diferentes tiempos de exposición a la radiación solar, con el fin de evaluar el grado de fijación del pigmento y la variabilidad cromática. Adicionalmente, se investigará el efecto de distintos mordientes naturales, como vinagre y alumbre, sobre la adherencia y permanencia del color en los tejidos. Los resultados se cuantificarán utilizando espectrofotometría y se compararán las propiedades tintóreas de ambos pigmentos en términos de estabilidad frente a la luz, uniformidad del color y resistencia al lavado. Este estudio busca no solo resaltar las posibilidades de las técnicas de teñido natural, sino también contribuir al desarrollo de alternativas sostenibles en la industria textil, con potenciales aplicaciones en moda ecológica y conservación del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN. Este proyecto de investigación se centra en la exploración de la antotipia como método para teñir textiles utilizando pigmentos naturales extraídos de Beta vulgaris (betabel) y Cúrcuma longa (cúrcuma). La antotipia, técnica fotográfica del siglo XIX, es adaptada en este estudio para evaluar su eficacia en la transferencia de pigmentos vegetales a fibras textiles. La investigación se propone analizar la estabilidad cromática, la intensidad del color y la durabilidad de los tintes obtenidos mediante la exposición controlada a la luz solar. Se emplearán tejidos de algodón como sustrato debido a su alta capacidad de absorción de pigmentos. Las muestras de tejidos se teñirán con extractos acuosos de betabel y cúrcuma, para luego ser sometidas a diferentes tiempos de exposición a la radiación solar, con el fin de evaluar el grado de fijación del pigmento y la variabilidad cromática. Adicionalmente, se investigará el efecto de distintos mordientes como alcohol etílico y naturales, como vinagre y alumbre, sobre la adherencia y permanencia del color en los tejidos. Los resultados se cuantificarán utilizando espectrofotometría y se compararán las propiedades tintóreas de ambos pigmentos en términos de estabilidad frente a la luz, uniformidad del color y resistencia al lavado. Este estudio busca no solo resaltar las posibilidades de las técnicas de teñido natural, sino también contribuir al desarrollo de

alternativas sostenibles en la industria textil, con potenciales aplicaciones en moda ecológica y conservación del medio ambiente.

ANTECEDENTES. La antotipia es una técnica de impresión solar que emplea pigmentos naturales para crear imágenes o patrones en superficies, como el papel o los textiles. Esta técnica fue desarrollada en el siglo XIX por la botánica Anna Atkins, pionera en la utilización de procesos fotográficos, particularmente la cianotipia. A diferencia de la cianotipia, que utiliza productos químicos, la antotipia se basa en jugos vegetales, lo que la convierte en un método más ecológico. Esta técnica ha sido retomada en tiempos recientes por artistas y diseñadores interesados en enfoques más sostenibles para la creación artística y el teñido textil. La remolacha (Beta vulgaris), conocida comúnmente como betabel, ha sido históricamente utilizada por diversas culturas como fuente de coloración en alimentos, cosméticos y textiles. En el contexto de la antotipia, el jugo de remolacha es atractivo por su capacidad de reaccionar a la luz solar, creando patrones suaves y únicos en textiles de algodón. La cúrcuma (Cúrcuma longa) es otra planta utilizada frecuentemente en la antotipia, su pigmento principal, la curcumina, es conocido por ser más estable a la exposición solar y menos propenso a desvanecerse con el tiempo. De hecho, la cúrcuma ha sido utilizada durante siglos en Asia no solo como especia y medicina, sino también como colorante natural para textiles.

OBJETIVO. El estudio tiene como objetivo analizar la estabilidad cromática, la intensidad y durabilidad del color cuando los tejidos son expuestos a la luz solar. Se realizarán pruebas de teñido con extractos acuosos de betabel y cúrcuma, exponiendo las muestras a distintos tiempos bajo radiación solar controlada. Adicionalmente, se evaluará el impacto de mordientes en la fijación del pigmento. Las propiedades tintóreas, comparando la resistencia del color frente a la luz, la uniformidad y la resistencia al lavado.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Tintura con betabel	Tintura con cúrcuma
Betabel	Cúrcuma
Sal	Agua destilada
Agua destilada	Alcohol
Alumbre	Bicarbonato
Alcohol	Vinagre blanco
Vinagre blanco	Alumbre (opcional)

1. Selección de tejidos y preparación de muestras
Se utilizarán muestras de tejido de algodón, cortadas en dimensiones estándar, debido a su capacidad de absorción de pigmentos naturales.
2. Preparación de los extractos de pigmentos
Se extraerán los pigmentos mediante una solución acuosa de las raíces de Beta vulgaris y los rizomas de Cúrcuma longa, controlando las concentraciones y tiempos de extracción.
3. Aplicación de la técnica de antotipia
Las muestras de tejido de algodón se impregnarán con los extractos de pigmento y se expondrán a la luz solar en condiciones controladas, variando los tiempos de exposición.
4. Uso de mordientes

Se aplicarán vinagre, alcohol del 94 y alumbre como mordientes en algunas muestras para evaluar su efecto en la fijación del pigmento y la durabilidad del color.
5. Análisis.
Se utilizarán pruebas para medir la intensidad del color, su uniformidad y la resistencia a factores externos como la luz y el lavado.

Comparación entre remolacha y cúrcuma en antotipia
Ambos pigmentos, aunque derivados de plantas, tienen diferencias notables en términos de durabilidad y coloración:

	Betabel	Cúrcuma
Color	Tonos rojizos o púrpuras.	Amarillo vibrante/Naranja.
Durabilidad	Baja a media.	Alta.
Sostenibilidad	Pocos productos químicos.	Varia la cantidad de químicos.

Procedimiento de Extracción y Aplicación del Pigmento de Beta vulgaris
1. Preparación: Se lavaron raíces frescas de Beta vulgaris (betabel) para eliminar impurezas.
2. Extracción del Pigmento: Las raíces se cortaron, licuaron y cocinaron a fuego lento en agua destilada durante 30 minutos. El líquido resultante se coló para obtener un extracto acuoso.
3. Preparación del Algodón: Las muestras de algodón se lavaron, se hirvieron en solución salina y se sumergieron en alcohol, vinagre o alumbre como mordientes durante 15 minutos.
4. Teñido: Las muestras se pintaron, se colocaron hojas y se cubrieron con un cristal.
5. Secado y Exposición Solar: Las muestras se expusieron al sol durante 1, 3 y 5 horas.
6. Limpieza y Evaluación: Se lavaron las muestras con agua fría y jabón neutro para evaluar la durabilidad y el color después del secado y exposición al sol.

Procedimiento de Extracción y Aplicación del Pigmento de Cúrcuma Longa

1. Mezcla Inicial: Se disolvió 1 a 2 cucharadas de polvo de cúrcuma en 50 ml de alcohol etílico al 94% (o agua destilada si no se tiene alcohol).
2. Homogeneización: Se removió vigorosamente hasta obtener una mezcla homogénea, añadiendo más alcohol o agua si es necesario.
3. Filtrado (Opcional): Se filtró la mezcla para eliminar residuos no disueltos, utilizando un filtro de tela o gasa fina.
4. Preparación del Sustrato Textil:
    - Condicionamiento: La tela se limpió y secó completamente.
    - Disposición: Se extendió la tela sobre una superficie plana y protegida.
5. Aplicación del Pigmento:
6. Distribución: Se aplicó una capa uniforme de la solución de cúrcuma sobre la tela con una brocha o pincel.
7. Capas Adicionales: Se pueden aplicar capas adicionales, dejando secar parcialmente cada capa antes de aplicar la siguiente.
- Exposición y Revelado:
    - Exposición a la Luz: La tela se expuso a luz solar durante 3 a 6 horas o a una lámpara UV a una distancia de 5 a 10 cm durante 1 a 3 horas.

- Revisión: Se monitoreó el proceso de exposición para asegurar un revelado adecuado del diseño.

8. Fijación y Estabilización del Pigmento:
   - Enjuague (Opcional): Se puede enjuagar la tela con agua fría con vinagre blanco para mejorar la fijación del color.
   - Secado y Planchado: Se dejó secar al aire libre y se planchó a baja temperatura, colocando una tela de algodón entre la plancha y el diseño para evitar daños.

RESULTADOS. En el presente estudio, se evaluó la eficacia de los pigmentos naturales extraídos de Beta vulgaris y Cúrcuma longa en la técnica de antotipia aplicada a tejidos naturales. Los resultados indicaron que el pigmento de Cúrcuma longa proporcionó una intensidad de color amarillo más brillante y uniforme en comparación con el pigmento de Beta vulgaris, que exhibió un tono rojizo menos intenso. La estabilidad del diseño revelado fue superior con cúrcuma, mostrando una definición clara y una menor difusión del color en comparación con el pigmento de remolacha, que presentó una tendencia a la decoloración y pérdida de definición en los bordes. En términos de respuesta a fuentes de luz, el pigmento de cúrcuma reveló el diseño de manera más eficiente, con una exposición de 2 a 3 horas bajo luz UV, mientras que el pigmento de remolacha requirió 4 a 6 horas para alcanzar resultados comparables. Finalmente, la durabilidad del pigmento en la tela fue notablemente mayor con cúrcuma, que mantuvo su intensidad cromática tras varios enjuagues, en contraste con la remolacha, que mostró una decoloración significativa tras el primer enjuague. Estos hallazgos destacan la superioridad del pigmento de cúrcuma en términos de intensidad, estabilidad y durabilidad en la aplicación de antotipia textil.



CONCLUSIONES. El propósito de este estudio fue evaluar la efectividad de los pigmentos naturales de Beta vulgaris y Cúrcuma longa en la técnica de antotipia textil, con el objetivo de determinar cuál de estos pigmentos ofrece mejores resultados en términos de intensidad de color, estabilidad del diseño y durabilidad. El problema central radicaba en la necesidad de comparar estos pigmentos para identificar sus ventajas y limitaciones específicas en aplicaciones textiles sostenibles. Los resultados demostraron que el pigmento de Cúrcuma longa no solo proporciona un color más intenso y uniforme, sino que también ofrece una mayor estabilidad y durabilidad en comparación con el pigmento de Beta vulgaris, que mostró menor intensidad y una tendencia a la decoloración. Esta investigación destaca la posibilidad de utilizar la cúrcuma como una opción superior en la técnica de antotipia para aplicaciones textiles, promoviendo prácticas más sostenibles y efectivas. Se invita a los investigadores y diseñadores textiles a considerar la cúrcuma para futuros proyectos de coloración natural, aprovechando sus beneficios en términos de intensidad y longevidad del diseño. La integración de estos hallazgos puede revolucionar el uso de pigmentos naturales en la industria textil, abriendo nuevas oportunidades para la sostenibilidad y la innovación en el diseño textil.

REFERENCIAS.

1. (Lonergan, 2024)
2. Cardon, D. (2007). Tintes naturales: fuentes, tradición, tecnología y ciencia. Publicaciones de Arquetipo.

3. González Navarro, M. (2014). Técnicas de impresión ecológicas: Exploración de la antotipia en tejidos. Revista de Investigación Textil y Moda, 18(3), 45-56. https://doi.org/10.1016/j.ritex.2014.06.002
4. Salinas, P. & García, M. (2019). Aplicación de pigmentos naturales en el teñido de textiles sostenibles. Revista de Coloración y Sustentabilidad Textil, 5(1), 123-134. https://doi.org/10.1016/j.rcst.2019.02.003
5. Ramírez, J. (2015). Antotipia: Una alternativa ecológica para la impresión fotográfica. Boletín Científico de Arte y Ciencia, 9(2), 65-71. https://doi.org/10.1080/03087298.2015.1044571

OPIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UNA LANCHA ELÉCTRICA SACA LIRIOS: REDUCCIÓN DE VIBRADORES EN EL EJE DEL MOTOR, IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CARGA EFICIENTE

Alan Eduardo Perez-Velazquez[1], Nandinii Barbosa-Cendejas[2], Israel Roberto Serafin Zuñiga[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Nandinii.barbosa@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juang@gmail.com

3 Universidad Vasco de Quiroga, Campus Santa María; iserafin@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: vehículo eléctrico, prototipo, batería de Litio, sistema de carga.

RESUMEN. En este trabajo se presentan las adecuaciones realizadas sobre el prototipo inicial de una lancha eléctrica saca lirio. El objetivo general del presente trabajo consiste en la optimización en el diseño para reducir vibraciones en el eje del motor y lograr un mejor funcionamiento de las aspas del motor sobre borda y en la implementación de un sistema de carga eficiente. La metodología del ciclo de Deming es un proceso cíclico de mejora continua que consta de cuatro etapas: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Esta metodología, también conocida como PDCA, permite a las organizaciones identificar oportunidades de mejora, implementar cambios, evaluar los resultados y realizar ajustes para lograr una mejora constante en sus procesos y productos. Es una herramienta fundamental en la gestión de la calidad y la eficiencia. Las pruebas realizadas sobre el prototipo inicial indican un exceso de vibración en el eje del motor sobre borda lo cual desencadeno una perdida en las hélices de propulsión, la acción planteada es realizar una mejora en el diseño del motor recolocando el eje y mejorando el sistema de propulsión. La batería de iones de litio que se utilizó debía cargarse a través de una fuente, para optimizar el tiempo de carga y con el objetivo a futuro de que se pueda utilizar un panel solar se propone la implementación de un sistema de carga eficiente. El sistema de carga nos permite controlar de manera precisa la corriente y el voltaje de carga, evitando sobrecargas que puedan dañar la batería o acortar su vida útil. Se presenta también un avance en el diseño del mecanismo saca lirios y una prueba inicial.

INTRODUCCIÓN. El desarrollo sostenible es la meta determinada por la ONU para su agenda 2030, para lograr llegar a esta meta se han propuesto los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales están relacionados entre ellos y son la ruta por seguir para lograr el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2018). El desarrollo sostenible lo podemos entender como una visión que busca mejorar la calidad de vida de las personas sin dañar el planeta, promoviendo prácticas económicas, sociales y ambientales para asegurar un mejor futuro. Tal como se planteó en (Pérez Velázquez et al, 2023) este proyecto se concentra en dos de los ODS en el seis garantizar la disponibilidad de agua limpia y el saneamiento para todos y en el siete garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. La meta de la agenda 2030 requiere del esfuerzo de todos los habitantes del planeta para conseguirla, en este sentido resulta importante explorar y entender cuáles son las aportaciones que se pueden realizar desde las áreas de ingeniería.

ANTECEDENTES. El presente trabajo es parte del avance de un proyecto para desarrollar un prototipo de una lancha eléctrica saca lirios, tal como se menciona en un trabajo previo (Pérez Velázquez et al, 2023) es necesario realizar un proceso de particularización que nos permita ir desde un problema tan general como el desarrollo sostenible a un problema específico que se pueda abordar desde la ingeniería eléctrica y que a su vez contenga un elemento de innovación tecnológica. El problema específico para resolver es la limpieza de los cuerpos de agua como lagos y manantiales que tienen una invasión sin control del lirio acuático, lo que ocasiona la eutrofización del ecosistema lo que ocasiona un impacto negativo en la calidad de las aguas, impactando negativamente en la flora, la fauna y las personas cercanas a la zona que dependen de este cuerpo de agua para sus actividades cotidianas. Como solución al problema se plantea el desarrollo de un prototipo de una lancha eléctrica saca lirios, en este sentido el proyecto utiliza por un lado elementos ampliamente estudiados en la ingeniería eléctrica (ciencia aplicada) y por otro incorpora como elemento innovador un sistema saca lirios del cual no hay un antecedente que funcione con un motor eléctrico. Para el desarrollo del prototipo se planteó el diseño básico para seguir un diagrama hasta llegar al diseño definitivo tal como se muestra en la Fig. 1. El desarrollo del prototipo se dividió (Mendoza-Cuzme L., 2021) alimentación, el sistema de propulsión eléctrico y el sistema saca lirio.

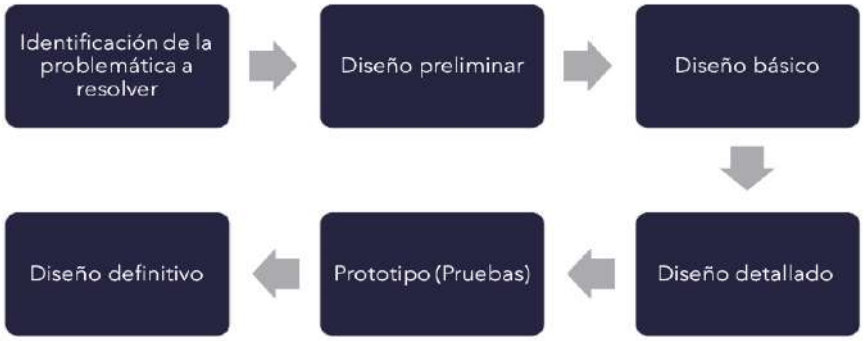


Figura 1 *Proceso de fases de procesos o fases.*

En el trabajo realizado previamente se seleccionaron los materiales para el desarrollo de los sistemas antes propuestos y los cuales se pueden consultar detalladamente en (Pérez Velázquez et al, 2023). Como antecedente a este trabajo se cuentan con las versiones base del sistema de propulsión y del sistema de alimentación, con los cuales se realizaron las dos primeras pruebas. Como resultado de estas pruebas se logró probar el motor sobre borda que funciono únicamente por unos cuantos minutos ya que sufrimos la perdida de las hélices por el exceso de vibración del motor y por un choque con el fondo del lago del zoológico donde se realizó la prueba. Derivado de esta prueba se encontró la necesidad de mejorar el sistema de carga de la batería para el sistema de alimentación y lograr tener un sistema de carga eficiente.

OBJETIVO. Desarrollar el prototipo de una lancha eléctrica saca lirios.

OBJETIVOS PARTICULARES: Optimización del diseño del eje del motor sobre borda para la reducción de vibraciones, mejora de la versión base del prototipo, Implementación de un sistema de carga eficiente para el sistema de alimentación de la lancha. Diseño y construcción para el sistema saca lirios (propuesta base)

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo del presente trabajo se utilizo una metodología iterativa llama el ciclo de Deming, también conocido como PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Esta metodología tiene cuatro etapas: primero, se planifica un cambio o mejora; luego, se implementa el plan; a continuación, se evalúan los resultados obtenidos comparándolos con los objetivos iniciales; y finalmente, se toman acciones correctivas o se estandarizan los cambios si los resultados son satisfactorios el ciclo se ilustraen la Fig 2. Este ciclo se repite de manera continua, permitiendo a las organizaciones identificar y solucionar problemas de manera eficiente, así como aprovechar oportunidades de mejora.

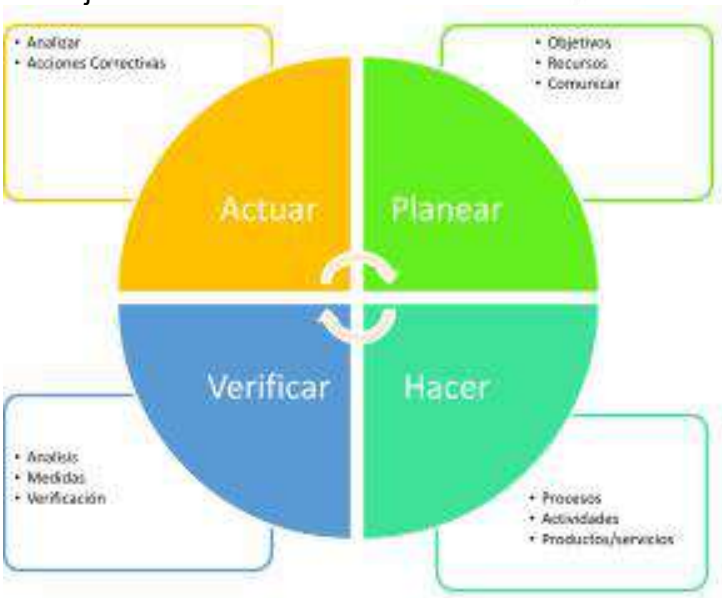


***Figura 2**. Ciclo de Deming.*

Los materiales se presentan a continuación de la manera resumida en la tabla 1.

Sistema de alimentación	
Material	Descripción
Arreglo 13S 7Pde Baterías de Li-on 18650	Composición: Ion de Litio, Recargable, voltaje 3.7 V, capacidad de la pila 400 mAh,
BMS (Sistema de Gestión de Batería)	48 V, gestión de 13 celdas con cable placa de protección ternaria 3.7.
Cargador de 48 V a 2 A para el nuevo centro de carga de la batería.	
Interruptor de desconexión de batería	Funcionamiento sencillo: encendido/apagado 2 posiciones (0 = apagado, 1 = encendido), 275 A continuo a CC 12 V, 455 A intermitente a CC 12 V, 1250 A momentáneo a CC 12 V; Voltaje: 12 V - 48 V CC. Tamaño del perno terminal: 2 x 3/8 pulgadas (10 mm)

Panel de Control	Panel LCD es fácil de instalar y usar, viene con un soporte y se adapta a manillares de 22.2 mm. Compatible con voltaje de 24 V, 36 V, 48 V, con rendimiento estable y fiable,
Cargador para batería	Entrada: 100-240V 50-60Hz, Salida: 54,6 V 8ª, Material: ABS + ordenador Indicador de estado de carga: Rojo: cargando, verde: lleno, Eficiencia: > 87%, Tamaño del conector: XLR macho de 3 pines
Motor sobre borda	
Motor eléctrico	Motor eléctrico brushless, marca Morphorn, voltaje de entrada 48 V, potencia de salida 1800 W(2.5 HP), velocidad máxima 5200 RPM, piñón T8F-9T, corriente máxima 37.5 A
Controlador	Modelo BY15Wf01-A, corriente: 33 A, grado de fase 120º, eficiencia de conversión: 90 %, voltaje de protección 41±0.5 V.
Puño del acelerador	Circular
Eje del motor	Varilla roscada de 5/8'' en acero al carbono grado 1945
Hélice fuera de borda de 3 palas.	Compatible con motor eléctrico de 2.5 HP a 48 V, diámetro interior del eje 12 mm (7.4 diámetro x5.7 paso).
Sistema saca lirio	
4 bujes de bicicleta	Buje de 36 agujeros de aleación de aluminio 100 mm de ancho frontal.
4 cadenas de bicicleta	Cadena de 1/8'' de ancho interno para una velocidad.
5 piñones	Engrane de 20 dientes, acero.
Motor eléctrico	Voltaje de entrada 127V, Potencia 550 W (1/2 HP), Frecuencia 60HZ.
Perfil tubular cuadrado	Se obtuvo de reciclaje

Tabla 1. *Materiales utilizados*

RESULTADOS. De acuerdo con la metodología planteada se propusieron mejorías en los sistemas ya existentes basados en las pruebas realizadas en el prototipo base, a continuación, se describen estos resultados.

Sistema de propulsión eléctrico: El motor sobre borda base que se utilizó en la primera prueba (mostrada en la tabla II) logro funcionar únicamente por unos minutos debido a la perdida de las hélices del motor, la evaluación de la situación sugería un choque de las hélices con la base del lago del zoológico. Al desarmar el motor, se encontró que el eje estaba desalineado, esto ocasiono un exceso de vibración y el choque de las aspas genero una reacción en cadena que daño el funcionamiento del eje. Se desmonto el motor y el eje, se rectificó la alineación en el torno para disminuir las vibraciones y con esto lograra que los tres componentes de la línea de propulsión estuvieran correctamente alineados.

Sistema de alimentación: El sistema de alimentación del diseño base fue hecho desde cero con el acomodo de las baterías en un arreglo 13S 7P para obtener un voltaje 48 V y 7 p obtenemos 24500 mAh. En la primera prueba (Tabla II) la batería se descargó sin ser

utilizada por lo que se sugirió la mejora de incluir un interruptor de desconexión de la batería de fácil conexión el cuál se conecta a la batería, el proceso de carga de la batería se realizaba en el laboratorio con dos fuentes y no se tenía control sobre el voltaje y corriente para una carga eficiente. Se adecuo a las salidas una conexión que nos permite realizar la carga a través de un cargador adecuado y que no requiere supervisión lo que nos permite tener un sistema de carga adecuado, seguro y prolonga la vida de la batería. Por otro lado, se deja la posibilidad de conectar la batería a un panel solar ya que por el sistema BMS tenemos cuatro puertos dos de entrada y dos de salida lo que nos permite conectar el panel y el motor de manera independiente.

Sistema saca lirios: Se propone una banda para sacar el lirio, la razón de esta propuesta es la raíz larga del lirio acuático que es uno de los retos a vencer ya que pueden llegar a medir hasta 2 metros dependiendo de la especie, para el prototipo base se seleccionó un motor de taladro de 0.5 HP y base cuadrada para la banda que nos permitirá montarla a la inclinación adecuada para el arrastre del lirio con todo y su raíz. Este diseño fue privilegiado sobre paletas o aspas ya que estas degüellan la corona del lirio y se resuelve el problema para dejar otro que son los desechos del lirio trozado.

Se incluye una tabla que contiene un breve resumen de las fechas de pruebas, todas ellas están documentadas de manera fotográfica.

Fecha	Lugar	Actividad realizada
9 de junio de 2023	Zoológico de Morelia	Revisión de lanchas disponibles, estado en el que se encontraban.
22 de septiembre de 2023	Zoológico de Morelia	Puesta a punto del prototipo base del motor sobre borda y montaje sobre la lancha.
26 de septiembre de 2023	Zoológico de Morelia	Prueba con una segunda configuración de la conexión de la batería de ión de Litio.
3 de septiembre 2024	Zoológico de Morelia	Verificar las modificaciones de la alineación del sistema de propulsión.

Tabla II. *Pruebas realizadas en el prototipo*

CONCLUSIONES. Se cumplieron los objetivos particulares planteados para la implementación de una mejora en el diseño base, se logró realizar una prueba del motor sobre borda logrando la versióebe de cambiar el acelerador de puño ya que el se utilizo se rompio debido al movimiento en el traslado y la instalación. Para el sistema de propulsión eléctrico se propone el rediseño de la caja contenedora del motor para un mejor montaje así como un remplazo del puño de aceleración y timón. Para el sistema de alimentación se plantea incorporar una bateria adicional y conectar el cargador a un sistema de alimentación fotovoiltaico (Panel solar). Se presento el diseño base del sistema saca lirio, se propone el cambio del motor por un motor de CC para un funcionamiento adecuado.

REFERENCIAS.

1. Alan Eduardo Perez-Velazquez, N. B. (2023). Prototipo de una Lancha Eléctrica Saca Lirio una Contribución al Desarrolllo Sostenible desde la ingeniería. Memorias del 18 Congreso Estatal de Ciencia Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, 1-6.
2. Mendoza-Cuzme L., L.-P. R.-A. (2021). Procedimientos metodológicos en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales. Polo del conocimiento, 6(8), 1216-1235.
3. Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Santiago: Naciones Unidas.

Sanz, P. H. (2011). Software para el diseño de una banda trasportadora y creación del modelo de elementos finitos asociadosn final del motor con el eje, se plantea como mejora arreglar el diseño de la base y se d

4. . Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, España.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224166

INNOVACIÓN SOSTENIBLE EN EL DISEÑO: MÉTODOS DE EXTRACCIÓN Y APLICACIÓN DE TINTAS NATURALES EN EL BOCETAJE DE MANIQUÍES

Mary Evelyn Campos Suárez[1], Griselda Yunuen Villa García[2], Adriana Calderón Martínez[3], Arturo Calderón Castro[4], José Oscar Hernández Bautista[5], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[6], Alondra Martínez Hernández[7]

1 Universidad Tecnológica de Morelia evecampos223@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

3 Universidad Tecnológica de Morelia adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx

4 Universidad Tecnológica de Morelia acalderonc82@gmail.com

5 Universidad Tecnológica de Morelia maneoskar2010@gmail.com

6 Universidad Tecnológica de Morelia eduardo.rod.gtz@gmail.com

7 Universidad Tecnológica de Morelia alonadralola@gmail.com

Palabras Clave: Extracción, Bocetos de Maniquíes, Tintas Naturales, Sostenibilidad, Creatividad.

RESUMEN. Este estudio examina la revitalización de las tintas naturales en el diseño y bocetaje de maniquíes, destacando su valor en la era contemporánea por su sostenibilidad y estética única. Estas tintas, derivadas de materiales orgánicos como frutos, flores, raíces e insectos, son una alternativa ecológica a las sintéticas, proporcionando una rica variedad cromática. La investigación explora métodos tradicionales y avanzados de extracción, demostrando la viabilidad de obtener colores vibrantes y duraderos. Además, resalta la importancia cultural de las tintas naturales, vinculadas a tradiciones y al entorno, añadiendo profundidad simbólica y fomentando un diseño sostenible y creativo.

INTRODUCCIÓN. La extracción de tintas naturales para bocetaje de maniquíes, fusionando creatividad artística con recursos orgánicos sostenibles. Se utilizan pigmentos de plantas, frutas y minerales, promoviendo la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente. Esta alternativa busca enfrentar la problemática de las tintas convencionales, que contienen químicos dañinos y derivados del petróleo, perjudiciales para el entorno y la salud. La extracción de tintas naturales ofrece una opción biodegradable y más segura. Los objetivos incluyen desarrollar métodos de extracción sostenibles, identificar fuentes de pigmentos y evaluar la estabilidad de las tintas en superficies de maniquíes.

ANTECEDENTES. Desde tiempos antiguos, el uso de sustancias naturales para producir tintes ha sido parte fundamental de las civilizaciones mesoamericanas como los Olmecas, Mayas, Aztecas y Teotihuacanos. Aún se preservan pinturas rupestres, murales, vasijas y textiles que evidencian su uso, principalmente en contextos ceremoniales y de élite. Sin embargo, hay poca información sobre su aplicación en la vida cotidiana. Las plantas tintóreas eran comunes, pero al ser perecederas, es difícil encontrar pruebas arqueológicas de su uso. Se postula que la pintura corporal, además de ritual, también servía como

repelente de insectos. Distintos estudios destacan el uso de plantas específicas para obtener tintes naturales: la cúrcuma para el amarillo, el huito para el negro y el achiote para el rojo. También se usaban cortezas y frutos de varias especies para crear una gama de colores. Debido a las variaciones climáticas y biológicas, los resultados del teñido podían diferir, lo que requería un registro preciso de cada proceso para obtener consistencia en los colores y durabilidad frente a la luz.

OBJETIVO. Desarrollar un proceso eficiente y sostenible de extracción de tintas naturales a partir de fuentes orgánicas para su aplicación en el bocetaje de maniquíes en la industria del diseño, con el fin de promover prácticas respetuosas con el medio ambiente y contribuir a la sostenibilidad del sector.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar y seleccionar fuentes naturales de pigmentos que proporcionen una amplia gama de tonalidades, como frutos, flores, hojas y minerales, adecuadas para la extracción de tintas utilizables en el diseño de maniquíes. Investigar y optimizar métodos de extracción de tintas naturales, comparando técnicas tradicionales como la maceración y la cocción con procesos más avanzados que emplean solventes ecológicos. Evaluar la calidad y estabilidad de las tintas naturales, analizando su resistencia a la luz, la durabilidad y la intensidad del color en diferentes superficies aplicadas a maniquíes. Analizar el impacto ambiental del proceso de producción de tintas naturales y compararlo con las tintas sintéticas, con el objetivo de demostrar las ventajas ecológicas de la alternativa natural. Probar la viabilidad económica del uso de tintas naturales a gran escala en la industria del diseño, considerando su costo de producción y potencial impacto en la sostenibilidad del proceso creativo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Albán-Castillo et al. (2018), indica un proceso de extracción de tintes que se inicia con la obtención de las materias primas como tallos, hojas, semillas y frutos, los cuales se trituran o machacan, luego se dejan en reposo y remojo durante horas o días, dependiendo de la especie utilizada, continuando con la tinción mezclando el tinte con agua y sumergiendo en la mezcla la fibra a teñir, se continúa con la cocción a fuego lento durante 30-60 minutos en función de la intensidad de color deseado; con las semillas de Bixa orellana, se hace una frotación para extraer el pigmento; y en el caso del huito (Genipa americana), se utiliza la pulpa del fruto, el cual es picado y cocinado junto con las fibras de chambira (Astrocaryum chambira Burret), pero otros artesanos, incluyen el uso de sus semillas que permiten un tinte más oscuro. También en las comunidades shipibokonibo Según Riveros y Castillo (2014), la extracción del tinte la realizan por el método del hervido, para lo cual colocan en una olla grande doce pedazos de corteza de aproximadamente 15 cm de largo de Swietenia macrophylla (caoba), Terminalia oblonga y otras especies, para luego hervirlos en una olla con agua hasta reducir el volumen a un cuarto de altura del recipiente con el tinte extraído, indicando que la cantidad obtenida, alcanzará para dibujar las líneas geométricas en una pieza. Si mezclan las plantas, agregan 5 a 6 cortezas, a fin de obtener una coloración más oscura, y para el almacenaje del tinte utilizan botellas de plástico, que los guardan bajo sombra, así garantizan su vida útil aproximadamente de un mes, pero si los guardan en botellas de vidrio pueden durar de 2 a 3 años, según versión de otras personas extractoras. Los autores Albán-Castillo et al. (2018), describen el proceso de tinción de las fibras de chambira (Astrocaryum chambira Burret), que consiste en hervirla

en un recipiente con abundante jugo de toronja (Citrus paradisi Macfad.), para luego retirar las fibras, enjuagarlas con abundante agua, escurrirlas y dejarlas secar al sol. En Lamas, región San Martín, los kechwas preparaban el tinte con las hojas maceradas de llangua (Indigofera suffruticosa), las cuales eran fermentadas durante una semana, en agua de pozo contenida en una tinaja de arcilla, a la cual se agregaba cenizas de cáscaras de plátano (Musa paradisiaca L.) cuyo fruto se denomina inguiri, plátano verde cocido que acompaña a las comidas, al final de dicho período obtenían un tinte azul oscuro casi negro, donde sumergían las prendas a teñir repetidas veces, hasta obtener la tonalidad deseada, luego se secaban a la sombra para conservar su color; esta misma comunidad usaba el achiote (Bixa orellana) y guisador (Curcuma longa) para preparar un colorante y saborizante natural para las comidas o guisos. Los métodos presentados explican el teñido de fibras o textiles, ya que son los procesos completos que se lograron recolectar, sin embargo, se deja claro que la extracción del tinte lleva el mismo método solo no se ingresaran las fibras, sino que simplemente se dejara reducir el líquido hasta poco menos de la mitad del contenido inicial.

RESULTADOS.

Variedad de materiales utilizados: Se identificaron y evaluaron una amplia gama de materiales naturales potenciales para la extracción de tintas, incluyendo frutas, vegetales, plantas, y minerales, destacando su diversidad cromática y disponibilidad. Métodos de extracción: Se investigaron y compararon diversos métodos de extracción, como la maceración, la cocción, y la fermentación, para determinar su eficacia en la obtención de pigmentos estables y vibrantes. Caracterización de tintas: Se realizó un análisis detallado de las propiedades físicas y químicas de las tintas naturales obtenidas, incluyendo su pH, viscosidad, estabilidad ante la luz y resistencia a la decoloración, para comprender mejor su comportamiento y posibles aplicaciones. Estudio de la durabilidad: Se llevaron a cabo pruebas de durabilidad a largo plazo para evaluar la resistencia al desvanecimiento y la degradación de las tintas naturales bajo diferentes condiciones ambientales, con el fin de determinar su idoneidad para aplicaciones artísticas y de diseño. Comparación con tintas sintéticas: Se realizaron comparaciones sistemáticas entre las tintas naturales y sintéticas en términos de calidad del color, estabilidad y durabilidad, destacando las ventajas y desventajas de cada tipo de tinta y su impacto en el medio ambiente. Aplicaciones potenciales: Se exploraron diversas aplicaciones potenciales de las tintas naturales en el ámbito del diseño gráfico, la ilustración, la impresión textil, y la conservación del patrimonio cultural, resaltando su versatilidad y su contribución a la sostenibilidad ambiental. Algunas de las desventajas que se encontraron en el trayecto fueron: La dificultad para lograr una pigmentación y estabilidad adecuadas en las tintas naturales extraídas. Esto debido a la variabilidad en la composición de los pigmentos naturales, ya que, usando el mismo método para el mismo vegetal, las tintas extraídas brindan tonos diferentes, así como a la falta de aditivos químicos comúnmente utilizados en las tintas convencionales para mejorar su rendimiento. Encontrar un método de extracción eficiente que mantengan la integridad de los pigmentos naturales y minimicen los residuos. La viabilidad económica de la producción a gran escala de tintas naturales, ya que pueden llegar a ser más costosas de producir en comparación con las tintas convencionales debido a la disponibilidad limitada de materias primas naturales y los costos asociados con los procesos de extracción y formulación. Estos resultados proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de las artes visuales y la ciencia de los materiales.

CONCLUSIONES. En conclusión, la investigación sobre la extracción de tintas naturales para el bocetaje revela un campo multidisciplinario rico en posibilidades creativas y científicas. A través del estudio de una amplia gama de materiales naturales y métodos de extracción, se ha demostrado que las tintas naturales ofrecen una alternativa viable y sostenible a las tintas sintéticas en términos de diversidad cromática y potencial estético. Sin embargo, se reconoce que la estabilidad y durabilidad de estas tintas pueden variar significativamente dependiendo de diversos factores, como el material utilizado y las condiciones ambientales. La integración de técnicas analíticas avanzadas ha permitido una comprensión más profunda de la composición química y la estructura molecular de las tintas naturales, lo que a su vez facilita su caracterización y posible mejora en términos de estabilidad y rendimiento. En última instancia, la investigación en este campo no solo tiene implicaciones para el diseño y la ilustración, sino que también abre nuevas perspectivas en la intersección entre la ciencia, la tecnología y las artes, impulsando la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles en el ámbito de los materiales y la creatividad visual.

REFERENCIAS.

1. IVIC DE MONTERROSO, Matilde & Mónica BERGER DE WHITE 2008 “El arte sale de las casas: los tintes naturales en San Juan la Laguna, Sololá”; Ciencia y técnica maya. Editores: Matilde Ivic de Monterroso e Iván Azurdiaq Bravo. Fundación Solar. Guatemala. Pp: 101-133.
2. Soria Casaverde, M.B. (2009). El discurso de las Imágenes: Simbolismo y nemotecnia en las culturas amazónicas. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Seminario de Historia Rural Andina. Lima, Perú. 161 p.
3. Riveros, L. y Castillo, A. (2014). Especies maderables y no maderables con sustancias colorantes utilizadas para el teñido y pintado de telas en 19 comunidades indígenas de la región Ucayali, Perú. Ciencia Amazónica (Iquitos), 4 (1), 37-44.
4. Jaramillo Cisneros, Hernán 1988 Textiles y tintes. Cuenca: Centro Interamericano de Artesanías y Artes Populares (Cidap).
5. Albán-Castillo, J., Espinoza, G., Rojas, R y Díaz Santibáñez, C. (2018). El color en la memoria: tintes vegetales usados en la tradición de las comunidades andinas y amazónicas peruanas. Ecología aplicada, 17(1), 85-96.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224167

OPTIMIZACIÓN DEL LAYOUT PARA LA PRODUCCIÓN EFICIENTE Y SOSTENIBLE EN LA INDUSTRIA TEXTIL: UN CASO DE ESTUDIO

Elia Paola Gallegos Valencia[1], Brandon Baltazar Melchor Merino[1], Griselda Yunuen Villa García[2], Adriana Calderón[2], Arturo Calderón Castro[3], José Oscar Hernández Bautista[4], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[5]

1 Universidad Tecnológica de Morelia Eduardo.rod.gtz@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

3 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

4 Universidad Tecnológica de Morelia Adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx

5 Universidad Tecnológica de Morelia Acalderonc82@gmail.com

Palabras Clave: Optimización, Método Simplex, Uniformes deportivos, Rentabilidad, Producción.

RESUMEN. En la búsqueda de una producción más eficiente y sostenible, el caro estudio corresponde a una empresa textil especializada en la fabricación de uniformes deportivos, ha implementado un rediseño integral de su layout productivo. Este estudio se centra en la optimización del flujo de trabajo, la reorganización estratégica de áreas y materiales, y el fortalecimiento de los estándares de calidad, con el objetivo de incrementar la eficiencia operativa y la sostenibilidad de sus procesos. El rediseño del layout se fundamenta en principios de ingeniería industrial aplicados al sector textil, donde la minimización de tiempos de producción se logra a través de la reconfiguración de estaciones de trabajo y la eliminación de movimientos innecesarios. La optimización de estos flujos no solo reduce el tiempo de ciclo de producción, sino que también disminuye el desgaste operativo, lo que se traduce en una mayor productividad y una reducción de los costos asociados. En cuanto a la distribución de áreas y materiales, se ha priorizado una disposición lógica y accesible que favorece la ergonomía y la eficiencia en el uso de los recursos. La agrupación de materiales similares y la ubicación estratégica de insumos de alta rotación mejoran significativamente la rapidez en el aprovisionamiento, minimizando tiempos muertos y optimizando el espacio disponible. Finalmente, se ha implementado un sistema de control de calidad robusto que incluye la formación continua del personal y la incorporación de inspecciones en puntos críticos del proceso productivo. Estos controles aseguran la consistencia, la alta calidad, el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la excelencia operativa. La presente propuesta se posiciona como un modelo de referencia para la industria textil, demostrando que la optimización espacial y operativa es clave para alcanzar una producción más eficiente y competitiva..

INTRODUCCIÓN. Sin Vibes es una empresa innovadora en la manufactura de bolsas, comprometida con la sostenibilidad ambiental y la integración de la moda en sus productos. En un esfuerzo por minimizar el impacto ambiental, la empresa busca sustituir materiales derivados del petróleo con alternativas ecológicas, al tiempo que ofrece diseños sobrios, atemporales y coloridos. En este contexto, el layout, o disposición física de los elementos

en el espacio de trabajo, juega un papel crucial en la optimización de la eficiencia operativa. La disposición adecuada de áreas de producción, oficinas, pasillos y zonas de almacenamiento no solo mejora el flujo de trabajo, sino que también asegura una mayor seguridad y ergonomía para los empleados, contribuyendo así a una mayor productividad y rentabilidad.

ANTECEDENTES. A lo largo de la historia, la industria textil ha enfrentado constantes desafíos debido a la evolución de la demanda y las expectativas del mercado. Desde la revolución industrial, el sector ha integrado avances tecnológicos para mejorar la capacidad de manufactura y la calidad de los productos. Sin embargo, los métodos tradicionales de planificación y optimización, basados en técnicas lineales, han mostrado limitaciones, especialmente en procesos no lineales. En respuesta a estos desafíos, la programación no lineal ha emergido como una herramienta poderosa, permitiendo una modelización más precisa de procesos complejos, como los encontrados en la fabricación textil.

OBJETIVO. Optimizar la disposición física de los elementos en el espacio de trabajo de Sin Vibes para mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad, y fomentar la sostenibilidad, a través de un rediseño integral del layout que considere la funcionalidad, ergonomía y la reducción del impacto ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Reorganización del Flujo de Trabajo: Rediseñar el layout para optimizar el flujo de trabajo, minimizando tiempos de producción y movimientos innecesarios, con el fin de aumentar la eficiencia operativa. Distribución Estratégica de Áreas y Materiales: Reorganizar la disposición de áreas y materiales para mejorar la accesibilidad, la ergonomía y la rapidez en el aprovisionamiento, asegurando una utilización más eficiente del espacio disponible. Fortalecimiento de los Estándares de Calidad: Implementar un sistema robusto de control de calidad, incluyendo la formación continua del personal y la incorporación de inspecciones en puntos críticos del proceso productivo, para garantizar la consistencia y excelencia operativa. Evaluación del Impacto Ambiental: Integrar prácticas que reduzcan el impacto ambiental, mediante la optimización del uso de recursos y la minimización de desperdicios, alineando las operaciones con los objetivos de sostenibilidad de la empresa.

MATERIALES Y MÉTODOS. Sun vibes como empresa busca tener áreas de proceso para una mejor producción para así tener un mejor rendimiento.
Localización de instalación:

✓ Área de recepción de materiales ✓ Almacén de productos terminados
✓ Almacén de materiales ✓ Área de envío
✓ Área de producción de bolsas
✓ Área de impresión DTF
✓ Área de empaque

Requisitos de espacio de cada departamento

Departamento	Requisito (m2)
Área de recepción de materiales	50m²
Almacén de materiales	100m²

Área de producción de bolsas	200m²
Área de impresión DTF	100m²
Área de empaque	80m²
Almacén de productos terminados	100m²
Área de envío	100m²
Total:	730 m²

Matriz de unidades entre departamentos

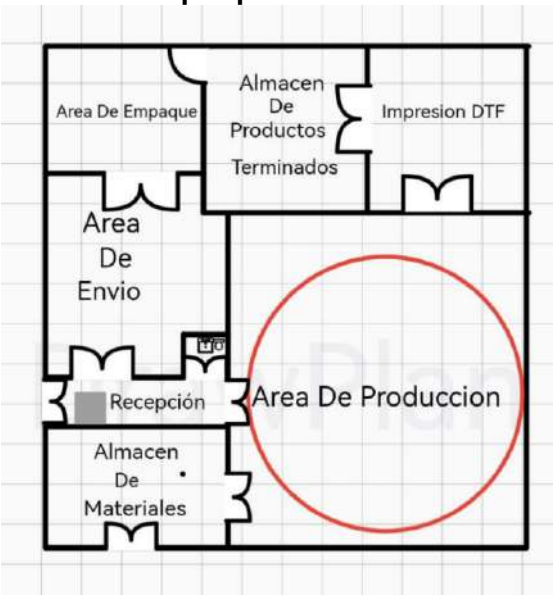
DEPARATMENTOS	1	2	3	4	5	6	7
1. Área de recepción de materiales	-	20					
2. Almacén de materiales	20	-	40				
3. Área de producción de bolsas		40	-	60	60		
4. Área de impresión DTF			60	-	80		
5. Área de empaque			60	80	-	100	110
6. Almacén de productos terminados					100	-	120
7. Área de envío					110	120	-

MATRIZ DE RELACIONES

DEPARTAMENTOS	1	2	3	4	5	6	7
Área de recepción de materiales	-	A	U	U	U	U	U
Almacén de materiales	A	-	E	U	U	I	U
Área de producción de bolsas	U	E	-	U	A	I	U
Área de impresión DTF	U	U	U	-	A	I	U
Área de empaque	U	U	A	A	-	A	A
Almacén de productos terminados	U	I	I	I	A	-	A
Área de envío	U	U	U	U	A	A	-

Clasificaciones de proximidad:
A (Absolutamente necesaria): La relación entre los departamentos es crítica. Esta relación es esencial para el funcionamiento de la empresa.
E (Especialmente importante): La relación entre los departamentos es importante pero no crítica. Esta relación mejora la eficiencia y la efectividad de la empresa.
I (Importante): La relación entre los departamentos es importante. Esta relación contribuye al buen funcionamiento de la empresa.
O (Ordinaria): La relación entre los departamentos es ordinaria o normal. Esta relación es típica en la mayoría de las empresas.
U (Sin relación): No hay relación entre los departamentos. Estos departamentos operan de manera independiente y no requieren interacción

Distribución por proceso o función



RESULTADOS.

Áreas a considerar (distribución de planta).

- Área de recepción de materiales: En esta área se reciben los materiales que se utilizarán en la producción, como la manta, los kits de pintura y pinceles. Los materiales son inspeccionados para asegurar su calidad y luego son enviados al almacén de materiales.
- Almacén de materiales: Aquí se almacenan los materiales hasta que sean necesarios en el proceso de producción. El almacenamiento adecuado es crucial para mantener la calidad de los materiales. o Área de producción de bolsas: En esta área, los trabajadores cortan y cosen la manta para formar las bolsas. Este es el primer paso en el proceso de producción.
- Área de impresión DTF: Una vez que las bolsas están formadas, se trasladan a esta área para la impresión DTF. La impresión DTF (Direct to Film) es un método de impresión que permite la transferencia de imágenes de alta calidad a la tela.
- Área de empaque: Después de la impresión, las bolsas se mueven a esta área para ser empaquetadas con los kits de pintura. El empaque protege el producto durante el transporte y presenta el producto de manera atractiva para los clientes.
- Almacén de productos terminados: Aquí se almacenan los productos terminados hasta que estén listos para ser enviados. Al igual que con el almacén de materiales, el almacenamiento adecuado es crucial para mantener la calidad del producto.
- Área de envío: Esta es el área donde los productos terminados son cargados en los vehículos de transporte para ser enviados a los clientes.
- Además de las áreas de producción, también se tienen las siguientes áreas.

CONCLUSIONES. Esta herramienta nos será útil para mejorar la organización de los espacios asignados a cada actividad dentro de la empresa, además de que la empresa aumentara ventas esto también reducirá los desperdicios, aumentará la productividad y motivación de nuestros empleados ya que al no tener una buena distribución hará que sea más lento y cansado el proceso. En conclusión, el lay out es una herramienta que nos

ayudará a mejorar factores de producción, tiempos y dinero, además de darle al cliente satisfacción, mejor calidad en servicio y productos.

REFERENCIAS.

1. Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., & Tanchoco, J.M.A. (2013). Facilities Planning (4th ed.). John Wiley & Sons.
2. Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2004). Convex Optimization. Cambridge University Press.
3. Muther, R. (2008). Systematic Layout Planning (3rd ed.). Fairmont Press.
4. Fletcher, K., & Tham, M. (2019). Earth Logic: Fashion Action Research Plan. The Centre for Sustainable Fashion.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224169

METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN Y SEGURIDAD EN EL USO DE CORTADORAS INDUSTRIALES EN LA PRODUCCIÓN TEXTIL

Estrella Jatziri Ortiz Guzmán[1], Lizbeth Saraí Chávez Tinoco[2], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[2], Griselda Yunuen Villa García[2], Adriana Calderón[2], Arturo Calderón Castro Martínez[2], José Oscar Hernández Bautista[2]

1 Universidad Tecnológica de Morelia jatziriestrella.05@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Lizbetesaraite@gmail.com

eduardo.rod.gtz@gmail.com, Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx , adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx , acalderonc82@gmail.com, maneoskar2010@gmail.com

Palabras Clave: corte, industrial, producción, maquina, telas.

RESUMEN. Este proyecto presenta una metodología integral para el uso seguro y eficiente de cortadoras industriales en la fabricación de prendas de vestir. El objetivo principal es garantizar un corte preciso y optimizado que contribuya a la calidad y eficiencia del proceso productivo en la industria textil. Las cortadoras industriales, equipadas con tecnología avanzada, permiten cortar múltiples capas de tela simultáneamente, acelerando significativamente el proceso de producción. Sin embargo, para maximizar su eficacia y minimizar riesgos, es esencial seguir una serie de pasos metodológicos que aseguren tanto la seguridad del operador como la precisión del corte. La implementación de esta metodología se anticipa a mejorar significativamente la calidad y precisión de los cortes, reducir el desperdicio de material, y aumentar la productividad general de la línea de producción. Además, al enfatizar la seguridad del operador, se minimizan los riesgos de accidentes laborales, lo que contribuye a un entorno de trabajo más seguro y eficiente. Los resultados esperados incluyen una reducción de hasta un 20% en el tiempo de corte y una mejora del 15% en la precisión del corte, lo que se traduce en un incremento notable de la calidad del producto final.

INTRODUCCIÓN. En la industria textil, las cortadoras industriales son fundamentales para lograr cortes precisos y eficaces. Sin embargo, su uso inadecuado puede causar accidentes graves y pérdidas significativas. Este proyecto analiza las mejores prácticas para emplear una cortadora industrial de manera segura y eficiente, enfocándose en reducir riesgos y mejorar la productividad.

El uso incorrecto de estas máquinas puede tener las siguientes consecuencias:

1. Lesiones y accidentes: Pueden ocurrir accidentes graves como cortes profundos, amputaciones y atrapamientos, afectando la salud del operador y la eficiencia de la empresa.
2. Daños a las telas: Los cortes mal realizados pueden generar desperdicio de material y productos defectuosos, aumentando los costos de producción.
3. Pérdida de tiempo y productividad: Corregir errores o enfrentar problemas de seguridad retrasa el proceso y reduce la productividad.

4. Costos adicionales: Los errores en el manejo de la cortadora pueden derivar en reparaciones, reemplazo de piezas, nuevas adquisiciones y costos por accidentes laborales.

Este análisis refuerza la importancia de un uso correcto y seguro de las cortadoras industriales para optimizar el proceso productivo y garantizar la seguridad en el entorno laboral.

OBJETIVOS. Seguridad operativa: implementar procedimientos que garanticen la seguridad del operador, minimizando el riesgo de accidentes y lesiones. Eficiencia en el proceso: optimizar el uso del tiempo y los recursos para maximizar la productividad y reducir el desperdicio de material. Precisión en el corte: asegurarse de que la cortadora realice cortes exactos y uniformes según las especificaciones del patrón textil. Capacitación del personal: proporcionar información continua a los operadores para que estén actualizados en las mejores prácticas y en el uso de la cortadora. Cumplimientos de las normativas: garantizar que la operación de la cortadora cumpla con todas las normativas y estándares industriales aplicables. Evaluación y mejora continua: implementar un sistema para evaluar el rendimiento del proceso de corte y hacer ajustes según sea necesario para mejorar la eficiencia y la calidad.

MARCO TEÓRICO. Para realizar un corte seguro y eficiente es importante conocer las partes de una cortadora industrial.

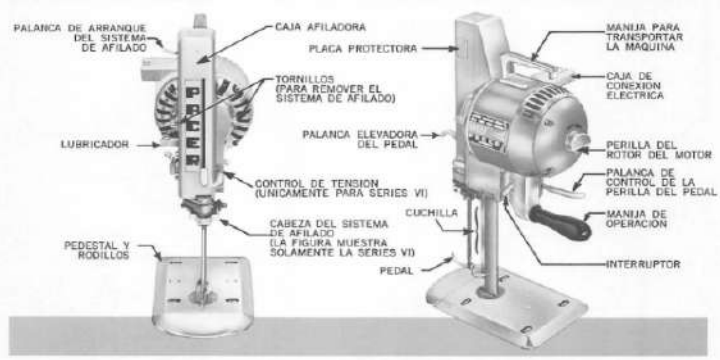


Fig. 1. *(Wolf (noviembre 1980) MONTAJE Y OPERACIÓN DE LA SUPER MAQUINA CORTADORA DE TELAS MODELO PACER VI Y PACER Vill "")*

Para garantizar un corte seguro y eficiente con una cortadora industrial textil, es esencial seguir un mantenimiento básico y procedimientos adecuados en el uso de la máquina:

1. **Mantenimiento del equipo**:

- **Instalación de la cuchilla**: Coloque el protector sobre la parte afilada para evitar accidentes y ajuste la cuchilla firmemente con una llave inglesa.
- **Mantenimiento de la cuchilla**: Limpiar la ranura cada 40 horas o semanalmente para evitar sobrecalentamientos y atascos.
- **Lubricación**: Aplicar aceite lubricante cada 8 horas de operación para un buen rendimiento.
- **Mantenimiento de rodillos y retenedores**: Limpieza regular con aire comprimido para evitar acumulación de suciedad.

- **Afilar cuchillas**: Realizar el afilado con cuidado para evitar irregularidades en la cuchilla.

2. **Procedimientos para el corte**:

- **Encendido y ajuste de la cortadora**: Verificar la conexión eléctrica y ajustar los parámetros como la velocidad de corte y presión de la cuchilla.
- **Colocación de la tela**: Alinear y extender la tela sin arrugas sobre la superficie de corte.
- **Realización del corte**: Utilizar movimientos firmes en las cortadoras manuales o supervisar el proceso automático para asegurar un corte preciso.
- **Inspección y ajustes**: Revisar la calidad del corte y realizar ajustes si es necesario antes de continuar.
- **Apagado y limpieza**: Apagar la cortadora, desconectarla y limpiar la máquina para mantenerla en óptimas condiciones

METODOLOGÍA

Esta investigación, de carácter analítico y observacional, compara varios métodos de corte de patrones utilizando una cortadora industrial, con el objetivo de seleccionar la opción más eficiente y segura para el operador. El análisis se basó en tres fases:

1. **Experiencia práctica**: Durante 4 meses, se participó en la elaboración de uniformes deportivos, aprendiendo el manejo básico de la cortadora y el seguimiento de los patrones.
2. **Estudio teórico**: En las clases de producción de la carrera de Diseño y Moda Industrial, se revisaron los aspectos técnicos y teóricos del proceso de corte.
3. **Trabajo en la industria**: En una empresa de uniformes quirúrgicos, se observó el corte de más de 50 prendas simultáneamente, bajo la guía de un experto con más de 30 años de experiencia, lo que permitió obtener información valiosa para el análisis final.

RESULTADOS. En las primeras observaciones sobre el corte de tela, se determinó que es crucial posicionar correctamente la tela y dejar espacio entre los patrones para facilitar el uso de la cortadora. Aunque optimizar el acomodo de los patrones reduce el desperdicio de tela, en la práctica, patrones muy juntos dificultan el manejo de la cortadora, especialmente en curvas pronunciadas. En el área de producción, se identificaron necesidades clave: uso adecuado de extensiones eléctricas, buena iluminación, mesas de corte con dimensiones adecuadas, pesas para sujetar la tela, protección en la cuchilla de la cortadora, y un área de trabajo despejada. Además, es esencial alinear correctamente las tendidas de tela, ajustándolas por una orilla o el doblez, dependiendo del tipo de tendido. Esto, junto con las pesas, asegura un corte preciso y seguro. Al cortar con la cortadora, esta debe sostenerse con la mano dominante y el corte se realiza del lado contrario. Se comienza con las líneas rectas, moviendo las pesas de tela a medida que se avanza para evitar que interfieran en el proceso. Luego, se separan las piezas individuales y se perfeccionan los cortes, como las curvas y los sobrantes. El orden del corte debe seguir una secuencia de líneas, de las más grandes a las más pequeñas, para facilitar la separación de las piezas.

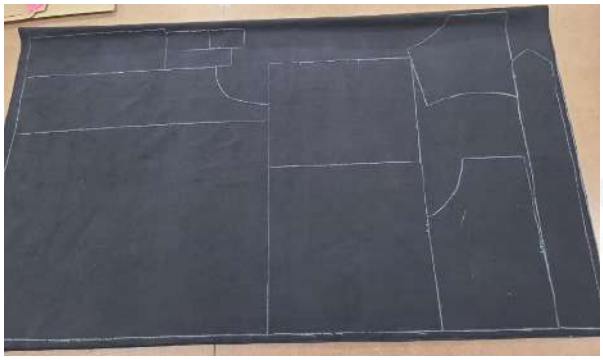


Fig. 2. *Marcado de tela*

De esta forma evitamos el estar encendiendo y apagando la cortadora así ahorras demasiada energía en el proceso, apagando únicamente cuando sea necesario debido a algún percance o hasta haber culminado el corte.



Fig. 4 *Sentido de corte*

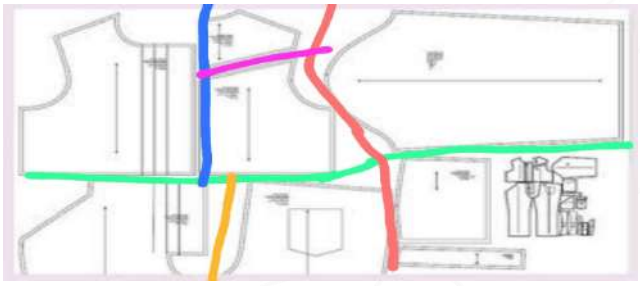


Fig. 4 *Ruta de corte*

CONCLUSIONES. El uso adecuado de una cortadora industrial textil es crucial para prevenir problemas para los operadores y la empresa. Las principales conclusiones son:

- Seguridad en el trabajo: Un mal uso de la cortadora puede causar graves lesiones a los operadores.
- Calidad del trabajo: El manejo incorrecto puede dañar las telas, afectando la calidad del producto final.
- Productividad y eficiencia: Un uso inadecuado genera retrasos y reduce la productividad.

- Costos adicionales: Los errores en el uso pueden incrementar los gastos en reparaciones, reemplazos y atención médica por accidentes.

REFERENCIAS.

1. Wolf (noviembre 1980) “MONTAJE Y OPERACION DE LA SUPER MAQUINA CORTADORA DE TELAS MODELO PACER VI Y PACER VIII”. Dirección: 5570 Creek Road, Cincinnati, Ohio 45242 I U. S. A.
2. Eastman machine (S.F) “BLUE STREAK® II Model 629X BRUTE Model 627X manual de instrucciones”. Dirección: 779 Washington St., Buffalo, N.Y. 14203-1396 U.S.A.
3. Daniel López (2017) “DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA CORTADORA DE TEXTILES COMPUESTOS POR FIBRAS SINTÉTICAS”. Fundación Universidad de América, facultad de ingenierías, programa de ingeniería mecánica Bogotá. Referencia: https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6491/1/4111364-2017-2-IM.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224170

EVALUACIÓN DE LAS PERCEPCIONES Y REACCIONES DE LOS CONDUCTORES A LA MARCA VIAL DIENTES DE DRAGÓN EN MÉXICO

Emilio Alejandro Rubio Torres, Antonio Hurtado Beltrán, Jorge Armando Estrada Cortez

Palabras Clave: Dientes de Dragón, disipador de tráfico, zona de transición, velocidad, encuesta.

RESUMEN. Las transiciones entre carreteras rurales y vialidades urbanas suelen ser áreas de alto riesgo debido a que los conductores frecuentemente no ajustan su velocidad al ingresar a zonas urbanas. Para abordar este problema, se realizó un estudio centrado en evaluar la eficacia de una nueva marca vial conocida como "Dientes de Dragón", en el contexto de la red carretera de México. Esta investigación se realizó mediante entrevistas de interceptación en campo aplicada a conductores (n=342) de vehículos motorizados en tres zonas de transición rural-urbano que funcionan como portales de acceso a la ciudad de Uruapan, Michoacán. En estos sitios se implementó la marca vial explorada con el objetivo de medir la percepción y comprensión de los conductores al interactuar ella. Las encuestas fueron aplicadas en el extremo aguas abajo de las zonas de transición seleccionadas con el apoyo de bahías de desvío provisionales y se enfocaron en determinar si los conductores notaron la señalización, cómo reaccionaron ante ella, y qué tan efectiva la consideraron para reducir la velocidad y mejorar la seguridad vial. Los resultados revelaron que el 52.3% de los conductores notaron la nueva señalización; de estos, el 79.4% redujo su velocidad o incrementó sus niveles de atención, y el 71.5% consideró que la señalización tiene un efecto positivo para disminuir la velocidad de los vehículos. Además, se analizaron diferencias en las percepciones según género, edad, tipo de vehículo, y si se trataba de un vehículo comercial o particular. Este estudio proporciona una valiosa perspectiva sobre la efectividad de la marca vial "Dientes de Dragón" basada exclusivamente en la experiencia y percepción de los conductores.

INTRODUCCIÓN. Las transiciones entre carreteras rurales y vialidades urbanas representan áreas críticas en términos de seguridad vial, ya que los conductores frecuentemente no ajustan su velocidad de manera adecuada al ingresar a zonas urbanas. Este comportamiento genera un alto riesgo de accidentes en dichas zonas, especialmente en países en vías de desarrollo, donde las infraestructuras viales y la cultura de seguridad vial pueden ser limitadas. Diversos estudios han demostrado que la velocidad es un factor determinante en la gravedad de los accidentes, aumentando tanto la probabilidad de choques como la severidad de las lesiones cuando estos ocurren (Forbes Staff, 2019).
En México, la norma oficial de señalización vial (NOM-034-SCT2/SEDATU-2022) incluye las barras transversales como la única medida pacificadora de tráfico para diversas aplicaciones, incluidas las zonas de transición de alta a baja velocidad. Sin embargo, su aplicación multipropósito diluye su efectividad, ya que los conductores tienden a volverse

insensibles a su presencia con el tiempo. Este hecho subraya la necesidad de implementar marcas viales más especializadas, adaptadas a las necesidades específicas de estas zonas de transición, para mejorar la seguridad vial. En países como el Reino Unido y Australia, las marcas viales conocidas como "Dientes de Dragón" han demostrado ser una alternativa eficaz para reducir la velocidad de los vehículos en zonas de transición. Estas marcas consisten en una serie de triángulos pintados a ambos lados del carril, que crean una ilusión óptica de estrechamiento del camino, lo que induce a los conductores a reducir su velocidad de manera subconsciente. A pesar de su eficacia comprobada en estudios realizados en países desarrollados, su impacto no ha sido evaluado de manera empírica en países en vías de desarrollo, donde las condiciones del tráfico y los comportamientos de los conductores pueden ser significativamente diferentes (Montella, Galante, Mauriello, & Pariota, 2015). Este estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de las marcas viales "Dientes de Dragón" mediante entrevistas de interceptación en campo aplicadas a conductores de vehículos motorizados en tres zonas de transición rural-urbano en Uruapan, Michoacán. A través de estas encuestas, se busca conocer las percepciones y reacciones de los conductores al interactuar con la señalización, evaluando su capacidad para reducir la velocidad y mejorar la seguridad vial. Las encuestas se realizaron en bahías de desvío provisionales ubicadas aguas abajo de las zonas de transición, lo que permitió capturar datos en tiempo real sobre la efectividad de la señalización desde la experiencia directa de los conductores.

ANTECEDENTES. Las zonas de transición entre carreteras rurales y vialidades urbanas han sido identificadas como áreas de alto riesgo debido a la dificultad de los conductores para reducir su velocidad al ingresar a entornos urbanos (Forbes Staff, 2019). En el contexto mexicano, la normativa vigente (NOM-034-SCT2/SEDATU-2022) contempla el uso de las rayas con espaciamiento logarítmico como única medida pacificadora de tráfico no física. Sin embargo, estudios previos han señalado las limitaciones de esta señalización, destacando su efectividad reducida cuando los conductores se familiarizan con ella, lo que disminuye su capacidad para influir en la velocidad de manera sostenida. Esta situación ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras, especialmente en áreas de transición donde la desaceleración de los vehículos es crítica para mejorar la seguridad vial. En otros países, se han desarrollado medidas alternativas que han mostrado resultados prometedores. Entre estas, las marcas viales conocidas como "Dientes de Dragón" han sido implementadas en regiones como el Reino Unido y Australia, donde han demostrado ser efectivas para reducir la velocidad vehicular (Montella et al., 2015; Rossi et al., 2014; Yew Wei et al., 2013). La señal conocida como "Dientes de Dragón" se compone de 17 pares de triángulos dispuestos sobre el pavimento. Los primeros 9 pares tienen una altura de 1.00 metro en su base inferior, mientras que los siguientes 8 pares disminuyen en tamaño, alcanzando una altura de 0.60 metros. La separación entre los primeros 10 pares es constante, de 1.50 metros, pero a partir del undécimo par, esta distancia aumenta progresivamente hasta llegar a una separación máxima de 8.50 metros entre los últimos triángulos. Esta configuración gradual intensifica el efecto visual de estrechamiento del carril, lo que contribuye a una mayor reducción de la velocidad por parte de los conductores.

OBJETIVO. El objetivo principal de esta investigación es evaluar la efectividad de la señalización vial "Dientes de Dragón" en zonas de transición rural-urbano, mediante la aplicación de entrevistas de interceptación en campo a conductores de vehículos

motorizados. A través de estas encuestas, se busca conocer las reacciones y percepciones de los conductores al interactuar con esta marca vial, con énfasis en determinar si logran percibirla, cómo afecta su comportamiento al conducir y si consideran que contribuye a reducir la velocidad y mejorar la seguridad vial en dichas zonas. Además, el estudio pretende identificar posibles variaciones en las percepciones según características demográficas y tipo de vehículo, con el fin de proporcionar una base sólida para la implementación de estrategias de pacificación del tráfico en contextos similares.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para llevar a cabo la evaluación de la efectividad de la señalización "Dientes de Dragón", se implementó un enfoque basado en la recolección de datos a través de encuestas de interceptación en campo, dirigidas a conductores de vehículos motorizados. La investigación se realizó en tres zonas de transición rural-urbano que funcionan como portales de acceso a la ciudad de Uruapan, Michoacán. Estas zonas fueron seleccionadas debido a su alta exposición al tráfico y a la necesidad de reducir la velocidad de los vehículos que ingresan a áreas urbanas desde vías rurales. Las encuestas fueron aplicadas en bahías de desvío provisionales ubicadas aguas abajo de las zonas donde se implementó la señalización, lo que permitió captar las impresiones de los conductores inmediatamente después de haber interactuado con la marca vial. El cuestionario utilizado incluyó preguntas relacionadas con la percepción de la señalización, las reacciones inmediatas ante la misma (como reducción de velocidad o incremento en la atención) y la valoración de su efectividad para mejorar la seguridad vial. Un total de 342 conductores fueron entrevistados en el transcurso de la investigación. La muestra incluyó tanto vehículos particulares como comerciales, y los datos recopilados abarcan variables demográficas (género, edad), tipo de vehículo, y la frecuencia con la que los conductores utilizan las vías en estudio. Los resultados fueron digitalizados y procesados para identificar patrones de comportamiento y percepción, así como para analizar diferencias en las respuestas según las características de los encuestados. El diseño del estudio permitió obtener datos empíricos y en tiempo real, proporcionando una evaluación directa del impacto de la señalización "Dientes de Dragón" en el comportamiento de los conductores en las zonas de transición seleccionadas. Este enfoque metodológico, al centrarse en la experiencia del usuario final, ofrece una visión integral sobre la eficacia de la señalización para reducir la velocidad y mejorar la seguridad en vías de alto riesgo. La encuesta aplicada consideró las siguientes preguntas:

1. ¿Observó usted la nueva señal vial sobre el pavimento? Si/No.
2. ¿Cuál fue su reacción ante la presencia de esta nueva señal vial? Disminuir mi velocidad/ Detenerme/Cambiar mi carril/Aumentar mi atención/Ninguna.
3. ¿En qué medida considera usted que la nueva señal puede ayudar a reducir la velocidad? Mucho/Bastante/Poco/Nada

RESULTADOS. La Tabla 1 concentra las respuestas dadas por los conductores encuestados para cada una de las variables de interés en la evaluación realizada.

Sitio	Observación		Respuesta					Percepción				Genero		Edad			Tipo Vehículo		Licencia	
	Si	No	Disminuir	Detener	Cambiar	Atención	Ninguna	Alto	Moderado	Poco	Nada	M	F	Joven	Adulto	Mayor	Ligero	Carga	Particular	Comercial
Z1	63	76	39	3	2	11	8	38	14	8	3	130	10	14	71	55	96	44	123	17
Z2	72	63	44	1	1	12	14	27	22	18	5	126	8	27	59	48	97	37	107	27
Z3	44	24	29	0	0	7	8	14	13	14	3	62	6	11	35	22	48	20	58	10
Σ	179	163	112	4	3	30	30	79	49	40	11	318	24	52	165	125	241	101	288	54

Tabla 1. *Respuesta de los conductores de vehículos motorizados en los sitios de estudio.*

La implementación de la señalización "Dientes de Dragón" en las tres zonas de transición rural-urbano evaluadas proporcionó resultados significativos en términos de percepción, reacciones de los conductores y efectividad para la reducción de velocidad. Como se aprecia en la Figura 1, de los 342 conductores encuestados, el 52.3% afirmó haber notado la señalización. De este grupo, un 79.4% reportó haber reducido su velocidad (62.6%) o incrementado su nivel de atención (16.8%) al pasar por la marca vial. Estos hallazgos sugieren que la señalización logra captar la atención de una mayoría considerable de los usuarios de la vía, induciendo una respuesta favorable en la mayoría de ellos.

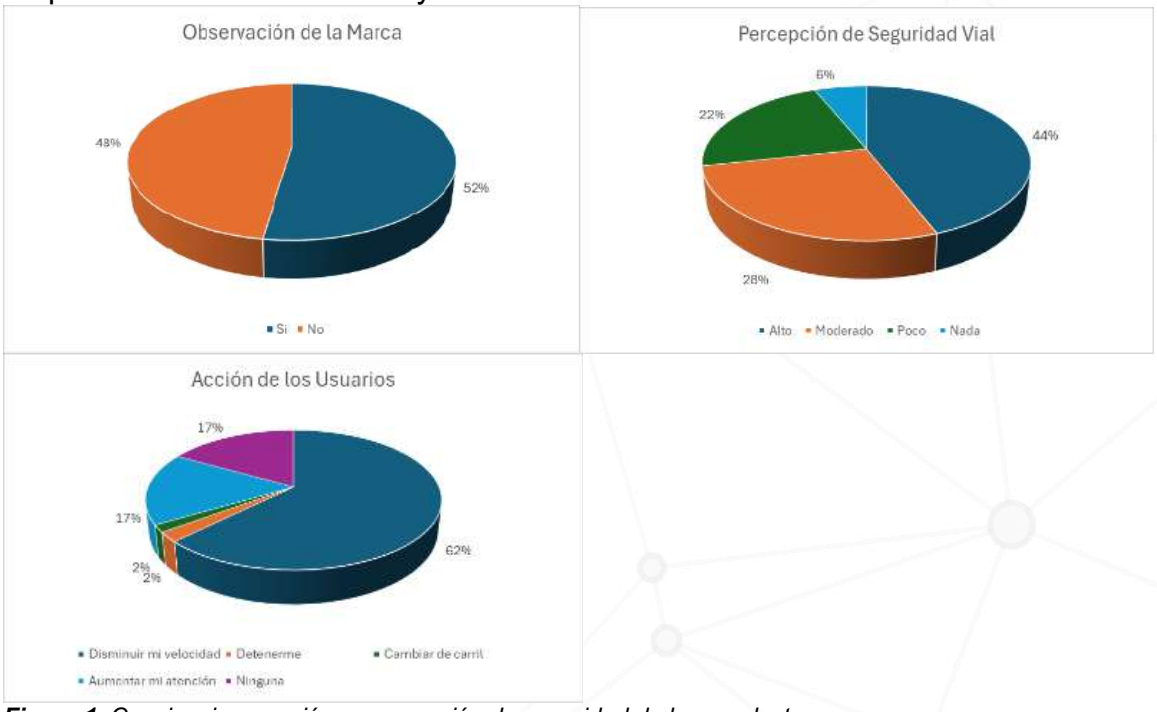


Figura 1. *Conciencia, reacción, y percepción de seguridad de los conductores.*

En cuanto a la percepción de efectividad, el 71.5% (44.1% alto + 27.4% moderado) de los conductores que notaron la señalización consideraron que la marca contribuye de manera positiva a reducir la velocidad vehicular en las zonas de transición. Además, el análisis de las respuestas permitió identificar diferencias en la percepción y reacción según el tipo de vehículo y las características demográficas de los conductores. La Tabla 1 muestra que los conductores de vehículos comerciales mostraron una mayor tendencia a reducir la velocidad que los conductores de vehículos particulares, lo que sugiere una mayor receptividad a la señalización entre usuarios profesionales. Asimismo, los resultados indicaron que los conductores de mayor edad tendían a percibir la señalización como más efectiva en comparación con los conductores más jóvenes, quienes en algunos casos ignoraron la señal.

CONCLUSIONES. Los resultados de este estudio demuestran que la señalización "Dientes de Dragón" es una herramienta eficaz para pacificar el tráfico en zonas de transición rural-

urbano, logrando captar la atención de una mayoría de los conductores y motivando una reducción en la velocidad vehicular. Además, la percepción general de los conductores sugiere que esta marca vial contribuye positivamente a mejorar la seguridad en dichas zonas. Las diferencias observadas en las respuestas según el tipo de vehículo y las características demográficas de los conductores subrayan la importancia de adaptar las estrategias de señalización a las necesidades específicas de diferentes usuarios viales. Estos hallazgos proporcionan evidencia empírica que apoya la viabilidad de implementar los "Dientes de Dragón" en el contexto mexicano, y refuerzan su potencial como una solución eficaz para mitigar riesgos en zonas de alto tránsito y promover una conducción más segura.

REFERENCIAS.

1. Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2022). NOM-034-SCT2/SEDATU-2022: Señalización y Dispositivos Viales para Calles Y Carreteras.
2. Forbes Staff. (29 de Agosto de 2019). Forbes. Obtenido de Forbes México: https://www.forbes.com.mx/estos-son-los-limites-de-velocidad-que-debes-respetar-segun-la-zona-que-conduces/
3. Montella, A., Galante, F., Mauriello, F., & Pariota, L. (2015). Effects of Traffic Control Devices on Rural Curve Driving Behavior. Transportation Research Board, 10-22.
4. Rossi, R., Gastaldi, M., Gecchele, G., Biondi, F., & Mulatti, C. (2014). Traffic-Calming Measures Affecting Perceived Speed in Approaching Bends. Transportation Research Broad, 35-43.
5. Yew Wei, J. N., Tim, H. S., & Palanisamy, C. (2013). An Assessment on the Effectiveness of Traffic Calming Markins and Alternative for Speed Regulating Strips. Road Safety on Four Continents Conference, (pág. 13). Beijing.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224171

DESARROLLO DE ALGORITMOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES EN FLUJOS SUPERFICIALES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE CURVAS DE CALIBRACIÓN

Luis Fernando Serrato Castro[1], Oscar Antonio Cedeño Acosta[2], Joel Hernández Bedolla[3], Constantino Domínguez Sánchez[4], Jerónimo Flores Francisco[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2100757d@umich.mx,

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; oscar.cedeno@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; joel.hernandez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; dsanchez@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jeronimo.flores@umich.mx

Palabras Clave: Algoritmos, LoRa, Tecnología ultrasónica.

RESUMEN. En México, la gestión eficiente de los recursos hídricos enfrenta el desafío constante de obtener datos precisos y continuos sobre flujos superficiales, como ríos y canales. Tradicionalmente, la recopilación de estos datos implica considerable mano de obra, recursos económicos y equipos especializados. Este trabajo se centra en el desarrollo de algoritmos avanzados para un sistema automatizado de estaciones hidrométricas, utilizando tecnología ultrasónica y comunicación LoRa de bajo costo. La investigación se realizó en el cauce fluvial de Santiago Undameo, municipio de Morelia, Michoacán, donde se desarrollaron algoritmos que integran curvas de calibración para relacionar el caudal con el tirante del flujo superficial. Estas curvas se obtuvieron mediante pruebas experimentales que determinaron características hidráulicas del río, tales como velocidad, área y gasto. El desarrollo de los algoritmos se llevó a cabo en C++ con el microcontrolador ESP32, empleando sensores ultrasónicos impermeables para medir el tirante del flujo y módulos LoRa para la transmisión de datos a larga distancia. A partir del tirante medido, los algoritmos calculan automáticamente el gasto del flujo, permitiendo una obtención eficiente de datos de caudal. Los datos se almacenan en una base de datos desarrollada en MySQL, gestionada con phpMyAdmin. El sistema es escalable y adaptable a diversas condiciones hidrométricas, con la comunicación LoRa asegurando una transmisión eficiente incluso en áreas remotas. Este método permite realizar aforos automatizados y económicos, con registros precisos en una base de datos web, optimizando la recolección de datos y facilitando una gestión más eficaz de los recursos hídricos.

INTRODUCCIÓN. La gestión eficiente de recursos hídricos en México se enfrenta a la escasez de información sobre estos entornos, la cuál es indispensable para la correcta toma de decisiones en cuanto al manejo del recurso.Esta ausencia de datos es el resultado del constante enfrentamiento de obtener mediciones precisas y continuas sobre, por ejemplo, flujos superficiales, como ríos y canales; pues la recopilación de información requiere en muchas ocasiones de medios económicos, mano de obra y disponibilidad de tiempo para poder llevar a cabo un aforo debido a la poca practicidad de los métodos tradicionales. Adicionalmente, el cálculo de parámetros está propenso a ser poco preciso y/o no queda

registrado en una base de datos existente o a la que se permita el acceso (Ortega-Gaucin, 2012) (Duque & Mejía, 2024a). El problema se intensifica aún más en zonas de difícil acceso o localizadas en comunidades remotas.

ANTECEDENTES. De acuerdo a la literatura revisada, se han identificado múltiples proyectos dirigidos a enfrentar la problemática de la falta de información en entornos hídricos, aplicando una diversidad amplia de métodos y materiales. Se han realizado estudios en donde se implementan fluviómetros y procesadores Arduino, así como una aplicación y conexión a internet para el Gateway (Villacís, 2010a). Un sistema web para monitorear y registrar condiciones de caudal, aplicando herramientas como MySQL (Villacís, 2010b). Evaluaciones de funcionamiento de tecnología LoRa tanto en entornos urbanos (Duque & Mejía, 2024b) como en cuencas hidrográficas (Duque & Mejía, 2024a). Empleo de sensores ultrasónicos para estimación de caudales (Corapi et al., 2021). Adaptaciones de métodos tradicionales a las nuevas tecnologías, como el bluetooth y Arduino (García-villa & Martin, 2014). Dispositivos electrónicos de medición de caudales en secciones conocidas (López & Gil, 2015). O sistemas de monitoreo de agua empleando placas de Arduino, con almacenamiento en memorias SD-Card y transmisión bluetooth (Buestán Vera, 2019). Sin embargo, no se tiene conocimiento sobre el diseño de una estación hidrométrica que solucione la ausencia de infraestructura para internet en el sitio de estudio y/o que cumpla con el registro de aforos de un cauce fluvial con sección irregular de manera constante.

OBJETIVO. Entonces, se pretende diseñar una estación hidrométrica capaz de estimar aforos con un alto grado de precisión en cualquier cauce fluvial de manera automatizada, de bajo costo, constante, fácil de aplicar y con un registro sólido en una base de datos mediante el desarrollo avanzado de algoritmos y nuevas tecnologías. Lo que facilitará la toma de decisiones, a fin de optimizar y conservar los recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proyecto desarrollado siguió una serie de etapas en las que se incluyó trabajo de campo mediante visitas técnicas al sitio de estudio elegido con fines de ejemplificación práctica y trabajo de oficina en donde se desarrollaron algoritmos y evaluaciones.
El proceso se indica en la siguiente figura, a modo de diagrama de flujo (Fig. 1 – Diagrama de flujo de metodología).

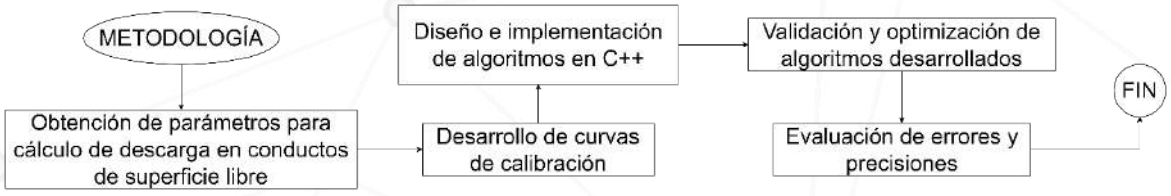


Fig. 1 *– Diagrama de flujo de metodología*

Particularmente, la obtención de parámetros para cálculo de descarga en conductos de superficie libre constó de realizar todas las mediciones pertinentes que nos permitieran describir las características del cauce fluvial y de las estructuras adyacentes al mismo; estas son: la geometría del río (superficie libre de agua, tirantes y pendiente), comportamiento del mismo (velocidad bajo diferentes condiciones) y dimensiones de estructuras por las que transita el flujo. Referente a la toma de longitudes, bastó la utilización de una cinta métrica.

Mientras que la obtención de velocidades bajo distintas circunstancias requirió de la utilización de dos métodos: el método del flotador en temporada de estiaje y el método del molinete en temporada húmeda; si bien se considera al método del flotador como poco preciso, por el reducido tirante que se presentaba era el método más práctico y adecuado.
Esta etapa representa la sección del proyecto en donde se hace presente la necesidad de aplicar procedimientos tradicionales de aforo de canales. Para fines de ejemplificación, se acudió al cauce fluvial ubicado en Santiago Undameo, en el municipio de Morelia.
El desarrollo de curvas de calibración se realizó con el fin de lograr una descripción del comportamiento del cauce fluvial a través de expresiones algebraicas, las cuáles están definidas en función de unos coeficientes constantes y de las condiciones de tirante, velocidad, superficie libre de agua y velocidad; siguiendo el método de Leopold y Maddock, mediante el análisis de los datos recuperados en la fase anterior.
El método, a grandes rasgos, trata de obtener las siguientes ecuaciones:

$$v = \alpha_1 Q^{\beta_1} \qquad y = \alpha_2 Q^{\beta_2} \qquad b = \alpha_3 Q^{\beta_3}$$

En donde "v" es la velocidad, "y" es el tirante, "b" representa la superficie libre de agua y "Q" el gasto; mientras que los coeficientes "α_n" y "β_n" deben cumplir con lo siguiente:

$$\alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 = 1 \qquad \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$$

Para hacer coincidir estas limitaciones, lo ideal es dibujar la línea de tendencia que resulte de las gráficas que relacionan los valores de velocidad y de tirante con gasto, respectivamente; de forma que nos sea posible identificar ambas ecuaciones exponenciales (de "v" y de "y"), de cuyas variables independientes sería el gasto (Q) y las constantes quedarían conocidas. Entonces, se emplean las ecuaciones condicionales para despejar las constantes incógnitas. Por otra parte, el diseño e implementación de algoritmos en C++ precisó de la mayor proporción de materiales, enlistados en la Fig. 2 - Tabla de materiales para desarrollo de algoritmos.

	ESP32 Microcontrolador de bajo coste y consumo de energía, integrada con múltiples pines.		Jumpers Cable con conector en cada extremo para unir componentes.
	Protoboard Tablero con orificios conectados internamente eléctricamente para conectar componentes		A02YYUW Sensor ultrasónico a prueba de agua y polvo para medir distancias con pulsos ultrasónicos.
	SSD1306 Pantalla de visualización OLED para monitoreo de datos.		RYLR998 Módulo de comunicación de radiofrecuencia LoRa (Long Range)
	Arduino IDE Plataforma de código abierto dirigido a objetos con lenguaje C++.		MySQL Sistema de gestión de base de datos de código abierto para entornos de desarrollo web.
	phpMyAdmin Herramienta de administración de base de datos a través de páginas web.		Wifi Sistema de conexión inalámbrico para acceso a internet y posteo en base de datos.

***Fig. 2** - Tabla de materiales para desarrollo de algoritmos*

La programación para el funcionamiento de la estación hidrométrica se condensó en dos distintos códigos, uno para la placa ESP32 emisora y otra para la placa receptora. La emisora es la encargada de realizar la medición de distancias, conversiones pertinentes a los parámetros de interés, reflejo de información en el punto de colocación y el envío de datos; mientras que la placa receptora, además de leer la información comunicada, imprime las mediciones en un lugar con acceso a una red de internet y, por este medio, postea los registros en una base de datos creada con MySQL y administrada por phpMyAdmin indefinidamente. Esto es resumido en las siguientes figuras, de manera muy resumida para evitar alargar/acomplejar la etapa (Fig. 6 - Diagrama de flujo para emisor y Fig. 7 - Diagrama de flujo para receptor).

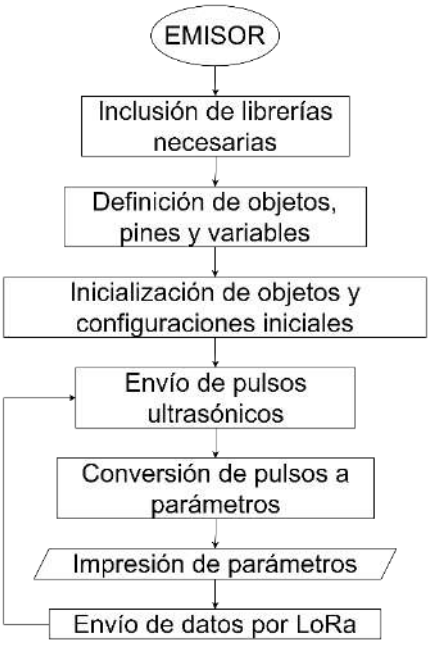


Fig. 6 - Diagrama de flujo para emisor

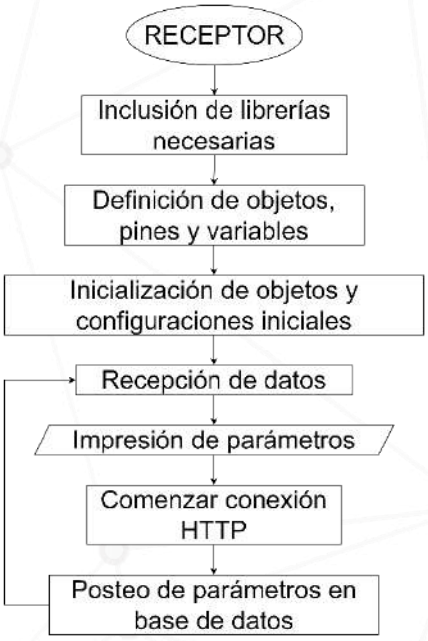


Fig. 7 - Diagrama de flujo para receptor

El resto de etapas no fueron más que verificar precisiones en las mediciones y optimizar el envío de datos, principalmente.

RESULTADOS.

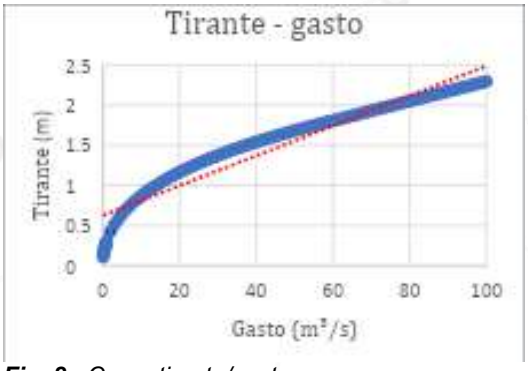


Fig. 8 *- Curva tirante/gasto*

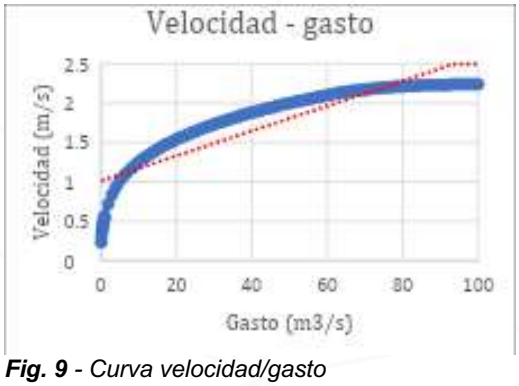


Fig. 9 *- Curva velocidad/gasto*

Después del procesamiento de datos, los primeros éxitos del proyecto fueron la obtención de las ecuaciones descriptivas de las curvas de calibración. Se incluyen las curvas (Fig. 8 - Curva tirante/gasto y Fig. 9 - Curva velocidad/gasto) y las ecuaciones que se integraron en los algoritmos para las conversiones paramétricas. En las figuras anteriores se muestran las ecuaciones de tirante y de velocidad en función del gasto (aunque en el código se hace el despeje correspondiente para indicar al gasto en función del tirante medido. La ecuación de la superficie libre de agua resulta:

$$b = 4.8316Q^{0.2909}$$

Así mismo, en las dos figuras anteriores se representa la similitud de la curva de calibración con las mediciones realizadas en campo; entre más se aproxima a la unidad, mayor relación se tiene.

CONCLUSIONES. Como resultado de la investigación y trabajo desempeñado, se obtiene una estación hidrométrica que logra facilitar el acceso a información sobre un cauce fluvial particular, empleando algoritmos de programación avanzados y nuevas tecnologías; permitiendo, además, la obtención de datos automatizada, de bajo costo, precisa, constante y registrada en una sólida base de datos. Es un modelo escalable y ajustable a cualquier entorno hidrométrico, incluso en zonas de difícil acceso, pues no requiere altos consumos de energía ni infraestructura adicional para la medición y envío de parámetros al aplicar módulos de comunicación de radiofrecuencia de alto rango LoRa.

REFERENCIAS.

1. Buestán Vera, J. C. (2019). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Tesis, 80.
2. Corapi, P., Acaro Chacon, X. C., Gaibor Nieto, J. A., & Villavicencio Bajaña, W. F. (2021). Sistema de monitoreo de caudal y tirante para el Laboratorio Piloto de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Investigación, Tecnología e Innovación, 13(14), 1–17. https://doi.org/10.53591/iti.v13i14.1197
3. Duque, J., & Mejía, D. (2024a). Universidad De Cuenca 0 Universidad De Cuenca. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/43677/1/Trabajo-de-Titulación.pdf
4. Duque, J., & Mejía, D. (2024b). Universidad De Cuenca 0 Universidad De Cuenca. 1–56. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/43677/1/Trabajo-de-Titulación.pdf
5. García-villa, P., & Martin, S. (2014). ABIERTA CON MOLINETE HIDROMÉTRICO ANDROID APP FOR WIRELESS SYSTEM CALCULATION OF HYDRIC FLOW IN OPEN FOIL WITH WINDLASS HYDROMETER. 1–23.
6. López, J. C. A., & Gil, R. A. (2015). Dispositivo electrónico de medición del caudal de agua para canales abiertos. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 24, 91–99.
7. Ortega-Gaucin, D. (2012). Estadística Elemental Aplicada a la Operación de Distritos y Unidades de Riego (Issue February 2012). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4047.4963
8. Villacís, E. (2010a). Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. In Repositorio Uta. http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265
9. Villacís, E. (2010b). Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. Repositorio Uta, 67. http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224173

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UNIFORMES DEPORTIVOS EN LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE EL MÉTODO SIMPLEX

Mauricio Cisneros Ayala[1], Mayra Janeth Madrigal Garcia[1], Atzin Tonancy Hernández Mercado[1], Ana Caren Olea Rayo[1], Roció Guadalupe Robles Campos[1], Griselda Yunuen Villa García[2], Adriana Calderón[3], Arturo Calderón Castro[4], José Oscar Hernandez Bautista[5], Jesús Eduardo Rodríguez Gutiérrez[1]

1 Universidad Tecnológica de Morelia Eduardo.rod.gtz@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

3 Universidad Tecnológica de Morelia Griselda.villa@ut-morelia.edu.mx

4 Universidad Tecnológica de Morelia Adriana.calderon@ut-morelia.edu.mx

5 Universidad Tecnológica de Morelia Acalderonc82@gmail.com

Palabras Clave: Optimización, Método Simplex, Uniformes deportivos, Rentabilidad, Producción.

RESUMEN. Este estudio se centra en la optimización de la producción de uniformes deportivos en la industria textil mediante la aplicación del Método Simplex, una técnica fundamental en la investigación de operaciones. El objetivo principal es maximizar la rentabilidad total en un entorno de producción que involucra tres variantes de cuellos de uniformes: cuello redondo bordado (x), cuello en V con vinilo (y) y cuello tipo polo sublimado (z). Las restricciones consideradas incluyen la demanda máxima mensual para cada tipo de cuello, las limitaciones en el tiempo de producción, y los costos asociados a la fabricación. El Método Simplex se utiliza como una herramienta matemática eficaz para asignar los recursos de producción de manera óptima, permitiendo que la industria textil gestione las variaciones estacionales de la demanda y controle los costos de producción. Este enfoque no solo garantiza una distribución eficiente de los recursos entre los diferentes tipos de cuellos, sino que también optimiza el uso del tiempo de producción, minimiza el desperdicio de material y contribuye a un proceso de fabricación más sostenible. La función objetivo, diseñada para maximizar las ganancias, desempeña un papel crucial al permitir que las decisiones de producción se alineen con las condiciones del mercado, asegurando que cada recurso sea empleado de la manera más eficiente posible. Los resultados esperados incluyen un aumento significativo en la rentabilidad y una mejora en la capacidad de la industria para satisfacer la demanda sin incurrir en costos operativos excesivos.

INTRODUCCIÓN. La optimización de la producción en la fabricación de uniformes deportivos es un aspecto crítico para garantizar la rentabilidad y eficiencia en "DEPORTESTYLE". La aplicación del Método Simplex emerge como una herramienta fundamental para identificar la combinación óptima de producción de los tres tipos de cuello: redondo bordado, V vinilo y tipo polo sublimado, con el objetivo de maximizar la rentabilidad total. Este enfoque estratégico busca conciliar las demandas del mercado, los límites temporales de producción y los costos asociados a la fabricación. La optimización se convierte en un aliado clave para potenciar tanto la eficiencia como la rentabilidad en la

producción de uniformes. Se emplea para discernir la asignación óptima de recursos entre los diferentes tipos de cuello, considerando las fluctuaciones estacionales en la demanda y los costos inherentes a la producción. Este proceso estratégico permitirá determinar la cantidad precisa de cada tipo de uniforme a fabricar en distintos momentos del año, con el propósito de maximizar la rentabilidad y garantizar la satisfacción de la demanda. En última instancia, el objetivo es encontrar la fórmula ideal que optimice la producción de diversos tipos de cuello de uniformes deportivos, impulsando así la eficiencia y la rentabilidad en "Deportestyle".

ANTECEDENTES. En su estudio "Métodos matemáticos de optimización: el método Simplex", María Sañudo Horts explora la aplicación del método Simplex en el contexto de la investigación de operaciones. Su investigación se enfoca en analizar el desarrollo histórico de la investigación de operaciones, destacando la programación lineal como una de sus ramas fundamentales y resaltando la relevancia del método Simplex en este ámbito. El método Simplex, como señala Sañudo Horts, permite optimizar funciones objetivo, ya sea minimizando costos o maximizando beneficios, mediante cálculos matemáticos basados en un conjunto de variables y restricciones. En su trabajo, la autora aplica este método a un caso práctico relacionado con una empresa textil ficticia, logrando aumentar el beneficio de la empresa en un 24%, lo que satisfizo las necesidades del cliente. Además, proporciona un análisis detallado de los costos asociados al proyecto para determinar la inversión necesaria. Para llevar a cabo su investigación, Sañudo Horts utiliza el programa Solver de Excel, conocido por su rapidez y facilidad de uso, lo que le permite obtener tablas e informes detallados del proyecto. En conclusión, su estudio confirma que la programación lineal, a través del método Simplex, es una herramienta valiosa en diversas áreas empresariales, no solo en la producción, sino también en la gestión de la mano de obra y la maquinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS. La optimización se refiere al proceso de hacer que algo sea lo más eficiente o efectivo posible, mejorando su rendimiento o calidad. En diversos contextos, puede implicar maximizar beneficios, minimizar costos o encontrar la mejor solución posible para un problema específico. El método simplex es un procedimiento sistemático y eficiente para encontrar y probar soluciones de problemas de programación lineal localizadas en los vértices de optimidad. El método termina una vez que se haya encontrado la solución óptima.

CUELLO	ESTAMPADO	DEMANDA	TIEMPO DE PRODUCCION	COSTO DE PRODUCCION	PRECIO
REDONDO	Bordado	3000	35	80	X
V	Vinil	1200	25	75	Y
TIPO POLO	Sublimado	700	30	70	Z
			15000	354834	

RESULTADOS. Para utilizar el método simplex en este problema de maximización de la rentabilidad total, necesitamos definir las variables de decisión, la función objetivo y las restricciones.

$$f(x,y,z) = 400x + 350y + 300z$$

$$35x + 25y + 30z \leq 15000$$

$$80x + 75y + 70z \leq 354834$$

$$x \leq 3000$$

$$y \leq 1200$$

$$z \leq 700$$

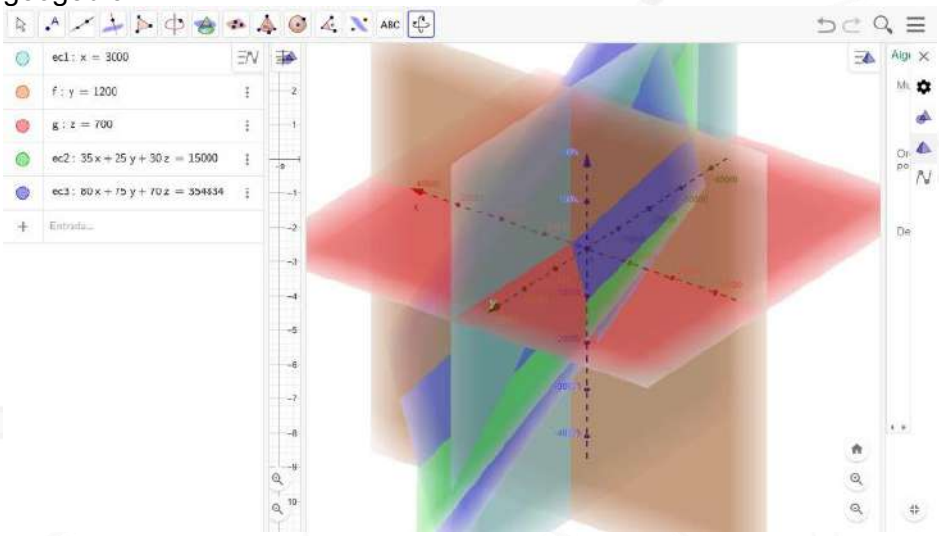
$$x \geq 0$$

$$y \geq 0$$

$$z \geq 0$$

Estas restricciones se pueden expresar como un sistema de ecuaciones lineales y luego usar el método simplex para encontrar los valores óptimos de x,y,z que maximizan la rentabilidad total. El proceso implica construir y trabajar con tablas simplex en cada iteración hasta alcanzar la solución óptima.

OBJETIVO. Se plantea la función objetivo de maximizar la rentabilidad total representada por f(x, y,z)=400x+350y+300z donde x corresponde a la cantidad de cuello redondo bordado, y a la cantidad de cuello V vinilo y z a la cantidad de cuello tipo polo sublimado.
Se ha recurrido a las gráficas en Excel debido a la poca visualización de la gráfica 3D de geogebra.





	Demanda	Tiempo de produccion	Costo de produccion	Precio
Redondo Bordado	3000	35	80	400
V Vinil	1200	25	75	350
Tipo polo Sublimado	700	30	70	300

CONCLUSIONES. Este proyecto resalta la importancia de la optimización en la producción de uniformes deportivos mediante el Método Simplex, ofreciendo una visión clara de los objetivos, restricciones y metodología para alcanzar una producción eficiente y rentable en "DEPORTESTYLE". •Maximización de rentabilidad: El Método Simplex permite encontrar la combinación óptima de producción de los tres tipos de cuello para maximizar la rentabilidad total, considerando precios de venta y restricciones de producción. •Enfoque estratégico: El estudio resalta la importancia de la optimización en la fabricación de uniformes deportivos para garantizar la rentabilidad y eficiencia en "DEPORTESTYLE", demostrando un enfoque estratégico hacia la producción. Consideración de múltiples variables: Al tener en cuenta precios de venta, demanda máxima, tiempo de producción y costos disponibles, se demuestra una comprensión integral de las diversas variables que afectan la producción y rentabilidad. •Restricciones y límites: El establecimiento de restricciones basadas en la demanda y los recursos disponibles (tiempo y costos) demuestra la necesidad de equilibrar la maximización de la rentabilidad con limitaciones prácticas. •Utilidad del Método Simplex: El uso de esta técnica matemática proporciona un marco sistemático y eficaz para resolver problemas de optimización en la producción, facilitando la toma de decisiones para alcanzar los objetivos planteados. •Adaptabilidad a la demanda: El estudio resalta cómo ajustar la producción de diferentes tipos de cuellos según la demanda del mercado, lo que refleja una respuesta ágil a las necesidades del cliente. •Enfoque sostenible: La optimización no solo se centra en la rentabilidad, sino que también puede contribuir a la sostenibilidad al utilizar eficientemente los recursos disponibles en la producción de uniformes deportivos.

REFERENCIAS.

1. ITL Instituto Tecnológico de La Laguna. (s.f.). Plan 1997-2004: Invoperaciones1. Recuperado de http://www.itlalaguna.edu.mx/2014/Oferta%20Educativa/Ingenierias/In dustrial/Plan%201997-2004/Invoperaciones1/U2.HTML
2. Economipedia. (s.f.). Optimización. Recuperado de https://economipedia.com/definiciones/optimizacion.html
3. Sydle. (s.f.). ¿Qué es la optimización de procesos? Recuperado de https://www.sydle.com/es/blog/que-es-optimizacion-de-procesos- 6126ac39b060f57604039a57
4. PHP Simplex. (s.f.). Método Simplex. Recuperado de https://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm
5. Sañudo Horts, M. (2023). Métodos matemáticos de optimización: el método Simplex. https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=métodos +matemáticos+de+optimización%3A+el+método+simplex+&btnG=#d= gs_qabs&t=1713944628736&u=%23p%3D46kHJqUhQdIJ

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224175

EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN ALEACIONES DE TITANIO FABRICADOS POR METALURGIA DE POLVOS

Ceylin Fernandez Salvador[1], A. S. Gonzalez- Pedraza[1], A. M. Garcia-Carrillo[1], Víctor M. Lemus –Jacobo[2], J.A Cedillo-Meza[2], Jesús Mascot J[2]
Instituto Tecnológico de Morelia; fernandezcey@gmail.com, anna.silvia.12.04@gmail.com

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2251564a@umich.mx, 1515493k@umich.mx, 1628835x@umich.mx, 1589611d@umich.mx

Palabras Clave: Metalurgia de Polvos, Biomateriales, Martensita α´´-Ti.

RESUMEN. El titanio y sus aleaciones son ampliamente usadas en el campo biomédico. Uno de los biomateriales comercialmente usados en esta área es el Ti64 y NiTi, sin embargo, la liberación de iones potencialmente tóxicos como el V, Al y Ni ha generado un creciente interés por desarrollar aleaciones con biocompatibilidad mejorada usando elementos de aleación como el Ta y Nb. Estos ayudan a estabilizar la fase β-Ti, las cuales nos ayudan a reducir las propiedades mecánicas de la aleación acercándola a la del hueso humano además de favorecer las propiedades de memoria de forma. Se fabricaron probetas por medio de la técnica de metalurgia de polvos. Se emplearon polvos de Ti, Ta y Nb con un tamaño de partícula de 100 y 25 µm respectivamente, los polvos se mezclaron con 1% de PVA y se compactaron a 450 Mpa posteriormente los compactos se sinterizaron a 1260°C durante una hora bajo atmósfera controlada de argón. Posteriormente se realizó un tratamiento térmico de temple llevando las probetas a una temperatura de austenización de 920°C durante 30 min en una atmósfera de argón controlada y se utilizó agua a 10°C como medio de enfriamiento. El objetivo del tratamiento térmico es la obtención y la estabilización de la fase martensita α´´-Ti, para así favorecer las propiedades de memoria de forma. Finalmente se realizó la caracterización microestructural y mecánica por medio de MEB, DRX y microdureza. Con el tratamiento térmico se logró obtener mayor cantidad de fase martensítica en todos los casos. Y las mejores propiedades mecánicas se obtuvieron en la probeta con la misma cantidad de refuerzo de 12.5 Nb y 12.5 Ta.

INTRODUCCIÓN. La creciente demanda de implantes ortopédicos y mejorar la calidad de vida del paciente ha generado interés por desarrollar biomateriales metálicos con propiedades mecánicas y biológicas más adecuadas para uso médico.[1][2] Dentro de esta área se busca el diseño de aleaciones β-Ti adicionando elementos como Mn, Ta y Nb [3][4], elementos que se caracterizan por tener mayor biocompatibilidad ya que favorecen la osteointegración, son muy resistentes a la corrosión[5], ayudan a disminuir el módulo elástico, mejoran la ductilidad y la resistencia al desgaste, bajo ciertas condiciones de concentración y procesamiento favorecen la aparición de fases metaestables (α´´-Ti) asociadas a propiedades de superelasticidad y memoria de forma[6], [7]. Para tales efectos aleaciones binarias de Ti-Ta y Ti-Nb [8]–[11]son las más estudiadas y se fabrican por procesos de fundición y forja[12], se ha reportado que la relación Ti-25Ta [13] posee las propiedades mecánicas óptimas para ser empleado para fines biomédicos, sin embargo, el Ta es muy denso (16.6 gr/ cm3) y muy caro, por lo tanto agregar otro elemento aleante con

efecto similar como lo es el Nb [14] pero con menor densidad (8.57 gr/cm3), podría ser ideal para disminuir el peso en el implante y favorecer la propiedad de memoria de forma, Por lo tanto en este proyecto se busca obtener la fase β-Ti y fases metaestables, conservando el 75% de la matriz Ti variando las concentraciones de Ta y Nb mediante la técnica de metalurgia de polvos y posterior temple. El proceso pulvimetalúrgico permite la fabricación de materiales porosos que pueden mejorar la adhesión del tejido-implante y reducir el módulo elástico acercándolo más al hueso humano [15][16][17].

MATERIALES Y MÉTODOS. Se fabricaron tres sistemas base Ti-XTa-XNb (donde x=5, 12.5 y 20 % en peso), para ello polvos esféricos de Ti con tamaño de partícula menor a 20 µm se mezclaron en seco con polvos irregulares de Nb y Ta, enseguida se añadió un 1 % en peso de PVA como aglutinante. La mezcla de polvos se vació en un dado de acero de 8mm de diámetro x 6 mm de espesor y se prensó uniaxialmente a 400 Mpa en una maquina universal de ensayos mecánicos Instron para obtener los compactos en verde. Una vez obtenidos los compactos en verde estos se sinterizaron en un dilatómetro vertical L75 Linseis a 1260 °C durante una hora, con una rapidez de calentamiento de 15°C min-1 bajo atmósfera controlada de argón. Las probetas se llevaron a preparación metalográfica convencional para la caracterización microestructural mediante microscopia electrónica de barrido y difracción de rayos X. Las pruebas de micro dureza se realizaron en un micro durómetro Mitutuyo MVK-HVL, empleando una carga de 300 g durante un tiempo de 15 s. Para la obtención del cambio de propiedades los sinterizados fueron sometidos a un tratamiento térmico (temple), las muestras fueron tratadas a una temperatura de 920° durante media hora para posteriormente ser enfriadas en agua con hielo. Por último, se realizó el mismo procedimiento de caracterización previo al tratamiento térmico y de esta manera obtener una comparación entre ambos resultados.

RESULTADOS. La Fig.1 a), c) y e) muestra la microestructura de las aleaciones antes del tratamiento térmico, si bien se observa la formación de fase α en forma de placas dispersas en toda la matriz, éstas crecen primordialmente a partir de los bordes de grano, sin embargo, a medida que se incrementa la cantidad de Nb se observa una menor cantidad de fase α y así favoreciendo la estabilidad de la fase β. Por consiguiente, la fig. 1b), d) y f) muestra las micrografías después del tratamiento térmico presentando una microestructura conformada por la fase β retenida, además se observa la fase α´´ con morfología en forma de agujas, a medida que aumenta la cantidad de Nb las agujas son cada vez más finas. Finalmente se observa que para todas las aleaciones después del tratamiento están constituidas por la fase α+β esto a la presencia de una estructura Widmanstätten de α y β. Verdugo Carrasco C. et al. Confirman la presencia de ambas fases para este tipo de aleaciones, así como la influencia que puede tener en el tamaño de grano a medida que se incrementa el porcentaje de Nb y de esta manera afectar sus propiedades mecánicas [18].

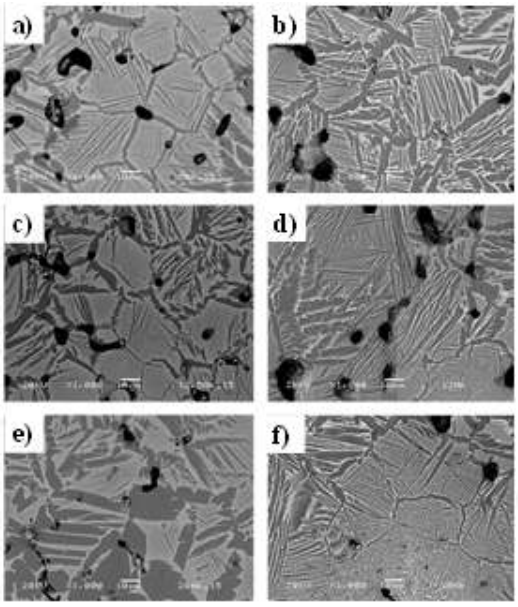


Figura 1 *Micrografías del compuesto, a) TiTa5Nb antes del tratamiento, b) TiTa5Nb después del tratamiento, c) TiTa12.5Nb antes del tratamiento, d) TiTa12.5Nb después del tratamiento, e) TiTa20Nb antes del tratamiento, f) TiTa20Nb después del tratamiento.*

En la fig. 2 se muestra el patrón de Difracción de Rayos X, se puede apreciar efecto de la adición de los elementos estabilizadores β-Ti (Ta, Nb), En ambas muestras antes y después del tratamiento térmico fig. a) y b), es evidente la formación de las fases α-Ti, α´´-Ti y β-Ti, sin embargo, la cantidad de fase presente varía, ya que después del tratamiento térmico la aparición de picos martensíticos es mayor. En la figura 2 a) se observa que intensidad de pico fase β-Ti es mayor, se esperaría la formación de las fases β-Ti y α-Ti sin embargo se ha reportado que la adición del Ta y Nb pueden llegar a distorsionar la red cristalina del Ti debido a la diferencia de radios atómicos [19], [20] el Ti (2 Å), para el Nb (2.08 Å) y Ta (2.09 Å) respectivamente [17], generando así formación de fases α´´-Ti mesta estables durante el enfriamiento después de la sinterización. Por otro lado, se puede observar en las muestras templadas fig. 2 b) la intensidad y formación del pico principal β-Ti a 39.7 °[20] es mucho mayor para las piezas templadas con mayor cantidad de Nb, sin embargo, para la muestra con la misma cantidad de refuerzo de Ta y Nb la intensidad de los picos relativos α-Ti y α´´-Ti es mucho mayor.

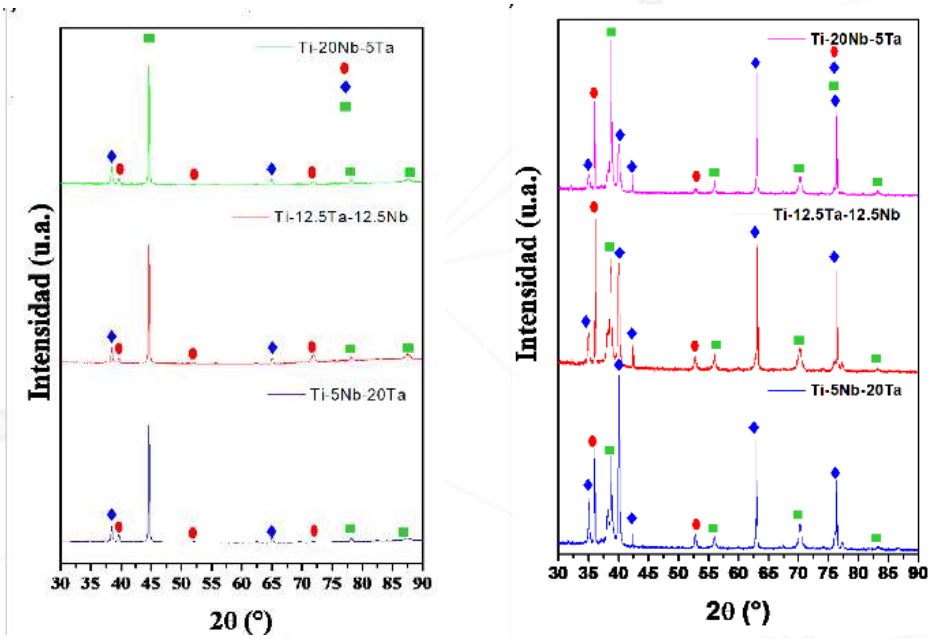


Figura 2 *Patrones de difracción de rayos x en las muestras sinterizadas a) antes y b) después del tratamiento térmico de temple.*

En la Fig. 3 se muestra el cambio de dureza antes y después del temple se puede observar de manera general que estos valores incrementan de manera significativa, existiendo una particularidad, la aleación con contenido intermedio de refuerzo posee la mayor dureza y esto podría atribuirse a la mayor intensidad de picos relativos α-Ti y α´´- Ti. Las propiedades mecánicas se deben a la difusión del Ta y Nb en la matriz de Ti, como estos porcentajes en concentración tienden a estabilizar las fases β-Ti o α´´-Ti o α´-Ti, un estudio indica que la fase α-Ti y α´´-Ti son más duras que β-Ti. [20].

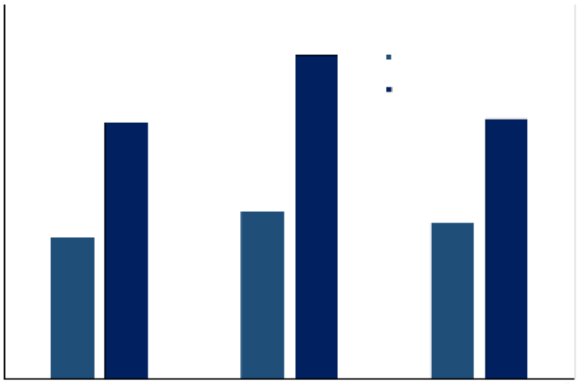


Figura 3. *Microdureza (HV).*

CONCLUSIONES. El estudio de tratamiento térmico de temple realizado para aleaciones base Ti-Ta-Nb fabricados por medio de metalurgia de polvos concluye que la adición de Nb favorece la formación de fase martensita además de que la aleación con la misma cantidad de refuerzo de Ta y Nb en una matriz 75%Ti posee la mayor dureza debido a la presencia de fase α´´-Ti y α-Ti, siendo material con potencial para ser empleado para aplicaciones biomédicas.

REFERENCIAS.

1. M. A. Gepreel and M. Niinomi, “Biocompatibility of Ti-alloys for long-term implantation,” J. Mech. Behav. Biomed. Mater., vol. 20, pp. 407–415, 2013, doi: 10.1016/j.jmbbm.2012.11.014.
2. M. Niinomi, M. Nakai, and J. Hieda, “Development of new metallic alloys for biomedical applications,” Acta Biomater., vol. 8, no. 11, pp. 3888–3903, 2012, doi: 10.1016/j.actbio.2012.06.037.
3. C. Liang-yu, Y. Cui, and Z. Lai-chang, “Recent Development in Beta Titanium Alloys for Biomedical Applications,” Metals (Basel)., 2020, doi: https://doi.org/10.3390/met10091139.
4. P. Pesode and S. Barve, “A review — metastable β titanium alloy for biomedical applications,” J. Eng. Appl. Sci., pp. 1–36, 2023, doi: 10.1186/s44147-023-00196-7.
5. H. Hussein, M. A. H. Gepreel, M. K. Gouda, A. M. Hefnawy, and S. H. Kandil, “Biocompatibility of new Ti-Nb-Ta base alloys,” Mater. Sci. Eng. C, vol. 61, pp. 574–578, 2016, doi: 10.1016/j.msec.2015.12.071.
6. X. Wang et al., “Topological design and additive manufacturing of porous metals for bone scaffolds and orthopaedic implants: A review,” Biomaterials, vol. 83, pp. 127–141, 2016, doi: 10.1016/j.biomaterials.2016.01.012.
7. F. H. Froes, Powder metallurgy of titanium alloys. 2013.
8. Y. Liu et al., “Synthesis of Ti-Ta alloys with dual structure by incomplete diffusion between elemental powders,” J. Mech. Behav. Biomed. Mater., vol. 51, pp. 302–312, 2015, doi: 10.1016/j.jmbbm.2015.07.004.
9. H. Y. Kim, Y. Ikehara, J. I. Kim, H. Hosoda, and S. Miyazaki, “Martensitic transformation, shape memory effect and superelasticity of Ti-Nb binary alloys,” Acta Mater., vol. 54, no. 9, pp. 2419–2429, 2006, doi: 10.1016/j.actamat.2006.01.019.
10. J. Kesteven, B. M., W. Rhys, H. Khakbaz, and H.-C. Choe, “Low elastic modulus Ti–Ta alloys for load-bearing permanent implants_ Enhancing the biodegradation resistance by electrochemical surface engineering,” Mater. Sci. Eng., 2015.

11. G. Chilnicean, A. Novac, R. Sprincenatu, V. Bolocan, and C. Craciunescu, “Ti-Ta High Temperature Shape Memory Alloys,” IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 416, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/416/1/012017.
12. J. Zhang, R. Rynko, J. Frenzel, C. Somsen, and G. Eggeler, “Ingot metallurgy and microstructural characterization of Ti-Ta alloys,” Int. J. Mater. Res., vol. 105, no. 2, pp. 156–167, 2014, doi: 10.3139/146.111010.
13. Y. Zhou and M. Niinomi, “Ti – 25Ta alloy with the best mechanical compatibility in Ti – Ta alloys for biomedical applications,” Mater. Sci. Eng., vol. 29, pp. 1061–1065, 2009, doi: 10.1016/j.msec.2008.09.012.
14. H. Matsuno, A. Yokoyama, F. Watari, and M. Uo, “Biocompatibility and osteogenesis of refractory metal implants , titanium , hafnium , niobium , tantalum and rhenium,” vol. 22, pp. 1253–1262, 2001.
15. C. Song, L. Liu, Z. Deng, and H. Lei, “Research progress on the design and performance of porous titanium alloy bone implants,” J. Mater. Res. Technol., vol. 23, pp. 2626–2641, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.01.155.
16. Y. Chen et al., “Sintering and biocompatibility of blended elemental Ti-xNb alloys,” J. Mech. Behav. Biomed. Mater., vol. 104, no. February, p. 103691, 2020, doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.103691.
17. J. Liu, L. Chang, H. Liu, Y. Li, H. Yang, and J. Ruan, “Microstructure , mechanical behavior and biocompatibility of powder metallurgy Nb-Ti-Ta alloys as biomedical material,” Mater. Sci. Eng. C, vol. 71, pp. 512–519, 2017, doi: 10.1016/j.msec.2016.10.043.
18. D. Ansel, I. Thibon, M. Boliveau, and J. Debuigne, “Interdifusión in the Body Cubic Centered b -Phase of Ta-Ti Alloys,” Acta mater, vol. 46, no. 2, pp. 423–430, 1998, doi: https://doi.org/10.1016/S1359-6454(97)00272-3.
19. J. Chávez et al., “Characterization of Ti6Al4V–Ti6Al4V/30Ta Bilayer Components Processed by Powder Metallurgy for Biomedical Applications,” Met. Mater. Int., vol. 26, no. 2, pp. 205–220, 2020, doi: 10.1007/s12540-019-00326-y.
20. C.M Lee, C.P Ju, and J.H.C Lin, “Structure - property relationship of cast Ti - Nb alloys,” J. Oral Rehabil., vol. 29, pp. 314–322, 2002.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224178

ESTUDIO DILATOMETRICO DE COMPUESTOS CoCrMo/xCu FABRICADOS POR SINTERIZADO SEMILÍQUIDO

Jesús Mascot J, A. M. García-Carrillo, J. Lemus-Ruiz, V. Sayil Lopez-Alvarez, Víctor M. Lemus –Jacobo, L. Olmos

Palabras Clave: CoCrMo, sinterizado, dilatómetria.

RESUMEN. Las aleaciones de CoCrMo se han utilizado ampliamente en implantes de cadera debido a su buena resistencia a la corrosión y al desgaste. Las aleaciones a base de Cu se han utilizado mucho en aplicaciones biomédicas debido a su buena resistencia a la corrosión, al desgaste y a sus propiedades mecánicas. La adición de cobre (Cu) ha demostrado ser una forma eficaz de desarrollar un nuevo tipo de aleación basada en Co con buenas propiedades antibacterianas. En este trabajo se fabricaron pastillas partiendo de polvos comerciales de la aleación CoCrMo como matriz, y polvos de Cu como refuerzo y formador de líquido que permite alcanzar una mayor densificación. Se utilizaron cantidades diferentes de Cu en la aleación de un rango de 10 a 25% en masa de Cu. Se sometido a un proceso de sinterización a 1150ºC por una hora en un dilatómetro con atmosfera de argón de alta de pureza. Se encontró que la sinterización en estado semi-líquido es un método prometedor para producir compuestos de CoCrMo con la adición de Cu a temperaturas más bajas que las utilizadas en el proceso de sinterización convencional. Esto podría mejorar las propiedades de las aleaciones empleadas en dispositivos biomédicos e implantes óseos. Los resultados mostraron que la densificación fue similar a la de otras aleaciones de CoCrMo sinterizadas a temperaturas más altas (1300-1400ºC), lo que indica que el uso de Cu en un rango específico podría reducir la temperatura de fabricación sin afectar las propiedades mecánicas del material.

INTRODUCCIÓN. La pulvimetalurgia es el nombre que se da al proceso por el que se mezclan materiales en polvo fino, se prensan para darles la forma deseada y después se calientan para unir las superficies [1]. Las aleaciones de CoCrMo se han utilizado ampliamente en prótesis de cadera o rodilla, son implantes adecuadas para su uso a largo plazo en situaciones extremas debido a su excelente resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas [2], [3] . La aleación médica a base de cobalto posee una buena resistencia a la corrosión y biocompatibilidad, especialmente adecuada para su aplicación como clase de material de implante, como articulación artificial o hueso artificial [4].

ANTECEDENTES. En estudios recientemente, se encontró que se le ha añadido Cu a la aleación CoCrWNi para preparar una aleación antibacteriana basada en Co, donde también puede alterar para mejorar la resistencia al desgaste y a la corrosión [4]. Hu y colaboradores informó de que la aleación de CoCr tratada con tratamiento térmico podía reducir la adhesión bacteriana. Al desarrollar un recubrimiento de hidroxiapatita dopada con iones de Cu y Zn en la superficie de la aleación de CoCrMo para proporcionar una buena propiedad antibacteriana [5]. Yang et al. observaron que el acero inoxidable con adición de cobre

liberaba iones de Cu con propiedades bactericidas, lo que puede reducir eficazmente las infecciones humanas causadas por bacterias y microorganismos, así como la corrosión microbiana del acero inoxidable. La incorporación de una cantidad adecuada de Cu en los aceros, junto con un tratamiento térmico adecuado, puede generar la precipitación de nanopartículas ricas en Cu en la matriz del acero. Estos precipitados no solo mejoran la resistencia del acero a altas temperaturas, sino que también proporcionan una notable propiedad antibacteriana [6], [7].

OBJETIVO. A) Evaluar la cinética de sinterizado del material. B) Reducir la temperatura de fabricación respecto a CoCrMo. C)Evaluar el efecto de la adición de Cu en la cinética de sinterización mediante dilatometría. D) Analizar la microestructura del material por medio de microscopía óptica y electrónica.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se fabricaron cuatro muestras de aleación de CoCrMo a partir de polvos comerciales de la aleación, y polvos de Cobre (Cu). Donde utilizaron cantidades diferentes de Cu en la aleación de CoCrMo con un rango de 10% hasta un 25 % de Cu en masa. A los polvos se le añade PVA, una vez mezclados se compactan los polvos en un dado de 6mm de diámetro a 450MPa que permite tener compactos con una densidad relativa del 60%. La sinterización de las muestras se realiza en un dilatómetro vertical Linseis L75V en una atmosfera de argón de alta pureza. El ciclo térmico de la sinterización se lleva a cabo con una rapidez de calentamiento de 15°C/min, con tiempos de estancia en 500°C con una permanencia de 45 min para la evaporación del PVA, posterior mente se vuelve a elevar la temperatura hasta 1150°C con una permanencia de 60 min, seguido de un enfriamiento normal dentro del dilatómetro. Enseguida, la deformación axial, la densificación y la velocidad de deformación se obtuvieron a partir de los datos obtenidos en los ensayos de dilatometría. Posteriormente se hizo un análisis puntual de tipo EDS por medio de microscopia electrónica de barrido (MEB) así como micrografías fueron obtenidas por medio de electrones secundarios y electrodispersados. En la tabla 1, se desglosa la nomenclatura de la muestra que se fabricó, así como la composición química de los polvos CoCrMo y de las piezas fabricadas en % masa.

Probeta	Co	Cr	Mo	Cu
Co	65	29	6	0
Co10Cu	58.5	26.1	5.40	10
Co15Cu	55.25	24.65	5.10	15
Co20Cu	52	23.2	4.80	20
Co25Cu	48.75	21.75	4.50	25

Tabla 1. *Nomenclatura y composición química de los polvos de CoCrMo y las piezas fabricadas.*

RESULTADOS. En la Fig. 1 se tiene el análisis dilatométrico donde se presenta la deformación (%) respecto al tiempo (min) y la temperatura (°C), cómo se observa todas las probetas presentan un aumento volumétrico esto es el comportamiento típico que tienen los metales al dilatarse. Aproximadamente a 1080 °C el cobre empieza a transformar a fase liquida y para 1120 °C el líquido formado empieza a densificar las probetas. Siendo mayor este efecto conforme mayor sea la cantidad de Cu en el sistema. Posteriormente se hizo un análisis por medio de MEB, como se puede observar en la Fig. 2, en el caso de las imágenes Co10Cu la cantidad a observar de cobre (Cu) es la que se encuentra en menor

proporción donde se puede observar que como formador de líquido es muy bajo y se encuentra aislado en su mayoria. Para Co15Cu el Cu se va encontrando en mayor cantidad en la porosidad remanente y como es de esperarse este efecto es mayor para la probeta Co25Cu. Finalmente se realizó un análisis puntual EDS (Fig. 3) donde se confirma que el Cu no tiene una reacción con el CoCrMo sin embargo la matriz compuesta de la aleación CoCrMo se empieza a descomponer formando fases ricas en Cr y Mo

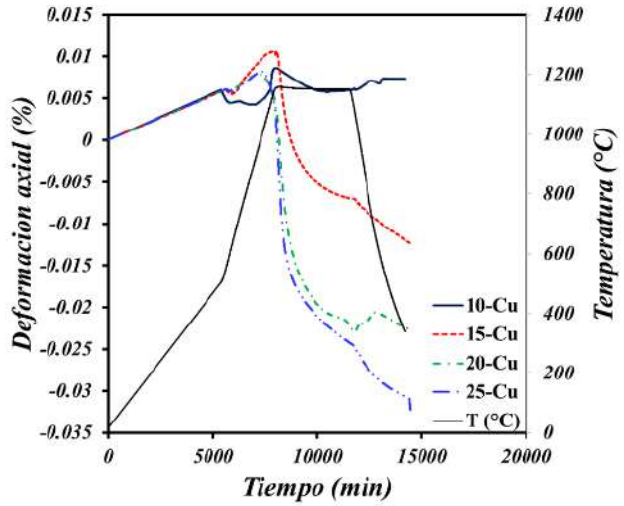


Figura 1. *Análisis dilatómetro deformación (%) vs tiempo (min) respecto a la temperatura.*

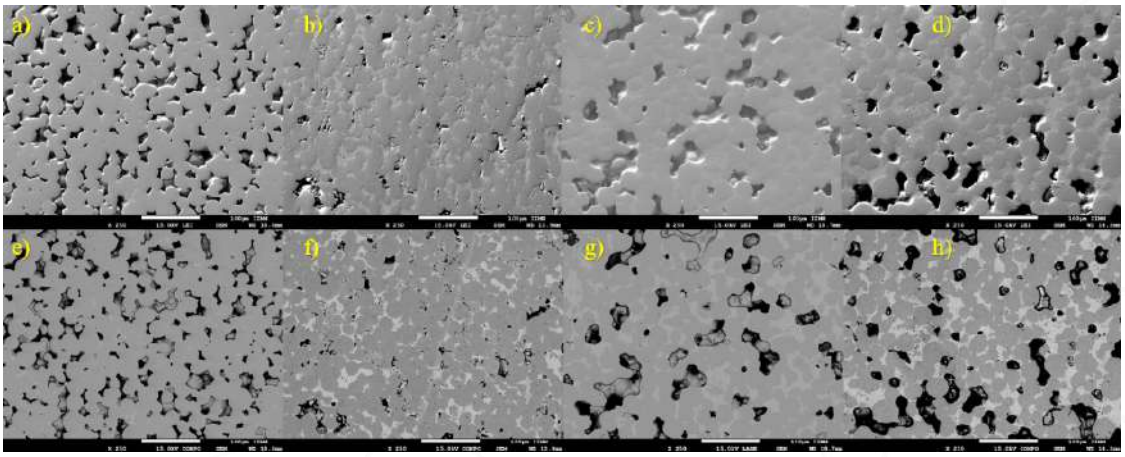
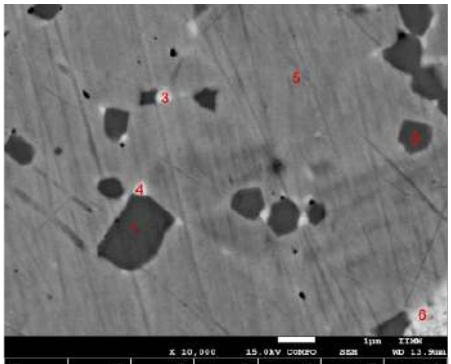


Figura 2. *Microestructura del sistema Co10Cu (a y e), Co15Cu (b y f), Co15Cu (c y g) y Co25Cu (d y h).*



E	1	2	3	4	5	6
Co	16.60	26.79	43.68	44.60	63.71	4.54
Cr	69.29	59.80	27.43	27.27	25.76	1.42
Mo	11.68	10.59	22.36	21.82	5.44	0.00
Cu	2.43	2.52	3.43	3.47	4.26	94.05
Si	0.00	0.30	3.10	2.84	0.82	1.22

Figura 3. *Análisis puntual EDS.*

CONCLUSIONES. El análisis dilato métrico muestra que a 1120°C aproximadamente el líquido de Cu comienza densificar las probetas. Las micrografías obtenidas por electrones secundarios y electrodispersados muestran el líquido formado por el cobre el cual llena la porosidad remanente permitiendo un aumento en la densificación de las probetas fabricadas el cual es mayor al aumentar el contenido de Cu. El análisis EDS muestra que a pesar de no haber interacción entre el CoCrMo y el Cu, el CoCrMo presenta una descomposición en fases ricas en Cr y Mo por un empobrecimiento de la matriz de CoCrMo. La sinterización en estado líquido es un método prometedor para producir compuestos de CoCrMo con la adición de Cu a temperaturas más bajas que las utilizadas en el proceso de sinterización convencional (1300-1400°C). Esto podría mejorar las propiedades de las aleaciones empleadas en dispositivos biomédicos e implantes óseos. Lo que indica que el uso de Cu en un rango específico podría reducir la temperatura de fabricación sin afectar las propiedades mecánicas del material.

REFERENCIAS.

1. F. H. (Sam) Froes, “A historical perspective of titanium powder metallurgy,” in Titanium Powder Metallurgy, Elsevier, 2015, pp. 1–19. doi: 10.1016/B978-0-12-800054-0.00001-0.
2. E. Zhang and C. Liu, “A new antibacterial Co-Cr-Mo-Cu alloy: Preparation, biocorrosion, mechanical and antibacterial property,” Materials Science and Engineering: C, vol. 69, pp. 134–143, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.msec.2016.05.028.
3. E. Zhang, Y. Ge, and G. Qin, “Hot deformation behavior of an antibacterial Co–29Cr–6Mo–1.8Cu alloy and its effect on mechanical property and corrosion resistance,” J Mater Sci Technol, vol. 34, no. 3, pp. 523–533, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.jmst.2016.09.025.
4. S. Wang, C. Yang, L. Ren, M. Shen, and K. Yang, “Study on antibacterial performance of Cu-bearing cobalt-based alloy,” Mater Lett, vol. 129, pp. 88–90, Aug. 2014, doi: 10.1016/j.matlet.2014.05.020.
5. X. Hu, K. G. Neoh, J. Zhang, and E.-T. Kang, “Bacterial and osteoblast behavior on titanium, cobalt–chromium alloy and stainless steel treated with alkali and heat: A comparative study for potential orthopedic applications,” J Colloid Interface Sci, vol. 417, pp. 410–419, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.jcis.2013.11.062.
6. K. Wang et al., “Effect of Cu on the Corrosion Behavior of 304 Stainless Steel,” Crystals (Basel), vol. 13, no. 1, p. 31, Dec. 2022, doi: 10.3390/cryst13010031.
7. T. Xi et al., “Copper precipitation behavior and mechanical properties of Cu-bearing 316L austenitic stainless steel: A comprehensive cross-correlation study,” Materials Science and Engineering: A, vol. 675, pp. 243–252, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.msea.2016.08.058.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224180

ELEVADOR HIDRÁULICO PARA ESTRUCTURAS DE CASTILLOS PIROTÉCNICOS

Julio Cesar Hernández Ramírez, Alan Juárez Cardenas, Edgar Octavio García Castro, José Arturo Morales Tinoco

Palabras Clave: Hidráulico, Elevador, Pirotecnia, Seguridad, Eficiencia.

RESUMEN. Juegos Pirotécnicos Juárez es una empresa Moreliana con más de 30 años en el mercado local, que cada vez busca actualizar más tanto sus productos como sus máquinas y herramientas para poder satisfacer la demanda de los clientes. Un sistema hidráulico es un modo de transmisión de energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos, el sistema hidráulico es el más efectivo en el ámbito de la maquinaria ya que provoca fuerzas para remover elementos pesados. En la industria de la pirotecnia día tras día se va innovando es por eso que se busca la implementación de sistemas hidráulicos, apoyados de las tecnologías y estudios previos es como en este reporte se hablara de una propuesta de un elevador hidráulico para estructuras de castillos pirotécnicos, este proyecto surge de la necesidad de contar con un equipo que facilite el montaje y desmontaje de elementos pirotécnicos en eventos y espectáculos, priorizando la seguridad y precisión en su operación. Para la elaboración de castillos pirotécnicos actualmente se necesita un elevador manual a base de engranes y un cable, pero cada vez que se va haciendo más grande el castillo se va necesitando de más fuerza humana para poder elevar el castillo, es un problema que genera pérdida de tiempo además de que se pueden sufrir lesiones en las personas que manejan el elevador manual, y para que se atienda esta problemática un elevador hidráulico ayudaría a soluciona el problema. El presente reporte detallara el diseño y desarrollo de un elevador hidráulico especializado para la manipulación segura y eficiente de estructuras de pirotecnia. La propuesta cuenta con ciertos elementos con características específicas para su buen funcionamiento, entre los componentes se encuentran cilindro hidráulico, bomba hidráulica, entre otros que se detallaran más adelante en el reporte. El elevador hidráulico está basado en el sistema de un montacargas ya que será la misma función, pero aplicada en las estructuras pirotécnicas. De acuerdo con los estudios el peso que se llega a tener en un castillo pirotécnico es de 1500 kg por lo que el elevador hidráulico deberá poder con ese peso teniendo en cuenta un factor de seguridad.

INTRODUCCIÓN. La unidad productiva Juegos Pirotécnicos Juárez es una micro empresa del sector secundario, dedicada a la fabricación y distribución de artificios pirotécnicos. La empresa está ubicada en la calle cerritos #560 colonia Guadalupe en la ciudad de Morelia, Michoacán. La estadía se realizó en el área de mantenimiento y producción, siendo el asesor externo C. Cesar Juárez Gutiérrez, director general. En el presente reporte se presenta la propuesta a la solución de la elaboración de castillos pirotécnicos, se encontrarán todos los datos necesarios para poder elaborar el elevador hidráulico. Los espectáculos pirotécnicos son eventos de gran impacto visual y emocional, pero detrás de cada presentación se encuentra un complejo proceso logístico que requiere de

herramientas específicas para garantizar su éxito y seguridad. En la elaboración de castillos pirotécnicos se llega alcanzar un peso de hasta 1500 kg con un elevador manual, los cuales llegan ser casi imposibles de elevar con la fuerza humana, aunado a esto el tiempo que se tarda en elevar un castillo es mucho además que se necesita más personal para poder elevar el castillo. El peso que se llega a alcanzar en los castillos pirotécnicos llega a ser excesivo tanto que puede llegar a ocasionar lesiones en los trabajadores que con el tiempo pueden ser graves. En este contexto, la creación de un elevador hidráulico adaptado a las necesidades de la industria pirotécnica se presenta como una solución innovadora que busca optimizar el montaje y desmontaje de estas estructuras, priorizando la seguridad de los trabajadores y la precisión en su ejecución. El elevador hidráulico desarrollado presenta características técnicas y funcionales que lo hacen idóneo para su aplicación en la industria de la pirotecnia. A lo largo de este informe, se detallarán aspectos clave como el diseño del elevador, sus componentes principales, su funcionamiento operativo y los beneficios que aporta a la seguridad y eficiencia en la manipulación de estructuras pirotécnicas. Este proyecto no solo representa un avance tecnológico significativo, sino que también contribuye a elevar los estándares de seguridad y calidad en la producción y ejecución de espectáculos pirotécnicos a nivel profesional.

OBJETIVO. Diseñar y construir un elevador hidráulico especializado para la manipulación segura y eficiente de castillos pirotécnicos, con el fin de optimizar el proceso de montaje y desmontaje de estas estructuras en eventos y espectáculos pirotécnicos.

OBJETIVO ESPECIFICO. Realizar un análisis detallado de los requerimientos y características específicas de los castillos pirotécnicos, incluyendo dimensiones, peso máximo esperado, y condiciones de operación. Investigar y seleccionar los componentes hidráulicos, mecánicos y electrónicos adecuados para la construcción del elevador, considerando su capacidad de carga, resistencia, y compatibilidad con las normativas de seguridad aplicables. Diseñar el sistema hidráulico del elevador, incluyendo la distribución de los cilindros, la ubicación de la bomba hidráulica, y la disposición de las válvulas de control, con el objetivo de garantizar un funcionamiento óptimo y seguro. Desarrollar el bastidor y la estructura del elevador, utilizando materiales resistentes y duraderos, y asegurando la estabilidad y la integridad estructural del conjunto. Integrar un sistema de control electrónico que permita operar el elevador de manera precisa y segura, incluyendo funciones como el ajuste de la altura, la velocidad y la posición de la carga. Realizar pruebas de funcionamiento y seguridad del elevador, verificando su desempeño bajo condiciones de carga simuladas y evaluando su cumplimiento con los estándares de seguridad establecidos. Implementar medidas de mantenimiento preventivo y capacitación del personal para garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad operativa del elevador durante su vida útil.

MATERIALES Y MÉTODOS. La propuesta para la unidad productiva Juegos Artificiales Juárez, consiste en un elevador hidráulico para castillos pirotécnicos, con la capacidad de elevar las estructuras y los artificios pirotécnicos. El sistema hidráulico se adaptará al elevador manual con el que cuenta la unidad productiva, dicho sistema constará de 1 cilindro hidráulico de doble efecto con capacidad de carga de hasta 6.6 toneladas y que puede extenderse has 72 pulgadas, el cual contará con 2 cadenas y 2 rodamientos para su correcta elevación. Para que funcione el cilindro hidráulico se utilizara una bomba hidráulica de doble acción de 12 V de CC y un depósito con capacidad de 4 L es de la marca VEVOR

y cuenta con un control el cual nos ahorra el implementar un sistema automatizado para accionarla. Además, necesitaremos manguera hidráulica para las conexiones.
Para la propuesta del elevador se tienen ciertos criterios técnicos como la capacidad de carga del cilindro hidráulico, así como la distancia de elevación, además de calcular el volumen para saber cuánto aceite necesita y sabiendo esto se selecciona la bomba hidráulica.
Cálculos para el cilindro hidráulico. Para saber que cilindro es el adecuado se hicieron los siguientes cálculos. Sabiendo el peso que se requiere elevar que es de 1500kg con un factor de seguridad que es el doble del peso, sería entonces de 3000 kg lo mínimo que debe elevar.

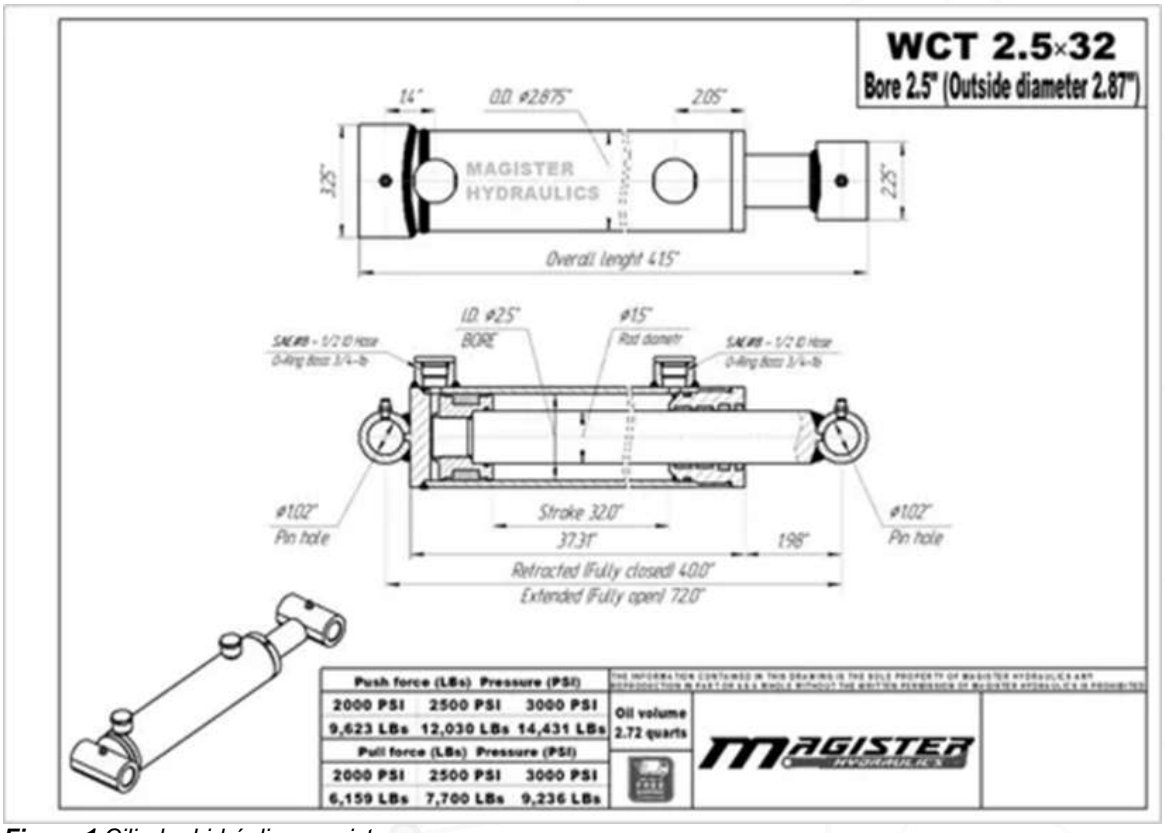


Figura 1 *Cilindro hidráulico magister*
Fuente: (Hydraulics, s.f.)

Tomando en cuenta este cilindro hidráulico
Diámetro de pistón = 2.5 pulg.
Diámetro del vástago = 1.5 pulg.
Primero se calcula el área tanto del pistón como del vástago.

$$A\rho = \frac{(\pi)(d^2)}{4} \quad A\rho = \frac{(\pi)(2.5^2)}{4} \qquad Ap = 4.9087\ in\text{^}2$$

$$Av = \frac{(\pi)(d^2)}{4} \quad Av = \frac{(\pi)(1.5^2)}{4} \qquad Av = 1.7671\ in\text{^}2$$

Sabiendo las áreas sacamos la fuerza con la que puede ese cilindro.

$$F = (P)(A)$$ **P = presión que nos dará la bomba hidráulica.**

Con una presión de 2500 PSI

$$F = (2500)(4.9087) \qquad F = 12271.75\ Lb \qquad F = 5566.3721\ kg$$

Ahora para saber la fuerza de retracción primero tenemos que sacar el área anular y se saca con la siguiente formula.

$$A\ anular = Ap - Av$$

$$A\ anular = 4.9087 - 1.7671 \qquad A\ anula = 3.1416\ in\text{^}2$$

Sabiendo el área anular sacamos la fuerza de retracción.

$$Fr = P\ x\ A\ anular$$

$$Fr = 2500\ x\ 3.1416 \qquad Fr = 7854\ Lb \qquad Fr = 3562.5145\ kg$$

Teniendo en cuenta todos estos cálculos se llegó a la conclusión de que ese cilindro hidráulico funcionara para el elevador siendo estas las características principales:

WCT 2.5x32
Aburrir: 2.5 pul.
DO: 2.875 pul.
Carrera: 32 pul.
Verilla: 1.5 pul.
Clavo: 1 pul.
Extendido: 72 pul.
Retraído: 40 pul.
Longitud total: 41.5 pul.
Presión: 3500 psi.



Figura 2 *Cilindro hidráulico magister*



Figura 3 *Cilindro hidráulico magister 40"*
Fuente: (Hydraulics, s.f.)

A continuación, se hace el cálculo del volumen para saber cuánto aceite necesita este cilindro.
La fórmula que se utiliza es la siguiente.

$$V = A\ x\ Carrera\ (stroke)$$

$$V = 4.9087\ x\ 32 \qquad VT = 157.0784\ in\text{^}3 \qquad VT = 2.740\ L$$

Es el volumen total del cilindro para cundo sale el vástago y a continuación se saca cuando este retraído el vástago.

$$VT2 = Aretraccion\ x\ Carrera\ (stroke)$$

$$VT2 = 3.1416\ x\ 32VT2 \qquad VT2 = 100.5312\ in\text{^}3 \qquad VT2 = 1.6474\ L$$

Rodamientos y cadenas

El rodamiento que se utilizará será el siguiente.

Rodamiento de mástil Hangcha 10T

Rodamientos y cadenas

El rodamiento que se utilizará será el siguiente.

Rodamiento de mástil Hangcha 10T



Figura 4 *Rodamiento de mástil Hangcha 10T*
Fuente: (KANZHI, s.f.)

Es rodamiento es el ideal para el elevador ya que soporta bastante peso.

La cadena que se utilizara para el elevador es la siguiente.

Cadena Industrial De Rodillos Paso 50-1r



Figura 5 *Cadena Industrial De Rodillos Paso 50-1r*
Fuente: (JT, s.f.)

Bomba hidráulica de Doble Acción 12V Depósito Metálico de 4L

Teniendo en cuenta los calulos del cilindro hidráulico se decidio por una bomba de la marca VEVOR con las siguientes caracteristicas.

Material del Tanque: Metal
Desplazamiento de Bomba Hidráulica: 0,825 GPM
Válvula de Alivio de Presión: 22 MPA (3200 PSI Max. Ajuste de alivio para una mayor potencia de elevación en el puerto A)
Velocidad Nominal: 2850 r/min
Potencia del Motor: 1,6-3,0 kw

Voltaje del Motor: DC12-DV24
Tanque de Combustible: 4 Cuartos
Encendido / Apagado de Doble Efecto
Ajuste de Alivio Máximo de 2500 PS en Puerto B
Depósito de Metal de 4 Cuartos
Puerto SAE # 6, Montaje Horizontal
Control colgante de Mano con 1 cable de Extracción de Aproximadamente 15' (4,5 m) y Solenoide de Arranque.



Figura 6 *Bomba hidrauloca VEVOR*
Fuente: (VEVOR, s.f.)

Este es la mejor que se encontró en el mercado ya que cumple con todo lo que se necesita para el elevador hidráulico, proporciona con los litros necesarios para el cilindro hidráulico y además con es de CC se utilizara una batería de carro para hacerla funcionar se decidió que fuera de CC por hay lugares donde se utilizara el elevador donde no hay o sería muy difícil encontrar electricidad para utilizar una bomba de CD.

La metodología que se utilizó para este proyecto se basó en los siguientes pasos.
Definición del alcance del proyecto: Establecer los objetivos y requisitos específicos del elevador hidráulico, incluyendo la capacidad de carga, altura de elevación, dimensiones, seguridad y cumplimiento de normativas.
Investigación y análisis de requerimientos: Realizar una investigación detallada sobre las necesidades de la industria pirotécnica y las regulaciones aplicables. Analizar las especificaciones técnicas de los materiales pirotécnicos y las condiciones de operación para determinar los requisitos del elevador.
Diseño conceptual: Desarrollar conceptos de diseño inicial para el elevador hidráulico, considerando aspectos como la estructura, sistema hidráulico, controles y seguridad. Utilizar software de diseño asistido por computadora (CAD) para crear modelos preliminares y evaluar la viabilidad técnica de cada diseño.
Selección de componentes y materiales: Seleccionar los componentes y materiales adecuados para el elevador hidráulico, asegurando la calidad, resistencia y compatibilidad con los requisitos del proyecto. Considerar aspectos como la resistencia a la corrosión, capacidad de carga, durabilidad y disponibilidad de repuestos.
Diseño detallado: Refinar el diseño del elevador hidráulico con base en la retroalimentación recibida y los resultados de análisis de ingeniería. Generar planos y especificaciones detalladas que guíen la fabricación e instalación del elevador.

Pruebas y validación: Realizar pruebas de funcionamiento del elevador hidráulico para verificar su rendimiento y cumplimiento de los requisitos del proyecto. Validar el diseño mediante pruebas de carga, pruebas de seguridad y simulaciones de condiciones operativas.

Documentación y entrega: Preparar documentación técnica completa, que incluya manuales de operación, mantenimiento y seguridad. Entregar el elevador hidráulico al cliente y proporcionar capacitación sobre su operación y mantenimiento adecuados.

Seguimiento y mejora continua: Realizar un seguimiento del rendimiento del elevador hidráulico en condiciones reales de operación y recopilar retroalimentación del cliente. Implementar mejoras y ajustes según sea necesario para optimizar el rendimiento y la fiabilidad del elevador a lo largo del tiempo.

Al seguir esta metodología basada en un proyecto, se puede garantizar un enfoque sistemático y efectivo para el diseño, fabricación e implementación de un elevador hidráulico para estructuras de castillos pirotécnicos, asegurando su éxito y cumplimiento de los requisitos de la unidad productiva.

Diseño.

El diseño se desarrolló en una plataforma CAD (AutoCAD), donde se hizo un levantamiento del diseño de la estructura con la que ya se cuenta la que cual está hecha de material PTR y en la cual se implementó el cilindro con la bomba hidráulica. Un elevador hidráulico diseñado para estructuras de castillos pirotécnicos debe ser robusto, confiable y seguro, con un sistema hidráulico eficiente, un sistema de control preciso y medidas de seguridad adecuadas para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente durante la construcción y ejecución de los espectáculos pirotécnicos.

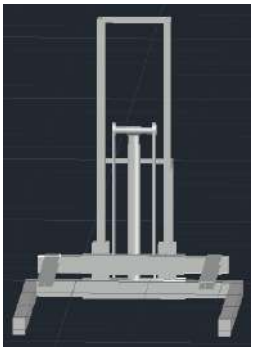


Figura 7. *Diseño*



Figura 8. *Vista lateral*

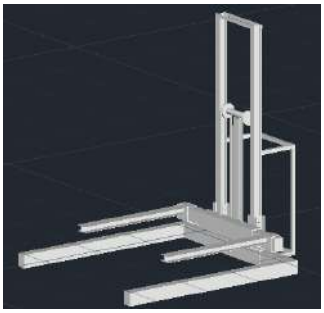


Figura 9. *Vista lateral*

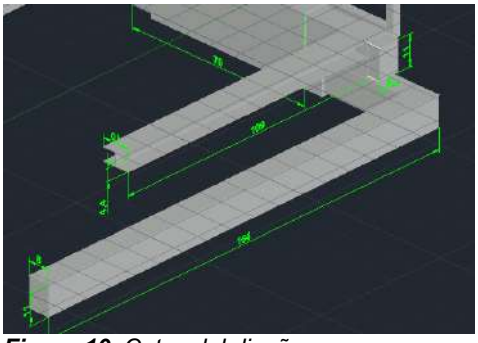


Figura 10. *Cotas del diseño*

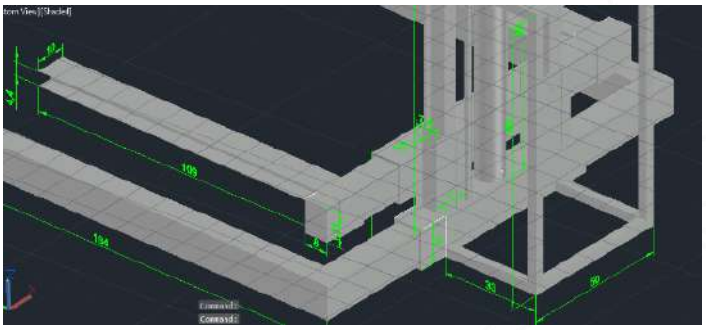


Figura 11 *Cotas del diseño*

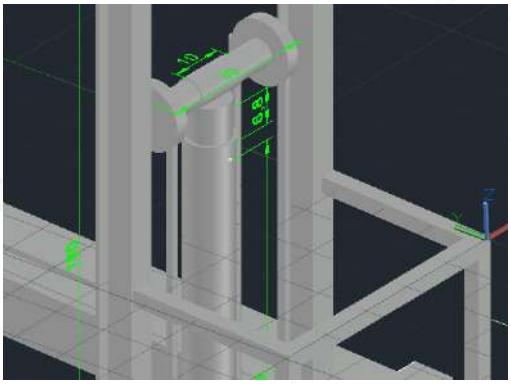


Figura 12 *cota del cilindro*

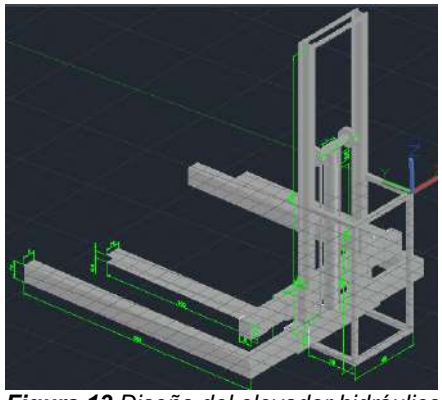


Figura 13 *Diseño del elevador hidráulico para estructuras de castillos pirotécnicos*
Fuente: Elaboración propia hecha en AutoCAD.

La forma en que se fijara el cilindro hidráulico será de la parte inferior ira soldado y de la parte superior se sujetara con un anillo de fierro igualmente soldado al cilindro y a la estructura para que de esta forma quede fijo y no se mueva

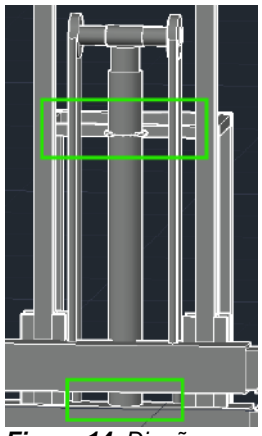


Figura 14. *Diseño para sujetar el cilindro*
Fuente: Elaboración propia hecha en AutoCAD.

Soladura.
La soldadura que va a ser utilizada será de 6013 de 1/8 el cual es un electrodo de acero de uso general, para todas las posiciones, para soldar aceros dulces. El recubrimiento produce un fuerte arco de tipo rociado, lo cual permite excelentes propiedades mecánicas, que funciona con CA o CCEP.
Características

- Electrodo de uso general para soldar aceros dulces
- Soldadura de penetración profunda
- Rendimiento de arco suave y estable
- Sirve para soldar en todas las posiciones
- La escoria se elimina fácilmente
- Excelente para metales que no están limpios

La soldadora utilizada es la Oakland modelo SP-200 que son convertidores Tipo Soldadoras Portátiles que utilizan electrodos de varilla. Están diseñados para conectarse a medio de

alimentación de fase simple. Están equipados con un circuito de regulación de salida, el cual hace posible un ajuste continuo de la salida de soldadura.
Características

Rango de amperaje: 30-200 Amp
Voltaje de alimentación: 110-120V
Capacidad en electrodo: 3/32, 1/8 y 5/32
Consumo: 4500 W
Frecuencia: 60 Hz
Peso: 6.5 kg
Dimensiones: Largo 31.5cm, Alto 16cm, Ancho 26cm
Bornes: 3/8"
Voltaje: 110V 20-160A 5340W; 220V 20-200A 5340W

El tipo de cordón que se utilizara para soldar será el de soldadura continua ya ofrece una serie de ventajas y beneficios que hacen que este enfoque sea altamente recomendable.

Plano de soldadura.

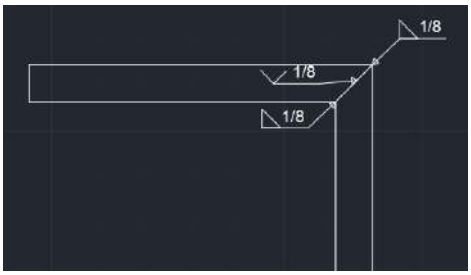


Figura 15. *Planos de soldadura.*

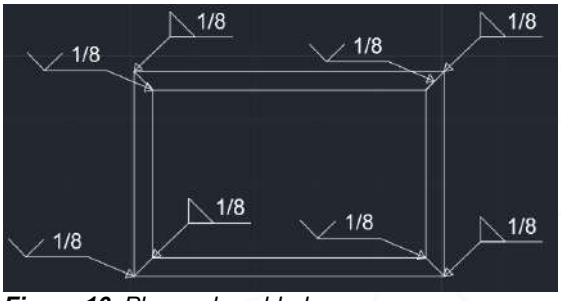


Figura 16. *Planos de soldadura.*

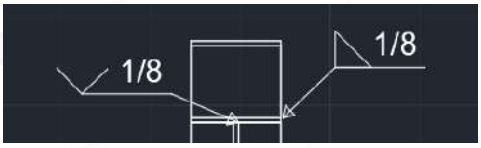


Figura 17. *Planos de soldadura.*
Fuente: *Elaboración propia hecha en AutoCAD*

4.5 Circuito Electro Hidráulico.

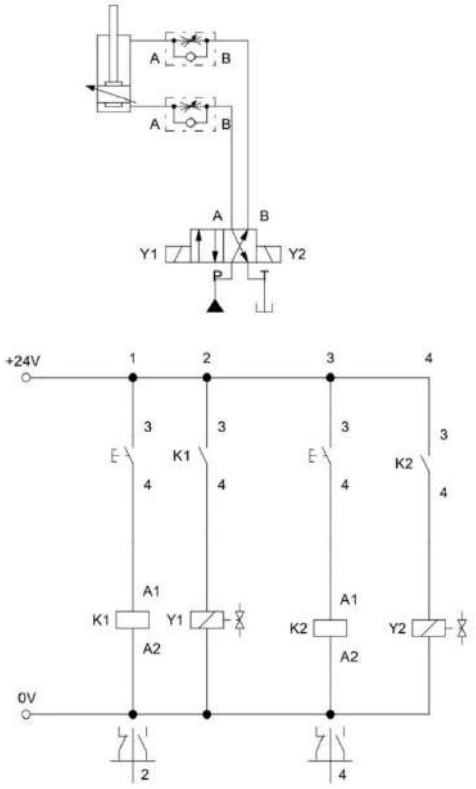


Figura 18. Circuito Electro Hidráulico
Fuente: elaboración propia hecha en fluidSIM

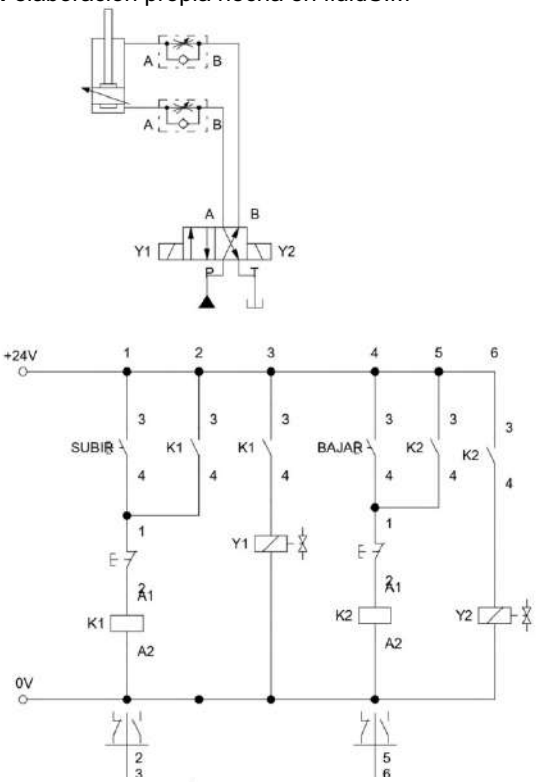


Figura 19. *Circuito Electro Hidráulico enclavado*
Fuente: *elaboración propia hecha en fluidSIM*

Este es el circuito de mejora que se aplicaría al elevador hidráulico el cual es con enclavamiento.

Resultados. Tras la propuesta a la unidad productiva y la dinámica que se tiene por los tiempos y por la inversión para implementar un elevador hidráulico para castillos pirotécnicos, las personas correspondientes no han querido llevar a cabo lo planteado por lo cual se ha comentado con anterioridad ha quedado solamente como propuesta por si en algún futuro cercano deciden implementar el sistema. Para la parte correspondiente de los resultados se decide hacer ciertas aproximaciones de lo que podría resultar si se implementará el sistema. Estas resultantes se hacen basándose en datos aproximados por parte de la unidad productiva con la finalidad de demostrar que dicho sistema es una excelente opción para darle solución a la problemática.

Mayor eficiencia. Sabiendo que la velocidad con la que trabajará el elevador hidráulico será constante y mucho más rápida que con el elevador manual, esto quiere decir que será más eficiente en términos de tiempo y esfuerzo requerido para elevar las estructuras pirotécnicas. Los trabajadores que antes eran 2 los que necesitaban con elevador manual ahora solo será 1 el cual manipulara el elevador hidráulico mientras el otro hará alguna otra cosa que se necesite en la elaboración de los castillos. Haciendo cálculos un catillo se termina aproximadamente entre 4 y 6 horas dependiendo del tamaño esto con un elevador manual, y con el elevador hidráulico se estima que se ahorre de 2 a 3 horas lo que será muy bueno ya que en ocasiones se hacen más de un castillo al día lo cual se tiene que contratar más gente para por termínalos, y con el elevador hidráulico ya no tendrían problema y no sería necesario contratar más personal.

Mayor seguridad. Con el elevador hidráulico se evitarán las lesiones por esfuerzo repetitivo o accidentes durante la manipulación manual de cargas pesadas. Lo que el levador hidráulico sea más seguro que el elevador manual. Con anterioridad los trabajadores llegaban a provocarse lesiones en la espalda por cargar demasiado peso, lo cual le acusaba perdidas al a unidad productiva porque se les tenía que dar incapacidad y además contratar más personal para suplirlos.

Capacidad de carga. Dependiendo del diseño y la capacidad del elevador hidráulico, es posible que pueda manejar cargas de mayor peso que el sistema manual, lo que podría permitir la construcción de castillos pirotécnicos más grandes y elaborados. Con el elevador manual era imposible elaborar castillos de más de 20 metros de altura por el peso con anteriormente lo hemos mencionado. Esto sería- uno de los mejores resultados que dará el elevador hidráulico ya que con él se podrán hacer trabajos mucho más grandes y esto a la unidad productiva le favorece en lo económico ya que tendría mayor ganancia en sus espectáculos pirotécnicos. La cantidad que se obtiene es casi equivalente al consumo efectivo que se tiene, es decir el ahorro equivaldría a un día de trabajo en el área de producción, por lo cual dadas las cantidades anteriores el sistema ayudaría al consumo de agua. Todas las cantidades anteriores son un reflejo de que el sistema de reúso es una excelente opción para reutilizar, ahorrar y disminuir el consumo de agua, y dado los resultados son favorables conforme a lo que se plantea, cabe recordar que lo resultante son solo estimaciones ya que ha sido una propuesta y lo que se muestra es un reflejo de lo que es capaz el sistema de reúso.

Beneficios. Este elevador beneficia a la unidad productiva, pero a la vez beneficia a las parroquias en sus fiestas patronales ya que le ofrece un mejor espectáculo pirotécnico.
A continuación, se marca en el mapa algunas de las parroquias beneficiadas tanto en la ciudad de morelia como en municipios a le daños a morelia que algunos pueden ser llamados pueblos indígenas.



Figura 3. *Mapa de parroquias beneficiadas zona centro de Morelia.*

Lista de parroquias beneficiadas

- Parroquia de Nuestra Señora de San Juan de los Lagos Morelia
- Parroquia de San José
- Parroquia, El Salvador del Mundo.
- Rectoría de Nuestra Señora del Carmen
- Parroquia de la Merced
- Santuario de El Santo Niño de La Salud
- Catedral de Morelia
- Templo de Santa María de Guido
- Parroquia de la Medalla Milagrosa
- Parroquia del Señor del Perdón
- Parroquia de la Inmaculada Concepción de la Virgen María
- Parroquia de San Antonio de Padua
- Parroquia Santiago Apóstol
- Parroquia de la Santísima Trinidad



Figura 21. Mapa de parroquias beneficiadas zona norte de Morelia.

Lista de parroquias beneficiadas

- Parroquia de Nuestra Señora del Perpetuo Socorro
- Parroquia del Señor de Araró y San Buenaventura

- Parroquia de Nuestra Señora de la Asunción
- Parroquia de Santiago Apóstol
- Parroquia de San José
- Parroquia de la Santa Cruz
- Parroquia de San Agustín Obispo
- Parroquia Virgen Del Rosario
- Parroquia de San Juan Bautista
- Santuario de la Santísima Virgen María
- Parroquia de Santa Ana
- Parroquia San Isidro Labrador
- Parroquia San Pedro y San Pablo

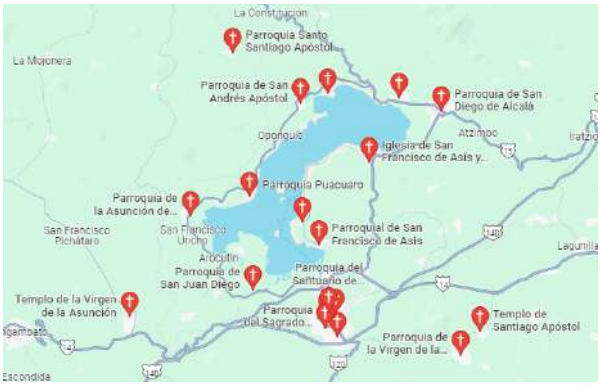


Figura 22. *Mapa de parroquias beneficiadas zona indígena.*

Lista de parroquias beneficiadas

- Parroquia del Santuario de Guadalupe
- Parroquia de San Diego de Alcalá
- Parroquia de la Asunción de Nuestra Señora
- Parroquia de San Jerónimo
- Parroquia Puacuaro
- Basílica de Nuestra Señora de la Salud
- Templo de El Sagrario
- Templo de Santiago Apóstol
- Parroquia Del Santo Niño Jesús De Huiramba
- Parroquia de San Andrés Apóstol
- Parroquia de San Juan Diego
- Parroquia del Sagrado Corazón de Jesús
- Iglesia de San Francisco de Asís y El Señor del Rescate, Tzintzuntzan
- Templo de San Pedro Cucuchucho
- Parroquia de San Nicolás de Bari
- Templo de La Inmaculada Concepción

CONCLUSIONES

La implementación de un elevador hidráulico para la construcción y ejecución de castillos pirotécnicos representa un avance significativo en la industria de los espectáculos pirotécnicos. Este informe técnico ha explorado exhaustivamente las diversas características, ventajas y consideraciones asociadas con la adopción de esta tecnología innovadora. En primer lugar, queda claramente demostrado que un elevador hidráulico ofrece una serie de beneficios sustanciales en comparación con los sistemas manuales tradicionales utilizados anteriormente. La automatización del proceso de elevación reduce masivamente la necesidad de mano de obra intensiva y minimiza el riesgo de lesiones relacionadas con la manipulación manual de cargas pesadas. Además, la capacidad de carga mejorada y la precisión en el posicionamiento de los materiales pirotécnicos permiten la construcción de castillos más grandes, complejos y estéticamente impresionantes.

La seguridad emerge como una prioridad destacada en el diseño y la implementación de elevadores hidráulicos para castillos pirotécnicos. La reducción de la fatiga humana y la eliminación de riesgos asociados con la manipulación manual de equipos pesados contribuyen en gran medida a un entorno de trabajo más seguro y protegido para los operadores y el público por igual. Además, la capacidad de control y monitoreo remoto de los elevadores hidráulicos ofrece una capa adicional de seguridad durante la fase de construcción y durante la presentación del espectáculo pirotécnico. Si bien es cierto que la instalación inicial de un elevador hidráulico puede requerir una inversión financiera significativa, los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia operativa, ahorro de costos laborales y mejora en la calidad de los espectáculos pirotécnicos son innegables. Además, la capacidad de adaptación y personalización de los elevadores hidráulicos para satisfacer las necesidades específicas de cada espectáculo asegura una versatilidad excepcional y una respuesta ágil a los requisitos cambiantes del mercado. En conclusión, el elevador hidráulico emerge como una herramienta indispensable en la industria de los espectáculos pirotécnicos, ofreciendo un equilibrio óptimo entre eficiencia, seguridad y calidad. Su adopción representa un paso adelante hacia la excelencia en la producción y presentación de espectáculos pirotécnicos, brindando experiencias inolvidables y seguras para el público en todo el mundo.

BIBLIOGRAFÍA

1. EIDE. (s.f.). *EIDE*. Obtenido de https://eide.net/elevadores-industriales/
2. Hydraulics, M. (s.f.). *mecardo libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1423694328-cilindropiston-hidraulico-25-x-32-pulgadas-66-toneladas-_JM?matt_tool=95763135&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=19646135656&matt_ad_group_id=149369177681&matt_match_type=&matt_network=g&mat
3. JT. (s.f.). *Mercado libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-749559252-cadena-industrial-de-rodillos-paso-50-1r-remachada-305mts-_JM#reviews
4. KANZHI. (s.f.). *Kunshan Hanzhi*. Obtenido de http://www.forkliftpart-hz.com/forklift-mast/sleeve-chain/hangcha-10t-mast-bearing-7m3e-202000.html
5. VEVOR. (s.f.). *VEVOR.MX*. Obtenido de https://www.vevor.mx/bomba-hidraulica-c_10089/bomba-hidraulica-de-accion-doble-remolque-volquete-12v-deposito-metalico-de-4l-p_010495157610

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224181

MONTAJE ELECTROMECÁNICO Y PUESTA EN MARCHA DEL TORNILLO DESHIDRATADOR DE LODOS DE LA PTAR CAÑADAS

Julio Cesar Hernández Ramírez[1], Bryan Rodríguez Zetina[2], Margarita Pascual Maldonado[3]

1 Universidad Tecnológica de Morelia; julio.hernandez@ut-morelia.edu.mx

2 Universidad Tecnológica de Morelia; gomezcorteskarenstephanie@gmail.com

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com

Palabras Clave: TDL, Habilitación, PTAR.

RESUMEN. En este documento se describe el proyecto del montaje electromecánico y puesta en marcha del Tornillo Deshidratador de Lodos (TDL) en la empresa Junta Local Municipal de Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comunidad de Tres Marías (JLAPAS). Este proyecto se encaminó para el manejo de los lodos de purga producidos en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Cañadas Tres Marías. Se emplearon la metodología de las 5S para garantizar un ambiente de trabajo organizado y seguro. A través de una inspección detallada y la implementación de las estrategias de metodología pensadas, logrando una instalación adecuada para la puesta en marcha del tornillo deshidratador.

INTRODUCCIÓN. En el marco de las operaciones de la empresa se llevó a cabo un proyecto de carácter Técnico “Montaje electromecánico y puesta en Marcha del TDL de la PTAR Cañadas” , un equipo fuera de servicio que está a disposición de la empresa que cumple con el trabajo para la separación sólido-líquido en el tratamiento de biosólidos, un equipo que cuenta internamente con un transporte de biosólidos a partir de un tornillo deshidratador de tipo helicoidal que es trabajado mediante un motor de tipo trifásico además de requerir una adecuada instalación eléctrica y tubular que gracias a una Bomba de cavidad progresiva (BCP) de la marca “SEEPEX” del tipo “BN 05-12” funcionando con un motor trifásico de la marca “NORD” para el suministro de lodos residuales. Para el cumplimiento del trabajo requerido es necesario rehabilitar el TDL mediante su acondicionamiento y las instalaciones necesarias tales como su instalación eléctrica, mecánica e hidráulica esperando que las acciones implementadas sean de beneficio significativo para la empresa. Al momento de iniciar el proyecto, se constató que el equipo se encontraba en un estado de deterioro considerable, producto de la exposición a condiciones ambientales adversas y la falta de mantenimiento preventivo, (véase Figura 1). Ante esta situación, se implementó una metodología basada en las 5S, con el propósito de establecer un ambiente de trabajo ordenado, limpio y seguro, premisas fundamentales para la optimización de procesos industriales. Las 5 “S” llamada así por sus iniciales de las palabras japonesas Seiri (Clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización), y Shitsuke (Disciplina).



Figura 1 *"Estado de la Maquina"*

ANTECEDENTES. Luía Yolanda cabezas Yánez y colegas. Realizo un estudio similar para optimizar la deshidratación de lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Los resultados mostraron que los sistemas de secado natural o deshidratación no mecánica, como los lechos de secado, presentan como principal ventaja su bajo costo de implementación, siempre y cuando se disponga de suficiente espacio disponible. Sin embargo, estos sistemas dependen de las condiciones climáticas. "El tornillo helicoidal emerge como un componente clave en las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean el sistema de lodos activados. Este equipo, alimentado por una bomba de cavidad progresiva, desempeña un papel crucial en la etapa final del proceso, encargándose de la deshidratación de los lodos residuales". (Helix, 2024). Se realizó una investigación acerca de maquinaria similar, así como se solicitó información a las personas encargadas de la maquinaria anteriormente (Gerente en Saneamiento, Coordinador de Saneamiento, Operador PTAR Cañadas) recabando que:

- El Tornillo Helicoidal no es el original
- El Tornillo tiene un ligero desfase (no es 100% central)
- El ultimo flujo captado fue de: 0.250ml
- Los discos de soporte son material de polietileno

Se requiere una conexión tipo delta (es una de las dos configuraciones principales para conectar los devanados de un motor trifásico. Se caracteriza por formar un triángulo cerrado con los extremos de cada devanado. Es decir, el final de una bobina se conecta al inicio de la siguiente, y así sucesivamente) en los motores tanto del TDL como de la B.C.P.

Planteamiento del problema. Contexto e identificación del problema: En la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Cañadas se evidencia una necesidad imperante de mejorar la etapa de manejo de los lodos residuales. Causa del problema: Actualmente, la PTAR Cañadas emplea un método tradicional de secado al aire libre para deshidratar los lodos, lo cual resulta ineficiente y genera una serie de inconvenientes. El volumen de lodos generado excede la capacidad de las áreas de secado asignadas, incumpliendo con las normativas ambientales vigentes tal como la NOM-004-SEMARNAT-2002, NOM-083-ECOL-1996 y NOM-173-SEMARNAT-2023, en materia de disposición final de residuos. La falta de una tecnología de deshidratación más avanzada limita la capacidad de la planta para reducir el volumen y manejo de los lodos. Si bien, se cuenta con un TDL, este equipo no opera a su máxima eficiencia debido a deficiencias en sus instalaciones mecánicas, hidráulicas y de materiales. Además de no contar en el momento que se toma el proyecto con las instalaciones de los motores del TDL y de la bomba de cavidad progresiva,

necesaria para el trabajo bajo 400 volts. Consecuencias: Como consecuencia directa, se observa una ocupación excesiva de espacio destinado al almacenamiento de lodos. Además, impacta negativamente en la operatividad de la planta (mayor tiempo y trabajo en el manejo de lodos) y genera riesgos de contaminación ambiental. Solución (Alcance): Se propone como solución la rehabilitación integral del TDL existente. A través de esta intervención y estrategias de mantenimiento correctivo-preventivo, se busca mejorar el proceso de deshidratación, reduciendo significativamente el contenido de humedad en los lodos. De esta manera, se disminuiría el volumen de lodos a gestionar, facilitando su manejo y disposición final de conformidad con la normativa aplicable.

OBJETIVO. Habilitar instalaciones eléctricas, hidráulicas y mecánicas para el funcionamiento del tornillo helicoidal deshidratador de lodos, para la optimización del proceso de deshidratación de lodos de purga en la PTAR Cañadas. mediante el montaje de la instalación eléctrica del motor, habilitación de la línea de lodos y bomba de cavidad progresiva, manufactura y planeación de un techado creado a base de Perfil Tubular Rectangular (PTR).

OBJETIVOS PARTICULARES. Instalar la tubería de hierro galvanizado para la línea de lodos. Instalar la tubería y cableado para la instalación eléctrica del motor y del variador de frecuencia. Habilitar la bomba de cavidad progresiva. Realizar una correcta conexión de borneras en los motores trifásicos encargados del trabajo en el TDL y bomba de cavidad progresiva. Diseño y manufactura de techumbre protectora.

MATERIALES Y MÉTODOS. A continuación, se presentan los materiales y herramientas utilizados para la habilitación del Tornillo Deshidratador de Lodos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R.) Cañadas.

Material: Línea de Lodos.			
Cantidad	UNIDAD	DESCRIPCION	
3	PZA	Tubo FO.GO 1 1/4**"** Ced. 40 Pieza de 6.40 m	 ***Figura 2*** *Tubería 1 1/4*
1	PZA	Tuerca Unión FO.GO de 1 1/4" roscada	 ***Figura 3*** *Tuerca Unión FO.GO de 1 1/4" roscada*
5	PZA	Codo Galvanizado de 1 1/4" x 90°	 ***Figura 4*** *Codo Galvanizado de 1 1/4" x 90°*

1	PZA	Cople de Fierro Galvanizado 1 1/4	 ***Figura 5*** *Cople de Fierro Galvanizado 1 1/4*
1	PZA	Sellador Shellac	 ***Figura 6*** *Sellador Shellac*
1	PZA	Manguera Licuatite	 ***Figura 6*** *Manguera Licuatite*
Material: Instalación Eléctrica			
Cantidad	UNIDAD	DESCRIPCION	
6	PZA	Tubería Conduit Tramo 3/4"	 ***Figura 6*** *Tubería Conduit Tramo 3/4"*
4	PZA	Codo Conduit de 3/4" x 90°	 ***Figura 7*** *Codo Conduit*
1	PZA	Condulet Tipo LB	 ***Figura 8*** *Condulet Tipo LB*
1	PZA	Caja de Cable AWG 14 de 100 M	 ***Figura 9*** *Cable AWG 14*

2	PZA	Interruptor Termomagnético (ITM)	 ***Figura 10*** *ITM*
1	PZA	Variador de Frecuencia ATV320U22N4C	 ***Figura 11*** *ATV320U22N4C*
1	PZA	Gabinete Schneider	 ***Figura 12*** *Gabinete*
Material: Techado para el Tornillo Deshidratador de Lodos			
Cantidad	UNIDAD	DESCRIPCION	
6	PZA	Láminas de Acero Galvanizado	 ***Figura 13*** *Lámina Galvanizada*
4	PZA	Perfil Tubular Rectangular (PTR) de 3”	 ***Figura 14*** *PTR 3”*
1	PZA	Bolsa de Pijabrocas	 ***Figura 15*** *Pijabroca*
4	PZA	Bultos de Cemento	 ***Figura 16*** *Cemento*

1/4 de kg		Soldadura Punta Naranja 6013	 ***Figura 17*** *Soldadura*

Herramientas

Se hizo uso de herramientas convencionales del tipo: Pico, pala, Desarmador tipo punta y tipo cruz, marros, martillos hasta herramientas mas especializadas tales como:

Herramienta	Descripción	Uso	Ilustración
Tarraja	Son piezas cilíndricas de acero templado con unas ranuras longitudinales capaz de tallar, mediante arranque de viruta, roscas exteriores en superficies cilíndricas.	Se empleo en el acabado de rosca tipo estándar en toda la tubería necesaria.	 ***Figura 18*** *Tarraja*
Esmeriladora	Es una herramienta que hace girar dos discos de esmeril, con el objetivo de poder afilar, dar forma, rectificar, pulir, lijar o cortar ciertos metales	Se empleo en todos los cortes necesarios.	 ***Figura 19*** *Esmeriladora*
Cable Guía	Herramienta que se utilizan en la instalación o retirada de cables en lugares de difícil acceso, ya que proporcionan una ventaja mecánica y un efecto de palanca para ayudar a tirar de los cables a través de conductos, canalizaciones u otras vías.	Se utilizo en la habilitación de la instalación eléctrica.	 ***Figura 20*** *Cable Guía*
Multímetro	herramienta de prueba usada para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios). Es una herramienta de diagnóstico estándar para los técnicos de las industrias eléctricas y electrónicas.	Se empleo en toda medición de tensión, corriente y resistencia	 ***Figura 21*** *Multímetro*
Rotomartillo	es una herramienta potente que permite perforar materiales y estructuras de alta resistencia. Por ejemplo: hormigón, losas, pisos y otros materiales en los que ocupar un taladro tradicional no sería posible.	Se utilizo en excavación y perforación de concreto	 ***Figura 22*** *Rotomartillo*

Inversora	es una máquina que utiliza un circuito electrónico para convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC) y viceversa, con el fin de generar un arco eléctrico para soldar	Se empleo en toda la soldadura necesaria	 ***Figura 23*** *Inversora*

MÉTODO. En este capítulo se presentan a detalle los procedimientos seguidos como parte de la metodología para cumplir con los objetivos del trabajo. La metodología general consistió en dos etapas. La primera de ella fue la aplicación de la metodología de las 5s con el fin de organizar el área del Tornillo Deshidratador de Lodos y a su vez como asistencia en brindar un mantenimiento correctivo-preventivo. Mientras que la segunda etapa consistió en la habilitación mediante procedimientos técnicos, siguiendo las siguientes actividades:

- Investigación y selección de equipos, materiales y componentes de protección-control necesarios para las instalaciones requerida.
- La habilitación de la línea de lodos.
- La planificación y construcción del techo protector del Tornillo Deshidratador de Lodos
- La instalación eléctrica del Tonillo Deshidratador de Lodos y sus componentes periféricos.

Seiri (Clasificar). Se identificaron los elementos necesarios para la realización del proyecto. Con esto, se permitió liberar el espacio de trabajo y la identificación rápida de herramientas y materiales necesarios el montaje del TDL.

Revisión de componentes: Se revisó todas las partes y herramientas relacionadas con el TDL. Así, se eliminó el gabinete y el variador de frecuencia de 220v viejos anteriormente instalados y, se sustituyeron por un nuevo gabinete de mayor tamaño para instalar el nuevo variador de 380-500v. También, se identificaron tornillería, cables para cambiarlos.

Documentación del proyecto: Se clasificaron y organizaron todos los elementos requeridos a sustituir en el equipo. Así, como las herramientas y materiales a utilizar en el desarrollo del proyecto.

Seiton (Orden). Se estableció un sistema de ordenamiento claro y visible para todos los materiales y herramientas, facilitando su localización y optimizando los tiempos de búsquedas.

Ubicación de Materiales. Se emplearon medidas de orden como sistemas de almacenamiento en estanterías, gavetas y paneles perforados para organizar las herramientas y materiales de manera visual accesible, que permitieran un flujo de trabajo eficiente, minimizando las distancias recorridas y los tiempos de búsqueda (Véase Figura 24).

Planificación del Espacio. Se destinaron cajas ordenadas y rotuladas para cada tipo de material y componente eléctrico.



Figura 24 *Fabricación de estanterías*

Seiso (Limpieza). Se llevo a cabo una limpieza profunda del área de trabajo, identificando y eliminando las fuentes de suciedad. Así mismo, se garantizó el correcto funcionamiento y mantenimiento de todos los equipos y herramientas.
Preparación del Área. Se identificó y limpio las áreas circundantes a la ubicación del montaje el TDL. Asimismo, se procedió a realizar la limpieza del propio equipo deshidratador, retirando polvo, grasas, oxido, lodo solidificado y suciedad en general (Figura 25). Se estableció un plan de limpieza semanal y mensual, asignando responsabilidades a cada miembro del equipo. Además, se aplicó al equipo una capa de pintura con el fin de protegerlo del intemperismo y agentes corrosivos.
Inspección de la Zona. Se efectuaba una inspección visual antes de comenzar los procedimientos de habilitación para asegurar un área de trabajo limpia y segura.



Figura 25 *Limpieza de TDL*

Seiketsu (Estandarización). Se establecieron normas y procedimientos para la estandarización de la instalación eléctrica, mecánica e hidráulica para la habilitación del equipo deshidratador de lodos.
Procedimientos de Instalación. Se documentó los pasos detallados del proceso de habilitación del TDL, como son: revisiones rutinarias englobadas en un checklist véase en (Tabla 1) para verificar el cumplimiento del mantenimiento y garantizar la consistencia en la ejecución de las tareas.

Tabla 1 – Check list de actividades.

Check list **de actividades de Verificación y Mantenimiento del Sistema de tratamiento de lodos de purga de la PTAR Cañadas**								
Diarias			Semanales			Mensuales		
	V	L		V	L		V	L
Medición y Registro de Voltajes/Amperajes de gabinete de control.			Realizar lubricación motorreductor de la bomba de cavidad progresiva.			Desensamble de maquina para verificación del estado de los discos de polietileno , engrasado de caterina.		
Medición y Registro de Voltajes/Amperajes de motor de bomba de cavidad progresiva.			Realizar lubricación motorreductor de motor del tornillo helicoidal.			Reapriete mecánico de conexiones de la línea de lodos.		
Medición y Registro de Voltajes/Amperajes de motor del tornillo helicoidal.			Reaprietde tornillería.			Reapriete de Conexiones eléctricas del motor de la bomba de cavidad progresiva.		
Limpieza Exterior del área de la bomba de cavidad progresiva y el tornillo helicoidal.			Purgade línea de lodos.			Reapriete de Conexiones eléctricas del motor del tornillo helicoidal.		
Lavado interior de discos y tornillo helicoidal			Verificación de ruidos, vibraciones, revoluciones y temperatura a los motores mediante geófono, tacómetro y termómetro de infrarrojo			Podar áreas verdes		
Lavado del área perimetral, posterior al uso de la maquina.						Pintura a la estructura metálica del tornillo helicoidal.		
Limpieza de telarañas alrededor de la máquina y en los techos, asi como tableros.								
Limpieza de caja y agitador de la cámara de preparación de polímero.								
Observaciones:			Observaciones:			Observaciones:		

Marque con el símbolo de verificación o checkmark ☒ aquelllas actividades que si se hallan realizado en la columna correspondiente, (V) verificación y (L) limpieza.

Plan de Seguridad. Se estableció medidas de seguridad para la habilitación y operación del equipo, las cuales incluyen el uso de equipos de seguridad necesarios, así como la señalización en las instalaciones. Por ejemplo, la identificación de conductos presentes mediante el cumplimiento de códigos de colores

Shitsuke (Disciplina). Se promovió y se recomienda promover como acciones futuras a la colaboración o mejora continua de propuestas de actividades para el mantenimiento del T.D, con el fin de buscar la participación asertiva y sentido de cumplimiento de este.
Revisión periódica. Se realizó una revisión periódica del sistema 5S para identificar áreas de mejora y ajustar los procedimientos según sea necesario (Véase tabla 1)

RESULTADOS.
Habilitación de la línea de lodos:

- Se realizaron las medidas necesarias para calcular la cantidad de material a utilizar.
- Se realizó la conexión "Delta" a la Bomba de Cavidad Progresiva (Figura 3.2.1): La bomba de cavidad progresiva es vital para la alimentación de materia prima que ingresa al TDL.

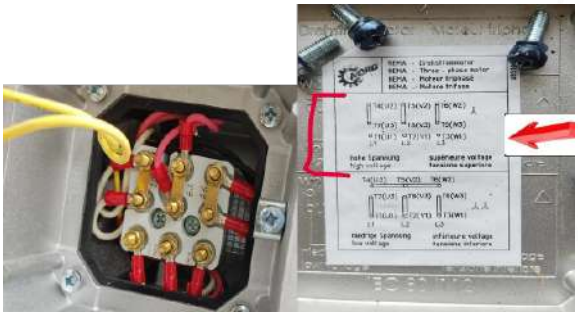


Figura 26 *Conexión de B.C.P*

- Se realizaron cortes al tubo (se usó tubería de hierro galvanizado de 1 ¼), los necesarios para su colocación
- Con ayuda de una Tarraja (piezas cilíndricas de acero templado con unas ranuras longitudinales capaz de tallar, mediante arranque de viruta, roscas exteriores en superficies cilíndricas) creamos las roscas necesarias.
- Se realizo la unión de todos los elementos, así como su sellado de rosca con el sellador de la marca Shelac.
- Se crearon postes de apoyo para la línea de lodos a base de cemento y tubería PVC.
- Se realizaron Pruebas de funcionamiento sin materia prima (lodos) para corroborar el funcionamiento y conexiones eléctricas.

Construcción del techo protector del TDL

- Se realizó las medidas adecuadas, así como el diseño de la techumbre para realizar la requisición adecuada de materiales a utilizar.
- Se realizaron 2 excavaciones traseras y dos excavaciones delanteras con un margen de alturas distintos para así lograr obtener una pendiente mínima requerida (para evitar estancaciones de cuerpos de agua y por norma general).
- A base de cemento se colaron todos los postes de PTR requeridos.
- Con ayuda de una Inversora (estaciones de soldar que tienen integrado un sistema inversor o "Inverter", que regula de forma automática el voltaje de trabajo) y Electrodos del tipo "Punta Naranja 6013" se realizó las uniones de soldadura adecuadas para brindar mayor resistes al cuerpo creado.



Figura 27 *Armazón Techumbre*

Se montaron las láminas de acero galvanizado requeridas (6) para cubrir de manera correcta el área de trabajo, así como su fijación a base de “pijabrocas”.

Habilitación de la instalación eléctrica

- Se realizaron las medidas para calcular la cantidad de material necesario (tubería y cable y equipos de protección y control).
- Se realizaron cortes a la tubería (Conduit ¾), los necesarios para su colocación
- Con ayuda de una tarraja se le realizaron las roscas necesarias para su instalación
- Se colocó toda la instalación tubular.
- Se cableo la instalación tubular con ayuda de una guía para instalaciones eléctricas
- Se realizo el montaje de un Interruptor Termomagnético (Son dispositivos cuya función es interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando detecta valores mayores a ciertos límites) en el Tablero de control (actúa como el centro de control de una instalación eléctrica, permitiendo la distribución de energía a diferentes circuitos y equipos.: Este es la primera línea de control y protección de la instalación eléctrica).



Figura 28 *ITM En Tablero de control.*

- Se realizo una estructura a base de PTR y soldadura para la fijación del Gabinete Eléctrico (Son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución).
- Se identificaron los datos de placa del motor trifásico (dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica mediante el uso de tres corrientes eléctricas alternas) encargado de mover el tornillo helicoidal, así como su correcto cableado de bornera.
- Se realizo la conexión eléctrica del segundo Interruptor Termomagnético (segunda línea de control y protección) en conjunto del Variador de Frecuencia ATV320U22N4C (regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.) Cuidando de elegir correctamente el modelo adecuado para las capacidades y especificaciones requeridas
- Se realizó la configuración exitosa de los datos requeridos dentro de la configuración del ATV320 así como su configuración para poder variar la velocidad desde la perilla ahorrando la colocación de un potenciómetro.



Figura 29 *ATV320*

- Por segunda vez se realizaron pruebas sin materia prima (lodos) con el fin de corroborar el funcionamiento de la instalación eléctrica.
- Se realizo la conexión y fijación de un Selector de tres posiciones para activar el arranque del motor, así como su inversión de arranque.



Figura 30 *Selector de tres posiciones*

Se realizo un esquema eléctrico en Cadesimu además de realizar la programación debida.

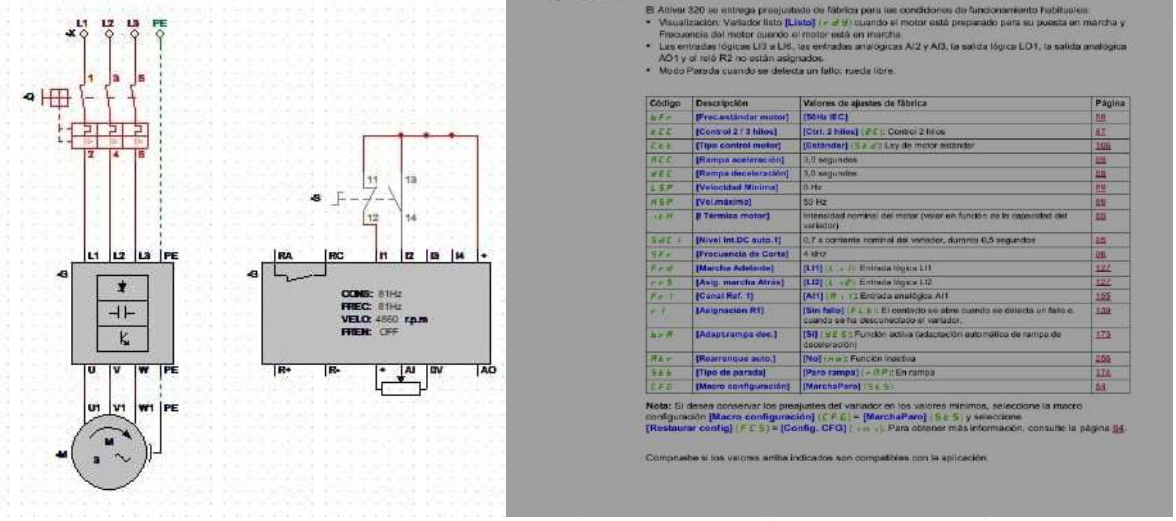


Figura 31 *Esquema Eléctrico y programación*

CONCLUSIONES. Se logró habilitar el equipo TDL mediante el cumplimiento de los objetivos propuestos, su instalación eléctrica, mecánica e hidráulica. Además, aplicando la metodología de las 5S´s permitió que el proyecto se realizara de manera eficiente y disminuir los errores. Las actividades ejecutadas satisfactoriamente fueron

1. Instalación de tubería de hierro galvanizado para la línea de lodos.
2. Instalación la tubería y cableado para la instalación eléctrica del motor y del variador de frecuencia.
3. Habilitación de bomba de cavidad progresiva
4. La correcta conexión de borneras en los motores trifásicos encargados del trabajo en el TDL y bomba de cavidad progresiva
5. Diseño y manufactura de techumbre protectora.

Estas habilitaciones anteriores permiten que al activar el interruptor termomagnético funcione correctamente el variador de frecuencia y ponga en marcha el motor trifásico del TDL. De manera que las conexiones delta resultaron correctamente instaladas. Por lo tanto, el equipo quedé instalado y listo para su uso y optimización de funcionamiento. Sin embargo, debido al cierre del periodo de estancia en la empresa, no se logró realizar las pruebas de optimización de funcionamiento del equipo.



Figura 32 *TDL Habilitado*

REFERENCIAS.

1. Arbeláez, m. a. (medellín, colombia 2021). *diagnóstico, estandarización y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales generadas en la industria maderera ubicada en el municipio de barbosaantioquia.* universidad de antioquia.
2. Chacín, i. n. (septiembre 08 al 12 - 2003). bombeo de cavidad progresiva:operaciones, diagnóstico, análisis de falla y trouble shooting. *esp oil engineering consultants*.
3. *Electrolomas.* (noviembre 24, 2022). obtenido de https://electrolomas.com/para-que-sirven-los-montajes-electromecanicos/#:~:text=un%20montaje%20electromec%c3%a1nico%20es%20un,pueda%20funcionar%20de%20forma%20aut%c3%b3noma.
4. Flores, n. (30/01/2023). poka-yoke, un método a prueba de errores. *tecnologico de monterrey*.
5. Fraile mora, j. (2003). *maquinas electricas.* mcgrawhill.
6. Freddy aníbal martínez, t. d. (2007). *descripción de los tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.* barcelona: universidad de orientenúcleo de anzoátegui escuela de ingeniería y ciencias aplicadas cuela de ingeniería y ciencias aplicadas departamento de ingeniería civil.
7. Freddy Leonardo Astudillo Córdova, l. f. (2011). *"diseño de un sistema automatizado de secado,almacenamiento y despacho de lodos deshidratados de la planta de tratamiento de agua potable sustag y simulacion mediante un software especializado.* ecuador: universidad politecnica salesiana.
8. gewurtz, s. b. (2020). *wastewater treatment lagoons: local pathways of perfluoroalkyl acids and brominated flame retardants to the arctic environment.* environmental science y technology.
9. helix, b. (2024). obtenido de https://www.begahelicoidales.com/que-es-un-transportador-helicoidal
10. hlcsistemas. (29 octubre 2019). *hlcsac*. obtenido de https://www.hlcsac.com/noticias/que-es-el-montaje-electromecanico/
11. hutzler, a. a. (2006 by the massachusetts institute of technology and yale university). *domestic water use in the united states.* journal of industrial ecology .
12. munter, r. (2003). *industrial wastewater characteristics.* the baltic university programme (bup).
13. nava-martínez, i. l.-a.-h. (junio 12, 2017). metodología de la aplicación 5's. *revista de investigaciones sociales*.
14. promelsa. (2022). obtenido de https://www.promelsa.com.pe/blog/post/como-interpretamos-el-grupo-de-conexion-en-transformadores-trifasicos-de-distribucion.html#:~:text=conexi%c3%b3n%20tri%c3%a1ngulo%20o%20delta%3a%20en,de%20conexi%c3%b3n%20resultan%20dos%20configuraciones.
15. quiroga, j. a. (julio - diciembre 2008). *tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio.* revista de tecnología - journal of technology •.
16. r., a. y. (2002). *calidad y tratamiento del agua - manual y suministros de agua conmunitaria* . españa : mc graw hill.
17. raffino. (5 de agosto de 2021). *mantenimiento correctivo. enciclopedia concepto.* obtenido de https://concepto.de/mantenimiento-correctivo/.
18. ramai.ho.r. (1996). *tratamiento de aguas residuales. 2da ed.* reverte s.a ..
19. rojas, r. (2002). *getstión i ntegral de tratamiento de aguas residuales.*
20. sócola lópez, a. m. (2020). *las 5s, herramienta innovadora para mejorar la productividad.* revista metropolitana de ciencias aplicadas.
21. yanez, l. y. (2011). *diseño de un sistema de tratamiento* . ecuador: escuela superior politecnica de chimborazo- facultad de ciencias.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224183

MODELO DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN SEMÁNTICA CON BASE EN COMPILADOR

J. Guadalupe Ramos Díaz[1], Rogelio Ferreira Escutia[2], Juan Carlos Olivares Rojas[3], Adrián Núñez Vieyra[4], Isela Navarro Alatorre[5], Juan Jesús Ruiz Lagunas[6]

1 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; j.guadalupe@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; rogelio.fe@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; juan.or@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; adrian.nv@morelia.tecnm.mx

5 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; isela.na@morelia.tecnm.mx

6 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; juan.rl@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Web Semántica, Datos abiertos, Compilador.

RESUMEN. La publicación de información de interés público en la modalidad de datos abiertos, mediante archivos formateados a partir de lenguajes semánticos de la Web 3.0 tales como RDF, RDFS u OWL constituyó un hito en la difusión de información para consumo masivo de los seres humanos. Sin embargo, a pesar de ser una solución conveniente para compartir información precisa, no ambigua, en contraste con la publicación de información en lenguaje natural, no tuvo un éxito superlativo a nivel global. Esto se debe en parte a que la publicación de la información requería conocimientos especializados en los lenguajes semánticos en comparación con el hecho de publicar una página con redacción en lenguaje natural. En este trabajo proponemos un modelo de sistema de recuperación de información en el que colocamos un compilador de dominio específico, es decir un compilador diseñado exprofeso para procesar archivos RDF de un dominio particular de aplicación con funcionalidad en dos sentidos, primero para convertir información hacia tripletas RDF y el segundo para compilar tripletas RDF. De esta manera, un usuario que desee publicar información en formato RDF no requerirá conocimientos especializados, haciendo más fácil la generación de un RDF store. Por otra parte, quien desee alimentar el RDF store podrá subir tripletas que serán validadas por el compilador e incorporadas al almacén. Este compilador, construido a partir de herramientas generadores de procesadores de lenguajes como ANTLR, está integrado en la propuesta del sistema de recuperación de información semántica.

INTRODUCCIÓN. Guardar y recuperar información de un medio de almacenamiento digital a través de un sistema informático es una tarea que comúnmente se le atribuye a un Sistema de Recuperación de Información: IRS, del inglés Information Retrieval System, (Baeza, et al., 2011). Con el advenimiento de la Web, las herramientas IRS cobraron un protagonismo sustantivo en cada una de sus etapas evolutivas. En la Web 1.0 y 2.0, las tareas del IRS consistían en recuperar información escrita fundamentalmente en lenguaje natural. Los buscadores web han permitido por lustros, localizar información en sus enormes índices y devolver al usuario enlaces hacia la propia información requerida en la petición de búsqueda. Con el fin de dotar con significado explícito a la información publicada

en la Web y con la intención de que las máquinas buscadoras pudieran interpretar dicho significado para responder de manera precisa a preguntas a un usuario, tal como lo hace un gestor de bases de datos, surgió la Web 3.0 o también llamada Web Semántica. La intención de la Web Semántica consiste en la definición de vocabularios formales escritos en lenguajes de etiquetas derivados del XML (Yu, 2011), posteriormente, dichos vocabularios se emplean para escribir sentencias formales. De este modo se escriben oraciones en lenguajes formales que pueden ser recuperadas por un lenguaje de consulta. Aunque esto último parece una ventaja muy importante, desgraciadamente no favoreció la publicación masiva de información semántica, la razón, que generar sentencias mediante lenguajes formales requiere de un nivel de conocimiento que normalmente no posee un usuario general. Es en este contexto, proponemos el uso de compiladores destinados a generar texto codificando sentencias formales a partir de enunciados simples del usuario. Eso persigue la idea de que se simplifique la generación de texto formal sin la necesidad de que el usuario tenga que ser experto en lenguajes semánticos. A continuación, en la Sección Antecedentes se enuncian las tecnologías que fundamentan la propuesta y enseguida, en la Sección “Modelo de IRS con base en compilador” se describe la propuesta de la presente investigación, para finalmente, en la Sección Conclusiones presentar las ideas de cierre del presente trabajo.

ANTECEDENTES. El área de aplicación más importante de los lenguajes asociados a la Web Semántica es la corriente “Open Data”, Gobierno de México (2022). Los denominados ***datos abiertos*** (Open Data Charter, 2015) son parte de un mecanismo global para que una organización pueda publicar información acerca de sus procesos de forma meta etiquetada. La intención de los datos abiertos en una organización es publicar información en la Web Semántica acerca de algún contexto (o un proceso), para que esté disponible al mundo, con la finalidad de que los creadores de aplicaciones puedan construir interfaces que hagan una vista más amigable de los datos y por tanto, que se incremente la transparencia y acceso a la información de la organización que los publica (Open Data Charter, 2015). Regularmente los datos abiertos se publican en lenguajes formales de la Web Semántica como los descritos en Yu (2011). Entre las tecnologías para la Web Semántica sobresalen estándares tales como el lenguaje extensible de marcado (XML del inglés *extensible markup language*), el marco de descripción de recursos (RDF del inglés *Resource Description Framework*) y el lenguaje de ontologías web (OWL del inglés *Ontology Web Language*), Yu (2011). El primero proporciona un lenguaje de marcado de datos universal, el segundo es propiamente un subconjunto de XML especializado para la descripción de recursos de información y el tercero proporciona un medio para la definición de vocabularios formales (ontologías) para emplear en la descripción de recursos. En palabras llanas, para escribir información en la Web Semántica, primero definimos un vocabulario formal (ontología) o bien tomamos uno que ya haya sido creado en alguna parte del mundo. El vocabulario nos proveerá de un conjunto de conceptos acerca de los cuales hablar y de las propiedades que de ellos podemos referenciar. Este conjunto de vocabularios está escrito en OWL o RDFS, después, para escribir enunciados acerca de dichos conceptos y propiedades emplearemos construcciones en formato RDF. El que sigue es un fragmento de código RDF:

```
<rdf:Description rdf:about="#Lizbeth">
    <rdf:type rdf:resource="#Honorarios"/>
    <mipersonal:tiene_de_jefe rdf:resource="#Vicente"/>
    <mipersonal:salario>15600</mipersonal:salario>
```

```
</rdf:Description>
```

En el código se describe a “Lizbeth” que es profesora por “Honorarios, cuyo jefe es “Vicente” y tiene un salario de 15600. Estamos hablando de 3 enunciados o tripletas dispuestas de la siguiente manera: <Lizbeth, type , Honorarios>, <Lizbeth, tiene_de_jefe , Vicente>, < Lizbeth,salario,15600>. Cuando se almacenan enunciados masivamente, suele darse el nombre a ese banco de tripletas como triple-store, esto es almacén de tripletas, análogo a “base de datos”. Una vez que hemos escrito oraciones en formato RDF la gran ventaja es que podremos llevar a cabo extracción de información empleando para ello el estándar de consulta denominado SPARQL, Yu (2011). Propiamente, a través del lenguaje de consulta podremos extraer conocimiento preciso, sin ambigüedad. Es como tener acceso a la Base de Datos completa de la organización, pero, sin requerir una interfaz funcional (API) como ocurre actualmente en la mayoría de los sitios de Internet.
La propuesta sugiere la creación de un compilador para producir etiquetas formales, si bien crear un procesador formal de lenguajes es una tarea sofisticada, también es cierto que hoy en día hay herramientas maduras para su generación como, por ejemplo: ANTLR, Parr (2013).

RESULTADOS.

Modelo de IRS con base en compilador. En la Figura 1, se puede observar la posición del compilador cuya tarea es en dos sentidos: a) producir código RDF a partir de oraciones en lenguaje natural, que podrían provenir de una base de datos y b) compilar código RDF provisto por un usuario. En ambos casos lo que se pretende es contar con sentencias formales, es decir, sentencias correctas que puedan ser consultadas por cualquier usuario en el mundo a través del lenguaje de consulta SPARQL, Yu (2011). La función del compilador también es simplificar la generación de sentencias formales y con ello alentar la masificación de la codificación semántica de la información.

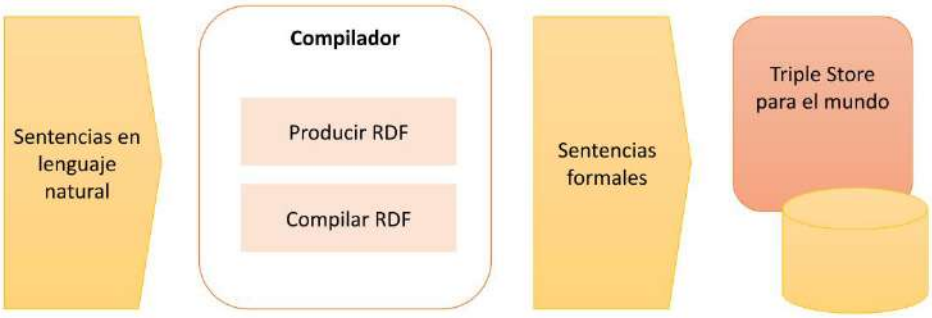


***Figura 1**: Modelo de Sistema de Recuperación de Información con compilador*

En la Figura 2, se observa la definición de la gramática para producir el código RDF de la Sección de antecedentes

```
grammar compilador;
rule: employee+ ;
employee:
    t1=STR    {System.out.println("<rdf:Description rdf:about=\"#"+$t1.text+"\"/>");}
    COMMA
    type   {System.out.println("  <rdf:type rdf:resource=\"#"+$type.text+"\"/>");}
    COMMA
    t2=STR {System.out.println("  <mipersonal:tiene_de_jefe rdf:resource=\"#"+$t2.text+"\"/>");}
    COMMA
    salary {System.out.println("  <mipersonal:salario>"+$salary.text+"</mipersonal:salario>"
                    + "\n" + "</rdf:Description>");};
```

***Figura 2**: Gramática para generar el compilador del ejemplo*

A continuación, en la Figura 3, se observa la ejecución del compilador en el que se asigna como entrada dos tuplas de datos y se obtiene como salida el código RDF.

```
Windows PowerShell

PS>java Test
Jorge Ruiz,base,Pedro Perea,18000
Susana Lara,honorarios,Emma Loza,12000
^Z
<rdf:Description rdf:about="#Jorge Ruiz"/>
  <rdf:type rdf:resource="#base"/>
  <mipersonal:tiene_de_jefe rdf:resource="#Pedro Perea"/>
  <mipersonal:salario>18000</mipersonal:salario>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="#Susana Lara"/>
  <rdf:type rdf:resource="#honorarios"/>
  <mipersonal:tiene_de_jefe rdf:resource="#Emma Loza"/>
  <mipersonal:salario>12000</mipersonal:salario>
</rdf:Description>
PS>
```

***Figura 3:** Ejecución del compilador y código producido.*

CONCLUSIONES. En este trabajo hemos planteado que es viable la construcción de un compilador que se puede adherir como un componente intermediario de un Sistema de Recuperación de Información cuya tarea es en dos sentidos, producir código en el lenguaje formal RDF a partir de sentencias en lenguaje natural o bien, compilar código RDF que le sea provisto, de tal manera que, al garantizar código RDF correcto pueda ser colocado en un triple store, y desde ahí, contestar cualquier consulta que se pudiera plantear un usuario genérico en cualquier parte del mundo, favoreciendo con ello la posibilidad de explotación de la información y con ello el despliegue de “datos abiertos”.

REFERENCIAS.

1. Gobierno de México (2022), Datos abiertos del Gobierno de México, https://datos.gob.mx/
2. Open Data Charter, (2015) https://opendatacharter.net/principles-es/, consultado en enero de 2022
3. Baeza-Yates, Ricardo, and Ribeiro-Neto, Berthier, (2011), Modern Information Retrieval, Addison Wesley.
4. Parr, Terence (2013), The Definitive ANTLR 4 Reference, Pragmatic Bookshelf, 2nd edition
5. Yu, L., (2011), A Developer’s Guide to the Semantic Web. Springer

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224185

ASIGNACIÓN DE GRADO DE SOLDAMIENTO DE LA IGNIMBRITA ESCALERA (MIL CUMBRES, MICHOACÁN) MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA MECÁNICA EN LABORATORIO

Amador Castro Colín[1], Antonio Pola Villaseñor[2], Juan Daniel Pérez Orozco[3], Hugo Iván Sereno Villaseñor[4], Martha Gabriela Gómez Vasconcelos[5], Elia Mercedes Alonso Guzmán[6]

1 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM; acastroc@enesmorelia.unam.mx

2 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM; apola@enesmorelia.unam.mx

3 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM; juandan.perez@gmail.com

4 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM; hugoivansereno@gmail.com

5 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, UMSNH; gabriela.gomez@umich.mx

6 Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH; elia.alonso@umich.mx

Palabras Clave: Ignimbrita, soldamiento, propiedades físicas, resistencia mecánica.

RESUMEN. El soldamiento de un depósito de ignimbrita implica tres procesos principales: 1) sinterización del vidrio, 2) compactación, y 3) aplanamiento de fragmentos de pómez. Su efectividad depende de factores como la viscosidad del magma, contenido de volátiles, carga litostática, temperatura de emplazamiento (Tg), y velocidad de enfriamiento. Identificar el grado de soldamiento permite relacionar litofacies en una secuencia volcánica. Diversos autores proponen escalas para evaluarlo, basadas en características texturales (aplanamiento de pómez), propiedades físicas (porosidad, densidad), y resistencia mecánica (compresión uniaxial). A partir de especímenes cilíndricos (~ 53 mm de diámetro), se determinaron en laboratorio valores que oscilaron para densidad aparente entre 1.92 y 2.23 g/cm3, densidad real entre 2.65 y 2.80 g/cm3, porosidad total entre 16.08 y 27.57 %, porosidad efectiva entre 12.97 y 24.47 %, resistencia máxima a compresión uniaxial entre 23.71 y 65.31 MPa, resistencia máxima a tensión indirecta entre 1.68 y 13.36 MPa, porosimetría por intrusión de mercurio con dos familias de poros 0.01 a 2 µm y 10 a 100 µm, velocidad de ondas P (VP) de 1673 a 2497 m/s y S (VS) 887 a 1216 m/s. Además, se analizó la geometría de los fragmentos de pómez mediante imágenes 2D en superficies perpendiculares a la dirección de deposición. Todo el proceso de caracterización física y mecánica se realizó conforme a estándares internacionales. Con base en los resultados obtenidos, se construyeron perfiles promedio de las propiedades físicas y mecánicas de la ignimbrita, asignando un grado de soldamiento a cada una. Se identificaron tres litofacies: una zona superior con soldamiento decreciente en profundidad, una zona media con soldamiento creciente, y una zona basal donde las propiedades presentan un salto para luego disminuir. Se destaca que los grados de soldamiento asignados a partir de propiedades físicas y resistencia mecánica sobrevaloran los obtenidos por análisis textural.

INTRODUCCIÓN. Las ignimbritas son depósitos originados por corrientes de densidad piroclástica concentradas, resultado de actividad volcánica explosiva, siendo los eventos

de formación de calderas los más catastróficos y voluminosos. Estos depósitos de roca están formados por una mezcla heterogénea de fragmentos de pómez, líticos, fenocristales (principalmente feldespato, cuarzo) y trizas vítreas, dispersos en una matriz de ceniza. Este material se deposita a temperaturas superiores a 400 °C (Dinçer y Bostanci 2019), iniciando su proceso de soldamiento, el cual involucra: 1) compactación, 2) sinterización del vidrio y 3) aplanamiento de los fragmentos de pómez. La eficacia del soldamiento depende del espesor o carga litostática, el tiempo en que la temperatura permanece por encima de la temperatura de transición del vidrio (Tg) y la viscosidad del magma, influenciada por su composición química y la cantidad de volátiles disueltos (Branney and Kokelaar 2002). El grado de soldamiento es útil para la identificación de litofacies en una secuencia ignimbrítica, así como su relación espacial y temporal. La caldera Escalera, formada entre los 16.1 y 23 Ma se encuentra a 20 km al sureste de Morelia y forma parte de la Sierra Mil Cumbres, localizada al sur de la porción central del Cinturón Volcánico Transversal Mexicano (Gómez-Vasconcelos et al. 2015). El conocimiento geológico tanto de la dinámica eruptiva como de los procesos post-deposicionales, resultan de gran valor para la gestión de riesgos en sitios como Morelia, situada entre la Sierra Mil Cumbres y el inquieto y joven Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (Hasenaka and Carmichael 1985). Cabe señalar que otra ignimbrita, producida por la caldera de Atécuaro (16.3 a 19.4 Ma) fue explotada para la construcción de los edificios y monumentos que integran el centro histórico de la Morelia (declarada Patrimonio Mundial por la UNESCO en 1991), sin embargo, las canteras originales fueron absorbidas por la mancha urbana, lo que ha generado demanda de materiales (canteras) con características similares para los trabajos de conservación. En este contexto, la Ignimbrita Escalera podría representar un recurso potencial para satisfacer dicha demanda. Adicionalmente, se ha reconocido actividad hidrotermal dentro de la caldera Escalera (Jácome Paz et al. 2019); la caracterización física y obtención de propiedades puede ser de utilidad para alimentar modelos conceptuales y numéricos para la explotación geotérmica (p. ej. Los Azufres, Mich., Los Humeros, Pue., Acoculco, Pue.).

ANTECEDENTES. Gómez-Vasconcelos et al. (2015) propusieron cuatro unidades principales en el rango de la caldera Escalera, entre ellas, domos andesíticos y dacíticos post-caldera (22.3 y 20.5 Ma, respectivamente), flujos de detritos e ignimbrita syn-caldera (22.9 a 16.3 Ma), siendo este último objeto de nuestro estudio, particularmente en el sitio conocido como “mirador El Oasis”. La evaluación y asignación de grados de soldamiento ha sido abordada en diversos estudios, clasificándola en función de las características geométricas de la textura, la petrografía, las propiedades físicas y el comportamiento mecánico de las rocas. En particular, el esquema de clasificación propuesto por Quane y Russell (2005) fue creado en función del análisis y síntesis de los esquemas propuestos por otros autores (p. ej. Smith, 1960; Smith y Bailey, 1966; Streck y Grunder, 1995), asignando el grado de soldamiento mediante determinaciones de propiedades físicas (densidad ρ y porosidad ϕ), resistencia mecánica (resistencia máxima a la compresión simple UCS, prueba de carga puntual PLST), características petrográficas y texturales, como el aplanamiento de pómez OB y ángulo de la fábrica FA medido en trizas vítreas.

OBJETIVO. Asignar el grado de soldamiento e identificar las litofacies a partir de las propiedades físicas, texturales y comportamiento mecánico. Construir perfiles de propiedades para visualizar la variación de propiedades con la profundidad en el afloramiento “Mirador El Oasis”.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó la recopilación y análisis de información preliminar, así como el levantamiento y muestreo con diferentes posiciones en una sección estratigráfica compuesta. Se extrajeron núcleos de ~ 53 mm de diámetro y se labraron de 41 especímenes para pruebas de compresión uniaxial ASTM D7012-14e1 y transmisión de ondas ultrasónicas (~ 53 mm de diámetro y ~106 mm de altura), además de 44 especímenes para pruebas de tensión indirecta ASTM D3967-08 (~ 53 mm de ancho y ~ 25 mm de altura); así como, su caracterización física (densidad aparente ASTM D7263-21 y porosidad ISRM-2007). La densidad real se determinó mediante el procedimiento ASTM D5550-14 en material disgregado (pasa malla No.4). La porosimetría por intrusión de mercurio se realizó en pequeños tapones de ~ 8 mm de diámetro x ~ 12 mm de largo, utilizando el Quantachrome Poremaster-33 bajo la norma ASTM D4404-18. Para la medición del aplanamiento de los fragmentos de pómez, se realizó un análisis de imágenes 2D de las caras de los especímenes a partir de escaneos 600 dpi, utilizando el software de uso libre ImageJ (https://imagej.net), previamente binarizados en Adobe Photoshop para identificar los fragmentos de pómez visibles con esa resolución. Una vez hecha la caracterización de los distintos niveles estratigráficos, se empleó la escala propuesta por Quane y Russell (2005) para asignar el soldamiento y construir los perfiles.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos mediante la caracterización y los ensayos realizados bajo estándares internacionales fueron promediados para obtener un valor representativo de cada posición estratigráfica, integrando su respectiva desviación estándar. Estos valores se graficaron en función de la profundidad en la columna del afloramiento. Se indicaron los grados de soldamiento representativos para la identificación de litofacies. El comportamiento de estos perfiles sugiere 3 litofacies, las cuales se distinguen por cambios en la pendiente (de inverso a normal e inflexión por cambio de pendiente. Los grados de soldamiento presentan un comportamiento general similar; sin embargo, en el caso del aplanamiento de los fragmentos de pómez, se observan grados de soldamiento dos unidades por debajo de los obtenidos en la caracterización física y mecánica.

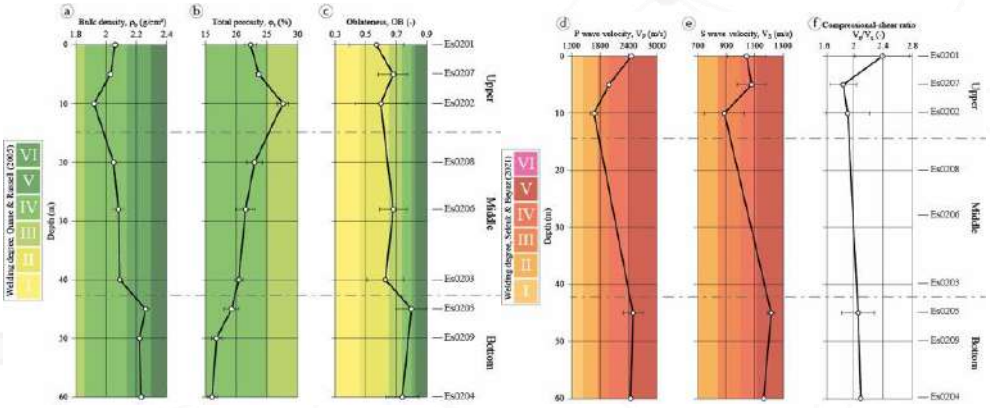


Fig.1 *Perfiles de propiedades. a-b) Físicas. c) Textural. d- f) Velocidades de onda.*

A partir de la porosimetría por intrusión de mercurio, se identificaron dos tendencias y se agruparon las muestras en 4 grupos (superior, medio, inferior, y Es0205), ver Fig.5.

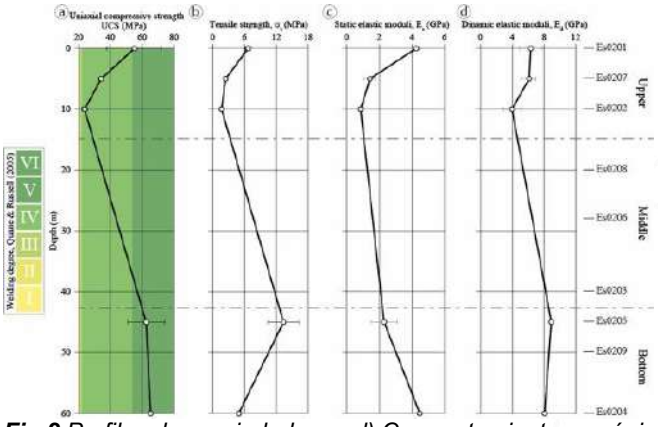


Fig.2 *Perfiles de propiedades. a-d) Comportamiento mecánico.*

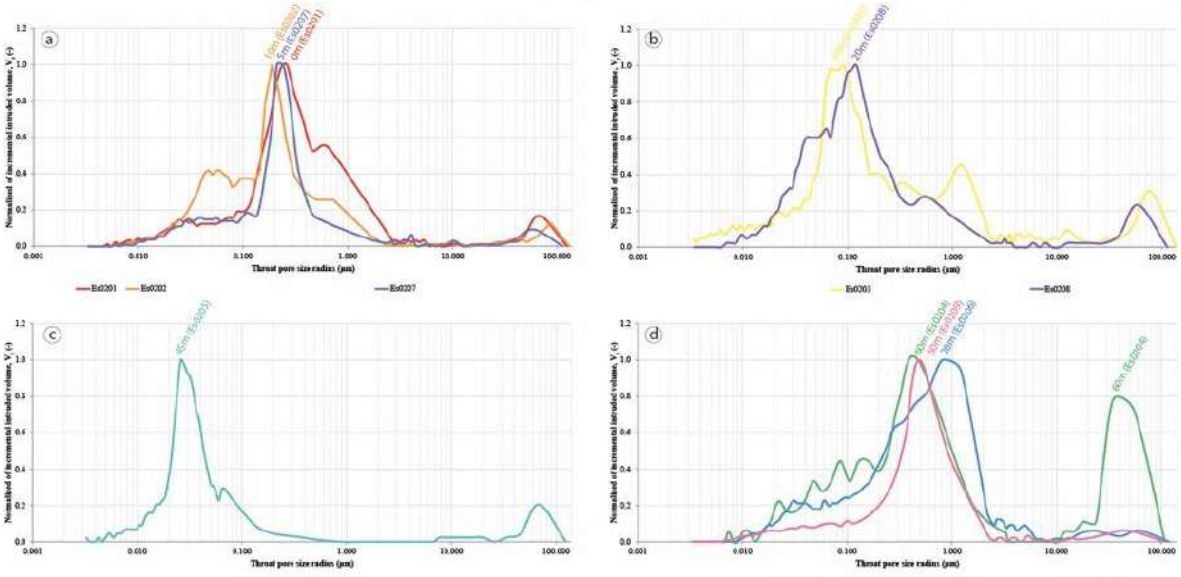


Fig.3 *Volumen vs. tamaño de garganta de poro. a) Es0201, Es0207, Es0202. b) Es0203, Es0208. c) Es0205. d) Es0204, Es0209, Es0206.*

CONCLUSIONES. El análisis de los resultados indica que el grado de soldamiento está estrechamente relacionado con la resistencia máxima de la roca, así como con la disminución del porcentaje de poros, su tamaño y distribución. Este comportamiento contrasta con el soldamiento indicado por el aplanamiento de pómez contra las demás propiedades físicas y la resistencia mecánica. En los depósitos afectados por procesos hidrotermales, la disminución de la porosidad por la deposición de minerales (cristalización secundaria), incrementa tanto la densidad como la resistencia de la roca.

REFERENCIAS.

1. ASTM International. 2008. *Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens* (ASTM D3967-08). ASTM International.
2. ASTM International. 2018. *Standard test method for determination of pore volume and pore volume distribution of soil and rock by mercury intrusion porosimetry* (ASTM D4404-18). ASTM International.

3. ASTM International. 2014. *Standard test method for specific gravity of soil solids by gas pycnometer* (ASTM D5550-14). ASTM International.
4. ASTM International. 2021. *Standard test methods for laboratory determination of density and unit weight of soil specimens* (ASTM D7263-21). ASTM International.
5. ASTM International. 2014. *Standard test methods for compressive strength and elastic moduli of intact rock core specimens under varying states of stress and temperatures* (ASTM D7012-14e1). ASTM International.
6. Branney MJ, and Kokelaar P. 2002. *Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites.* Geological Society, London, Memoirs, 27. https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2003.027
7. Dinçer I, and Bostanci M. 2019. *Capillary water absorption characteristics of some Cappadocian ignimbrites and the role of capillarity on their deterioration.* Environmental Earth Sciences, 78, 7. https://doi.org/10.1007/s12665-018-7993-2
8. Hasenaka T, and Carmichael ISE. 1985. *A compilation of location, size, and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacán - Guanajuato Volcanic Field, Central Mexico.* Geofísica Internacional, 24(4), 577–607. https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1985.24.4.2179
9. Jácome-Paz MP, Pérez-Zárate D, Prol-Ledesma RM, Rodríguez-Díaz AA, Estrada-Murillo AM, González – Romo IA, Magaña-Torres E. 2019. Two new geothermal prospects in the Mexican Volcanic Belt: La Escalera and Agua Caliente – Tzitzio geothermal springs, Michoacán, México. Geothermics, Volume 80, 44-55. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.02.004.
10. Quane SL, and Russell JK. 2005. *Ranking welding intensity in pyroclastic deposits.* Bulletin of Volcanology, 67 (2), 129-143. https://doi.org/10.1007/s00445-004-0367-5
11. Selçuk L, and Beyaz T. 2021. *Welding intensity assessment of pyroclastic units based on engineering quality requirements.* Arabian Journal of Geosciences, 14, 382. https://doi.org/10.1007/s12517-021-06776-2

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224189

IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA PROPUESTA DE UN MODELO LINEAL DE LA SIMULACIÓN 2D DE UN ÁLABE OSCILANTE USADO EN GENERACIÓN DE ENERGÍA DE CORRIENTE

Rodolfo Agustín Alcalá Bucio[1], Alicia Aguilar Corona[2], Bernardo Figueroa Espinoza[3], Ernesto Ramón Cornelio Martínez[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0332476f@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alicia.aguilar@umich.mx

3 Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Sisal; bfigueroae@iingen.unam.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1237921f@umich.mx

Palabras Clave: Simulación, álabe oscilante, energía mareomotriz, OpenFOAM, Adimensionalización, Identificación de parámetros

RESUMEN. El uso de las energías renovables es uno de los temas que más se abordan en diferentes foros nacionales e internacionales, en este sentido, México cuenta con recursos naturales con un alto potencial para su aprovechamiento. La energía mareomotriz podría ser una buena alternativa gracias a la alta densidad del agua comparada con el aire, pero es un amplio y complejo campo de estudio. El presente trabajo utiliza una propuesta de configuración de alabe oscilante que a diferencia de las turbinas comerciales promete un menor impacto a la vida marina y ecosistema de la región. En esta propuesta se desea controlar el movimiento lineal (vertical) de un álabe tipo NACA simétrico inmerso en una corriente de agua, por medio de la modificación del ángulo de ataque mediante la aplicación un torque en su centro de masa. El estudio numérico es realizado en 2D utilizando una malla dinámica. En el área de la investigación por simulación y experimentación, la identificación de parámetros es particularmente importante para validar modelos matemáticos, predecir comportamientos u optimizar el sistema del fenómeno estudiado. Se propone un modelo matemático lineal con el que se hace identificación de parámetros a partir de datos obtenidos de simulaciones hechas en el software OpenFoam. El resultado de este trabajo permite evaluar la factibilidad del sistema lineal propuesto, así como la realización de una propuesta de optimización.

INTRODUCCIÓN. Nuestro país con zonas de potencial eólico considerable para generación de energía, así como un litoral en los océanos Atlántico y Pacífico que permite explorar ambas fuentes de energía; eólica y mareomotriz. En especial, las corrientes marinas representan una fuente prometedora de energía que, debido a su naturaleza dispersa, presentan un reto y oportunidad de estudio prometedor [1,2]. La propuesta de un sistema de álabe oscilante que aproveche la energía del cabeceo y elevación derivados del flujo de corriente tanto como de agua y aire es interesante y novedoso. Las turbinas giratorias convencionales de eje horizontal presentan eficiencias energéticas bajas comparadas con las turbinas eólicas y perjudican la vida marina y ecosistema de la región [6,7]. La investigación propuesta explora la dependencia de factores como el amortiguamiento,

momento de inercia y sobre todo ángulo de ataque con la generación de energía de un sistema de álabe oscilante de control activo. Se propone un modelo matemático lineal con el que se hace identificación de parámetros a partir de datos obtenidos de simulaciones.
El resultado de este trabajo permite evaluar la factibilidad del sistema lineal propuesto, así como la realización de una propuesta de optimización en las simulaciones. El estudio es bidimensional, resolviendo las simulaciones usando el software OpenFOAM que resuelve las ecuaciones de balance de la dinámica de fluidos usando volúmenes finitos. Se crea una malla dinámica que le permite al álabe moverse en un rango predefinido (angular y lineal) según los parámetros de la simulación.

ANTECEDENTES. La extracción de energía a partir de corrientes de fluidos como el aire y el agua permiten la transición al uso de energías renovables como la eólica y la mareomotriz. Existen variables como la velocidad de la corriente, la salinidad del agua, gradientes de temperatura son primordiales para la generación de energía. Aún si la física es la misma para la energía eólica y mareomotriz. Sin embargo, el solo hecho que el agua posea mayor densidad que el aire, sería posible obtener mayor energía para corrientes marinas y fluviales comparándola con la del viento. Esto hace de la energía mareomotriz un campo de investigación interesante desde el punto de vista académico, económico y social [1,2], menos investigado comparado con la energía eólica. A nivel mundial se ha generalizado el uso de turbinas de eje horizontal [3,4] para corrientes marinas, comúnmente llamadas tipo HAWT, como las usadas para corrientes de aire. El principio de funcionamiento es el mismo pero las condiciones cambiantes de las corrientes marinas y las duras condiciones ambientales hacen que su uso comercial sea realmente complicado. Aunado a esto, se debe sumar que los parques energéticos afectan el ecosistema y la vida marina de la región [6,7]. Un sistema de aprovechamiento de energía más simple y que afecta en menor medida la vida marina (si nadara cerca de él) es el sistema de álabe oscilante o también llamados molinos de alas, propuesto en un inicio por Mckinsey y D'Lauriel en 1981 [5], el cual está basado en el principio del vuelo de las aves. Este es un diseño de aprovechamiento energético más simple y que afecta en menor medida el ecosistema [6,7]. La alta eficiencia y otras características de igual modo importantes han motivado investigaciones recientes en el ámbito de la simulación y prototipos experimentales que sugieren que la eficiencia de los álabes oscilantes es comparable con la de las turbinas [7, 8, 9, 10, 14, 15]. Actualmente se desarrollan numerosas investigaciones con simulaciones y prototipos motivados por la alta eficiencia y entre otras características potenciales. Un trabajo particularmente interesante debido a su configuración es el realizado por Kinsey et al [8], quien usó una configuración pasiva de tándem, donde el álabe estaba conectado a un mecanismo de cuatro barras que restringe el cabeceo y levantamiento del álabe. Los resultados de esta configuración mostraban eficiencias en el orden del 40%. Existe poca literatura donde se vincula el control de lazo cerrado y los álabes oscilantes [16,17]. Mientras que un control por lazo cerrado permite la implementación de un controlador para manipular el cabeceo, el control por lazo abierto recibe energía, pero no hay retroalimentación; la acción de control no depende de ninguna medición en tiempo real. Estudios teóricos y numéricos sobre el tema abordan configuraciones de sistemas bidimensionales activos o semiactivos inmersos en un flujo uniforme, donde la forma aerodinámica se especifica a través de la convención NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) [13, 14, 19]. Una de las dificultades que se presenta al estudiar la relación entre fluido-estructura es debido a que las ecuaciones hidrodinámicas que gobiernan el fenómeno no son lineales por lo que se recurre

comúnmente a estudiarlo de manera numérica. Para resolver esta problemática hacen la consideración a priori de que el movimiento del álabe debe ser sinusoidal. En estos casos la eficiencia se puede calcular asumiendo que un generador puede extraer energía del movimiento de cabeceo del álabe. Para un apego más apropiado a la realidad la interacción fluido-estructura debe ser estudiada considerando las ecuaciones vinculadas tanto al fluido como al objeto sólido. Las investigaciones experimentales que se apegan a estas condiciones han demostrado obtener una eficiencia menor a las reportadas por los resultados numéricos [8]. En la investigación de Balam-Tamayo, D. et al del 2021 [18] se propone la implementación de una interacción entre fluido-cuerpo sólido completamente acoplada mientras se utiliza un esquema de control de retroalimentación de lazo cerrado en un álabe oscilante. Sin embargo, la ley de control implementada es relativamente simple y tiene como objetivo establecer el ángulo de ataque de tal manera que tenga la máxima sustentación. Se debe tener en cuenta que esta elección de ángulo de ataque aún no puede demostrar que es la óptima en términos de eficiencia. La interacción del fluido con el álabe es un fenómeno complejo y actualmente no existe un modelo analítico que sintetice una ley de control que sea óptima para los fenómenos hidrodinámicos y la obtención de energía.
Por ello, la identificación de parámetros ayudara a identificar las variables importantes que permitirán establecer la dependencia con el fenómeno propuesto y poder optimizar los tiempos de simulación, así eventualmente, se podrá hacer una propuesta que contemple una ley de control de lazo cerrado que considere la interacción fluido-sólido y que permita la mayor obtención de energía de un sistema de álabe oscilante.

OBJETIVO. Identificar los parámetros clave que influyen en la eficiencia de un sistema de álabe oscilante destinado a la obtención de energía mareomotriz en una propuesta de simulación en 2D.

MATERIALES Y MÉTODOS. Aplicando el teorema de Pi-Buckingham se busca obtener una serie de números adimensionales que integren las diferentes variables involucradas en el fenómeno con la finalidad de hacer comparaciones con otros trabajos. Se indaga entre diferentes técnicas numéricas capaces de simular el acoplamiento fluido estructura y aplicadas a la recolección de energía de corriente. Probar y seleccionar la más adecuada para el objeto de la presente investigación. Realizar un algoritmo de búsqueda que permita controlar el ángulo de ataque en función de la fuerza de sustentación con el fin de extraer energía. Las simulaciones se realizan el software de uso libre OpenFoam considerando una malla dinámica que permita el movimiento del álabe tanto en forma angular como lineal. Identificación de los parámetros que tienen mayor efecto en el estudio, con los resultados obtenidos de las simulaciones se prueban esquemas de identificación de parámetros que describan correctamente la compleja interacción fluido-estructura. Esto permite usar el modelo simplificado para proponer esquemas de control que sirvan para mejorar los tiempos de simulación y proponer una ley de control más precisa que proporcione mayores ventajas energéticas, de lo contrario elegir otro. Probar los diferentes esquemas de control de lazo cerrado existentes e implementar el que permita la retroalimentación con los valores de salida (ángulo de ataque) previamente establecido, seleccionando el que arroje los mejores resultados de eficiencia.

RESULTADOS. Para el presente trabajo se diseñó un perfil aerodinámico NACA0015 debido a su simetría. Se considera una malla dinámica que permita el movimiento del álabe

tanto en forma angular como lineal. Las simulaciones 2D se realizaron en OpenFoam con el modelo de turbulencia k-ω y los solucionadores simpleFoam y pimpleFoam. Se generó una malla dinámica usando snappyHexMesh.

La Fig. 1 plantea el problema de incidencia de un flujo horizontal que incide en el perfil de alabe con un cierto ángulo de ataque, el cual será controlado mediante la aplicación de un torque que busca mantenerlo en un cierto valor de referencia. En el centro de masa del alabe se coloca un generador de donde obtendrá la energía proveniente de las fuerzas hidrodinámicas.

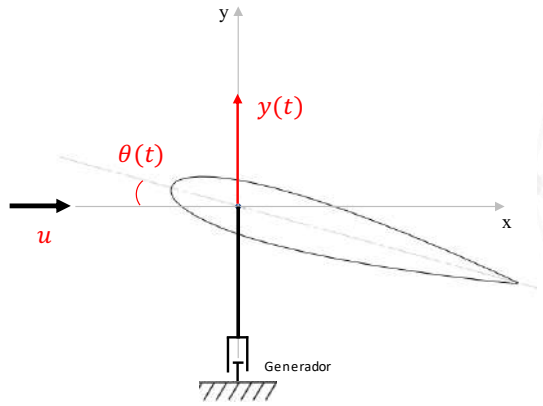


Figura 1. *Esquema del planteamiento del problema para el presente caso de estudio.*

Las ecuaciones que gobiernan este fenómeno son la segunda ley de Newton y la ecuación para el momento de inercia, mostradas a continuación. Cabe mencionar que en las ecuaciones ya considera la acción de control del ángulo de ataque suministrado mediante el torque.

$$M\ddot{y} = -b\dot{y} + e_y \cdot \int_S \sigma \cdot \boldsymbol{n}\, dS$$

$$J\ddot{\theta} = -b_\theta \dot{\theta} + e_z \cdot \int_S (\sigma \cdot \boldsymbol{n}) \times \boldsymbol{r}_S\, dS + T$$

$$T = Ke$$

$$e = \alpha_{ref} - \theta$$

Aplicando la teoría de Pi- Buckingham se obtienen nueve números adimensionales como en el trabajo realizado en [18], donde aparecen ciertos números ya conocidos en el área de fluidos. Esta metodología se base en hacer una diferencia entre el número de variables y el número de dimensiones de estas.
La lista de números son los siguientes:

1. Eficiencia: $\eta = \frac{P/s}{1/2\rho U^3 h_0}$
2. Número de Reynolds: $Re = \frac{\rho U c}{\mu}$
3. Cabeceo adimensional: $H = \frac{h_0}{c}$
4. Inercia lineal: $\pi_1 = \frac{M}{\rho c^3}$
5. Inercia rotacional: $\pi_2 = \frac{J}{\rho c^5}$
6. Relación de amortiguamiento adimensional: $\pi_3 = \frac{b}{\rho U c^2}$

7. Ganancia de amortiguamiento: $\pi_4 = \frac{K}{\rho U^2 c^3}$
8. Numero de Strouhal: $St = \frac{fc}{U}$
9. Relación relativa (liquido-solido): $D = \frac{\rho}{\rho_a}$

La identificación de parámetros es una metodología que determina los valores de los parámetros de un modelo matemático a partir de datos experimentales o numéricos, que busca ajustarlos lo mejor posible a los datos reales. A partir de datos obtenidos de simulaciones hechas en el software OpenFoam, se propone un modelo matemático lineal con el que se hace identificación de parámetros. La Fig. 2 muestra el esquema de control usado en este procedimiento.

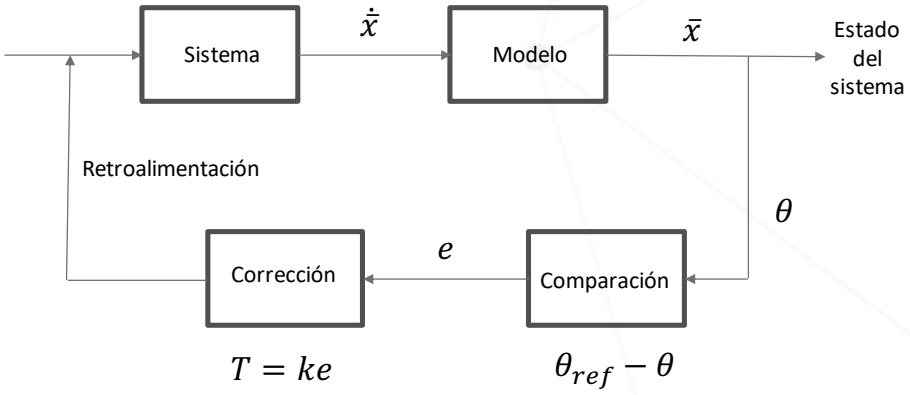


Figura 2. *Esquema de control*

Se propone una ecuación lineal del tipo:

$$\dot{\bar{x}} = A\bar{x} + B\bar{u}$$

La ecuación lineal sería mas precisa si consideramos agregar los términos de coeficientes de sustentación (CL) y arrastre (CT); que son particularmente importantes ya que nuestro control depende de ellos.

$\dot{\bar{x}} = A\bar{x} + f(CL) + g(CT) + B\bar{u}$

Donde:

$$A'\bar{x} = f(CL)$$
$$A''\bar{x} = g(CT)$$
$$\bar{u} = \pi_4(\theta_{ref} - \theta)$$
$$\dot{\bar{x}} = \begin{bmatrix} \ddot{y} \\ y \\ \ddot{\theta} \\ \theta \end{bmatrix}$$
$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \dot{y} \\ y \\ \dot{\theta} \\ \theta \end{bmatrix}$$

Las ecuaciones mencionadas anteriormente que gobiernan el fenómeno se integran en una ecuación matricial expresada en términos de los números adimensionales y donde aparecen los coeficientes CL y CT.

$$\begin{bmatrix}\ddot{y}\\ y\\ \ddot{\theta}\\ \theta\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\pi_3/\pi_1 & 0 & 0 & 0\\ 1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\dot{y}\\ y\\ \dot{\theta}\\ \theta\end{bmatrix}+\frac{s}{2c}\begin{bmatrix}CL/\pi_1\\ 0\\ CT/\pi_2\\ 0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\ 0\\ 1/\pi_2\\ 0\end{bmatrix}\pi_4(\theta_{ref}-\theta)$$

De la ecuación lineal de estado propuesta se identifican dos parámetros: Γ y Λ. Cuyo valor puede ser calculado conociendo a CL y CT y aplicando una aproximación de mínimos cuadrados por medio del cálculo de la pseudo-inversa de de $\bar{x}$.

$$A'\bar{x}=\frac{s}{2c\pi_1}\begin{bmatrix}CL\\ 0\\ 0\\ 0\end{bmatrix}=\Gamma \quad \Rightarrow \quad A'=\Gamma\, pinv\bar{x}$$

$$A''\bar{x}=\frac{s}{2c\pi_2}\begin{bmatrix}0\\ 0\\ CT\\ 0\end{bmatrix}=\Lambda \quad \Rightarrow \quad A''=\Lambda\, pinv\bar{x}$$

El calculo de la pseudo-inversa se realiza mediante el uso de Matlab.

CONCLUSIONES. La identificación de parámetros es particularmente importante para entender y optimizar la obtención de energía de sistemas complejos como la energía mareomotriz, estimando valores de los parámetros que influyen en su eficiencia. La validación de los resultados mediante pruebas de simulación y experimentales es fundamental para garantizar la precisión y confiabilidad de los parámetros identificados. La ecuación lineal propuesta se apega a los resultados obtenidos de la simulación solo para los primeros ciclos de oscilación, sin embargo, rápidamente se diverge. Suponemos que esto se debe a que el fenómeno es no lineal, por lo que se debe buscar una propuesta de ecuación no lineal que satisfaga mejor el fenómeno. En el futuro se busca el diseño e implementación de un dispositivo experimental con el que se puedan validar los resultados obtenidos en la presente investigación

REFERENCIAS.

1.Bahaj, A.S. Generating electricity from the oceans. Renew. Sustain. Energy Rev. 2011, 15, 3399¿3416.
2.Da Rosa, A.V. Fundamentals of Renewable Energy Processes; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2012.
3.Rourke, F.O.; Boyle, F.; Reynolds, A. Marine current energy devices: Current status and possible future applications in Ireland. Renew. Sustain. Energy Rev. 2010, 14, 1026¿1036.
4.Rourke, F.O.; Boyle, F.; Reynolds, A. Tidal energy update 2009. Appl. Energy 2010, 87, 398¿409.
5.McKinney, W.; DeLaurier, J. Wingmill: An oscillating-wing windmill. J. Energy 1981, 5, 109¿115.
6.Zhu, Q. Optimal frequency for flow energy harvesting of a flapping foil. J. Fluid Mech. 2011, 675, 495¿517.
7.Kinsey, T.; Dumas, G. Testing and analysis of an oscillating hydrofoils turbine concept. In Proceedings of the ASME 2010 3rd Joint US-European 8. Fluids Engineering Summer Meeting collocated with 8th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels; American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, USA, 2010; pp. 9¿22.
8.Kinsey, T.; Dumas, G.; Lalande, G.; Ruel, J.; Mehut, A.; Viarouge, P.; Lemay, J.; Jean, Y. Prototype testing of a hydrokinetic turbine based on oscillating hydrofoils. Renew. Energy 2011, 36, 1710¿1718.
9.Simpson, B.J.; Hover, F.S.; Triantafyllou, M.S. Experiments in direct energy extraction through flapping foils. In Proceedings of the Eighteenth International Offshore and Polar Engineering Conference, Vancouver, BC, Canada, 6¿11 July 2008; International Society of Offshore and Polar Engineers: Cupertino, CA, USA, 2008.

10.Simpson, B.J.; Licht, S.; Hover, F.S.; Triantafyllou, M.S. Energy extraction through flapping foils. In Proceedings of the ASME 2008 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Estoril, Portugal, 15¿20 June 2008; American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, USA, 2008; pp. 389¿395.
11.The Engineering Business Limited Ltd. Research and Development of A 150 kw Tidal Stream Generator. T/06/00211/00/REP, Department of Trade and Industry Crown Copyright 2002.
12.The Engineering Business Limited Ltd. Stingray Tidal Stream Energy Device¿Phase 2, T/06/00218/00/REP. The Engineering Business Ltd.: Stocksfield, UK, 2003.
13.The Engineering Business Limited Ltd. Stingray Tidal Stream Energy Device¿Phase 3, T/06/00230/00/REP, Department of Trade and Industry Crown Copyright 2005.
14.Young, J.; Lai, J.C.; Platzer, M.F. A review of progress and challenges in flapping foil power generation. Prog. Aerosp. Sci. 2014, 67, 2¿28.
15.Xiao, Q.; Zhu, Q. A review on flow energy harvesters based on flapping foils. J. Fluids Struct. 2014, 46, 174¿191.
16.Maeda, D.; Morishita, E. Numerical Simulation for Feedback Control of Airfoil Oscillation in Incompressible Flow. Trans. Jpn. Soc. Aeronaut. Space Sci. 2006, 49, 117¿124.
17.Mandre, S.; Breuer, K.; Strom, B.; Miller, M.; Franck, J.; Kim, D. Kinetic Energy Harvesting Using Cyber-Physical Systems. US 2014/0203558 A1. 2014.
18.Balam-Tamayo, D.; Málaga, C.; Figueroa-Espinoza, B. Numerical Study of an Oscillating-Wing Wingmill for Ocean Current Energy Harvesting: Fluid-Solid-Body Interaction with Feedback Control. J. Mar. Sci. Eng. 2021, 9, 23.
19.J. C. Veilleux y G. Dumas, 2017. Numerical optimization of a fully-passive flapping-airfoil turbine. J. Fluids and Structures 70, 102¿130.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224193

IMPORTANCIA DEL PELIGRO SÍSMICO EN LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE MORELIA

Juan Luis Calderón Fuentes[1], José Manuel Jara Guerrero[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1542114h@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.jara@umich.mx

Palabras Clave: Vulnerabilidad, suelo, pseudo-aceleración.

RESUMEN. Debido a que Morelia se encuentra dentro de la zona sísmica C y por la ocurrencia de temblores se pueden presentar intensidades moderadas a altas, el conocimiento de las propiedades físicas y dinámicas de los suelos es una componente muy importante en la estimación del peligro y vulnerabilidad sísmica de la ciudad. Ante la ocurrencia de temblores, las intensidades de movimiento pueden ser amplificadas por efectos de sitio y como consecuencia se aumenta la probabilidad de daño en las estructuras. Como parte inicial en el desarrollo de este trabajo de investigación, se identificaron estudios de mecánica de suelos profundos mediante sondeos mixtos distribuidos en la ciudad de Morelia, donde se determinaron parámetros que incluyen estratigrafías y tipos de suelos, con base en los cuales se estiman velocidades de ondas de corte y periodos de vibración. Estos parámetros son muy relevantes por su relación con factores de amplificación del terreno y la evaluación de intensidades sísmicas esperadas para los distintos tipos de suelo. Para la vulnerabilidad se usó un método empírico con el que se estimaron índices basados en la frecuencia predominante de la capa superficial y el factor de amplificación del movimiento. Como resultados se obtuvieron las distribuciones espaciales de las posibles amplificaciones sísmicas y los niveles de vulnerabilidad del suelo, y cuya relación resultó en la identificación de las zonas de la ciudad con más susceptibilidad de probabilidad de daño en las construcciones.

INTRODUCCIÓN. La determinación de la vulnerabilidad sísmica de una ciudad es fundamental para la aplicación de los planes de desarrollo urbano y establecer medidas de mitigación de desastres naturales. La elaboración de mapas en Sistemas de Información Geográfica (SIG), facilita la interpretación y divulgación de la información sobre las zonas de niveles de vulnerabilidad y la probabilidad de la presencia de daño en las estructuras.
Morelia se encuentra dentro de la zona sísmica C, donde la ocurrencia de un sismo puede generar intensidades moderadas a altas. La evaluación del riesgo sísmico requiere utilizar dos componentes: la vulnerabilidad y el peligro, lo que permite estimar las consecuencias que futuros temblores pueden originar en la ciudad. El presente trabajo se centra en la estimación de la vulnerabilidad sísmica asociada a las características del suelo mediante el cálculo de índices y su relación con las intensidades de pseudo-aceleración determinadas en un estudio de peligro sísmico.

ANTECEDENTES. Akkaya (2020), evaluó la vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Van en el este de Turquía, mediante índices (Kg) que dependen de las propiedades dinámicas del

suelo, relacionando los periodos de vibrar del suelo y la estructura, y tomando en cuenta las amplificaciones por efectos de sitio. El análisis del sitio se basó en una evaluación de los daños originados por el sismo del 23 de octubre de 2011 en Van con Mw=7.1.
El índice de vulnerabilidad del suelo se calculó mediante ecuaciones que dependen de parámetros como el factor de amplificación máxima de los cocientes de espectros de Fourier de la componente horizontal entre la vertical (H/V) y la frecuencia predominante del suelo. Estos a su vez, dependen de las características geotécnicas del suelo del sitio (velocidad de ondas de corte, tipo de suelo, espesor de los estratos, profundidad hasta el estrato resistente o firme, entre otros). Con respecto a las frecuencias del suelo, se determinaron con base en la información de 200 estaciones distribuidas en la ciudad con lo que se obtuvieron espectros de amplitudes de Fourier para las componentes Norte-Sur, Este-Oeste y la componente vertical. Para evaluar los daños, se tomó una muestra de 188 edificios, que se agruparon en tipologías de acuerdo con el número de niveles (de dos a nueve), el nivel de daño (menor, moderado, fuerte o colapso), detalles del refuerzo de los elementos estructurales y las irregularidades encontradas (torsión, planta débil, irregularidad en planta, columna corta o irregularidad en los marcos). Se determinó que 94 edificios no tuvieron daño, 26 tuvieron daño moderado, 58 daño fuerte y 10 colapsaron, siendo la planta baja débil y la irregularidad en planta los principales causantes de daños fuertes o colapso. Como resultado se obtuvo que los sitios con valores del índice Kg>10 son altamente vulnerables al daño estructural, especialmente en las zonas cercanas al lago de la misma ciudad y las más densamente pobladas, con lo que el autor resalta la importancia de tomar en cuenta los efectos de sitio, sus propiedades y las fuentes de irregularidad estructural en los estudios de vulnerabilidad sísmica. Autores como Nurwidyanto et al. (2024), Rohmah et al. (2023) y Sunaryo (2017) también han propuesto metodologías similares a la descrita con anterioridad para el estudio de ciudades con alta actividad sísmica.

OBJETIVO. Determinar la distribución espacial de los niveles de vulnerabilidad del suelo en la ciudad de Morelia a través del cálculo de índices Kg para diferentes periodos naturales de vibrar (Tn=0s, 0.1s,0.2s,0.3s,0.5s,1s,1.24s,1.5s, máximos), construir mapas en un sistema de información geográfica (SIG), y comparar la zonificación de vulnerabilidad con la de intensidades de pseudo-aceleración (PSA) de los espectros de peligro uniforme (EPU) para diferentes Tn y periodos de retorno, Tr, obtenidos del estudio de peligro sísmico realizado por Estrada Cortez (2024).

MATERIALES Y MÉTODOS. El cálculo de índices de vulnerabilidad del suelo se basó en la modificación de la ecuación propuesta por Nakamura (1997):

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g}$$

Donde:

$$K_g = Índice\ de\ vulnerabilidad\ del\ suelo$$
$$A_g = Factor\ de\ amplificación\ considerado\ como\ el\ cociente\ espectral$$
$$F_g = Frecuencia\ predominante$$

Los intervalos de los niveles de vulnerabilidad usados fueron los presentados por Akkaya (2020) y que se muestran en la Tabla 1.

Intervalo de K_g	Nivel de vulnerabilidad
$K_g \leq 3$	Bajo
$3 < K_g < 5$	Moderado
$5 < K_g \leq 10$	Alto
$K_g \geq 10$	Muy alto

Tabla 1. *Relación de los valores de Kg y el nivel de vulnerabilidad. Adaptado de Akkaya (2020).*

Para obtener el factor de amplificación y la frecuencia predominante del suelo se implementó el método de los cocientes espectrales, para el cual se utilizaron registros sísmicos y 49 sondeos realizados en Morelia como parte de estudios de mecánica de suelos (EMS) para determinar características estratigráficas en diferentes sitios. Las señales sísmicas de un lugar de terreno firme se transfirieron a superficie libre con el software SeismoSoil v1.3 (Asimaki y Shi, 2017), utilizando las propiedades estratigráficas como la velocidad de ondas de corte, densidad, amortiguamiento y espesor de los estratos de suelo. Los cocientes espectrales se obtuvieron con base en el cociente de los espectros de respuesta en la superficie libre entre los espectros de respuesta del sitio de terreno firme. Este análisis proporciona, además de las amplificaciones esperadas en los suelos, sus frecuencias dominantes, información necesaria para determinar la vulnerabilidad.

RESULTADOS. Los análisis de peligro realizados por Estrada Cortez (Comunicación personal, 2024) determinaron intensidades esperadas en Morelia con base en Espectros de Peligro Uniforme (EPU). Estas intensidades se caracterizan por tener la misma tasa de excedencia en todos los periodos estructurales analizados. Por su parte, la tasa de excedencia se define como el número de veces que en promedio se excede por año la intensidad seleccionada en los análisis. Es decir, seleccionado un periodo de retorno, la tasa de excedencia de cada una de las ordenadas espectrales del EPU es la misma. La Figura 1 muestra, como ejemplo, la distribución espacial de PSA para un periodo de retorno de 475 años y un periodo espectral de 0.5 s. Como se observa, las zonas de mayor intensidad esperada se localizan en sitios del oriente de la ciudad de Morelia.

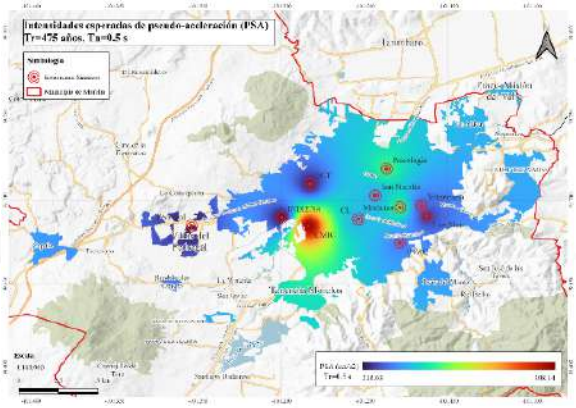


Figura 1. *Mapa de distribución de intensidades esperadas de PSA para un Tr=475 y Tn=0.5s. Elaboración propia con base en los análisis de Estrada (2023).*

Las Figuras 2 y 3 muestran, como ejemplo, dos mapas de los niveles de vulnerabilidad obtenidos para toda la ciudad de Morelia para periodos de Tn=0.5 y 1.24s (f=2 y 0.81 Hz). Como se observa, para un Tn=0.5s (Figura 2), en su mayoría, se encuentran niveles bajos a moderados, concentrando los mayores valores hacia el oriente de Morelia. Por otro lado, para el Tn=1.24 s (Figura 3), la ciudad mayormente tiene niveles moderados y altos de vulnerabilidad, destacando pequeñas zonas con baja vulnerabilidad en el oriente.

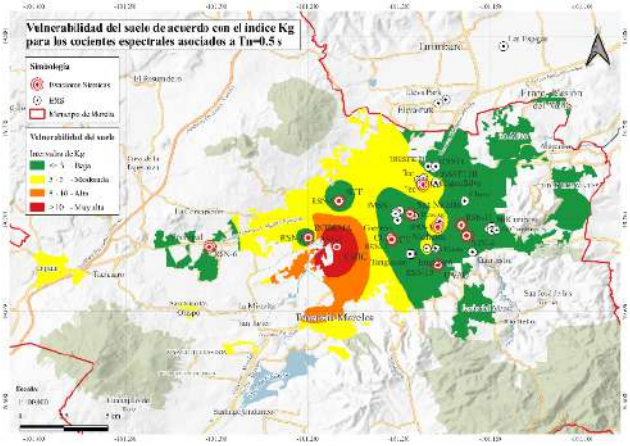


Figura 2. *Mapa de distribución de niveles de vulnerabilidad para un Tn=0.5s. Elaboración propia.*

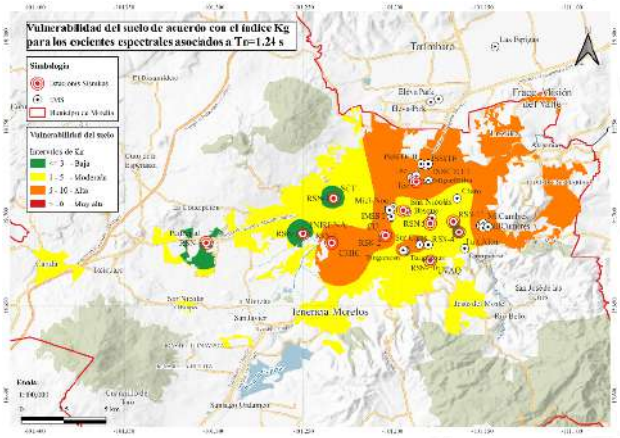


Figura 3. *Mapa de distribución de niveles de vulnerabilidad para un Tn=1.24s. Elaboración propia.*

CONCLUSIONES. Comparando la localización de las mayores aceleraciones del suelo y los niveles de vulnerabilidad, se concluye que las zonas al oriente de Morelia tienen mayor probabilidad de registrar intensidades sísmicas del terreno importantes y, por ello, hacer más vulnerable a las estructuras de esa zona de la ciudad. En trabajos futuros, deberían estudiarse tipologías de las construcciones de Morelia, estimar su capacidad sísmica y finalmente, con base en resultados como los aquí presentados, determinar el riesgo sísmico de la región.

REFERENCIAS.

1. Akkaya, I. (enero de 2020). Availability of seismic vulnerability index (Kg) in the assessment of building damage in Van, Eastern Turkey [Con formato: Inglés (Estados Unidos)]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 19(1), 189-204. https://doi.org/10.1007/s11803-020-0556-z

2. Asimaki, D., y Shi, J. (2017). SeismoSoil User Manual, v1.3 [Con formato: Inglés (Estados Unidos)]. https://www.asimaki.caltech.edu/resources/software/SeismoSoil_manual_v1p3.pdf
3. Estrada Cortez, A. (2 de septiembre de 2024). Comunicación personal.
4. Nakamura, Y. (noviembre de 1997). Seismic vulnerability indices for ground and structures using microtremor [Con formato: Inglés (Estados Unidos)]. World Congress on Railway Research. https://www.sdr.co.jp/papers/wcrr_vulnerability_indices.pdf
5. Nurwidyanto, M. I., Yuliyanto, G., y Yulianto, T. (julio de 2024). Micro Zonation to Earthquake Vulnerability in West Semarang Coastal Indonesia Area Based on HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) Microtremor Method [Con formato: Inglés (Estados Unidos)]. International Journal of Research and Review, 11(7), 109-115. https://doi.org/10.52403/ijrr.20240711
6. Rohmah, S., Susilo, A., Yudianto, D., Hisyam, F., Suryo, E. A., y Sarjiyana. (2023). Analysis of Seismic Vulnerability Index Based on Microtremor Investigation (Case Study of Majangtengah Village, Dampit, Malang Regency) [Con formato: Inglés (Estados Unidos)]. Proceedings of the 12th International Conference on Green Technology (ICGT 2022), 149-158. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-148-7_16
7. Sunaryo. (2017). Study of seismic vulnerability index (Kg) from dominant frequency (f0) and amplification factor (A0) by means of microzonation data: Case study on Batubesi dam of Nuha, East Luwu, South Sulawesi, Indonesia [Con formato: Inglés (Estados Unidos)]. 2017 International Seminar on Sensors, Instrumentation, Measurement and Metrology (ISSIMM), 77-81. https://doi.org/10.1109/ISSIMM.2017.8124266

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224195

SOLIDIFICACIÓN DINÁMICA DE HIERROS BLANCOS ALTO CROMO CON ADICIONES DE TITANIO

Vanessa Arredondo Flores[1], Arnoldo Bedolla Jacuinde[2], Adria Del Pozo Mares[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1342152c@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; arnoldo.bedolla@umich.mx
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; adpm182@gmail.com

Palabras Clave: Hierros blancos, solidificación dinámica, alto cromo, carburos de titanio.

RESUMEN. El enfoque de este proyecto, se sitúa en el efecto causado mediante la solidificación dinámica en una fundición blanca alto cromo con variaciones de titanio, para fines de comparación la solidificación estática (vaciado por gravedad), donde se emplea la aleación de referencia hierro ASTM A532-87 Clase II. Estas aleaciones son particularmente efectivas en industrias de arenas bituminosas, minería, reciclaje y fracturación hidráulica. Los hierros blancos con alto contenido de cromo lideran actualmente los diversos campos de aplicación y son considerados como uno de los mejores materiales, principalmente utilizándose en piezas mecánicas sometidas a un desgaste severo tales como bombas, impulsores y revestimientos de succión o cojinetes son algunos de los usos más comunes. Las adiciones de titanio varían de 0%, 0.8%, 1 y 2.5%, con la finalidad de logar una modificación microestructural de la aleación base específicamente con los carburos de titanio, el propósito de este es incrementar su resistencia al desgaste, para ser implementada en aplicaciones donde se requiere una alta oposición al desgaste, con el fin de sustituir u optimizar las aleaciones similares ya existentes. El estudio de las aleaciones se llevó a cabo en condiciones de colada y después al ser tratadas térmicamente, al igual el proceso se realizó con las técnicas de Microscopía Óptica (MO), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Difracción de Rayos-X (DRX).

INTRODUCCIÓN. El desarrollo tecnológico de materiales es fundamental en la fabricación de equipos que operan en condiciones extremas al incorporar más calidad, permitiendo una mayor vida útil y menores costos de producción. El hierro blanco es una clasificación del sistema Hierro-Carbono con un contenido de carbono superior al 2%, su rentabilidad se deriva del bajo punto de fusión que posee. El hierro blanco con un alto contenido de cromo es una aleación ferrosa la cual contiene de 11-30% en peso de cromo y 1.8-3.6% en peso de carbono, es resistente a la erosión y a la abrasión. Su microestructura se compone de carburos y martensita; los carburos del hierro blanco al cromo tienen un rango de dureza de 1500-1800HV y son principalmente carburos eutécticos, lo cual depende de su estequiometria, estructura cristalina y de los elementos que lo componen (Laird, Gundlach, & Röhrig, 2000). Una forma de modificar los carburos en la microestructura es agregar elementos de aleación que formen carburos, que generalmente son metales de transición, como el Titanio, el cual la mayor afinidad con el carbono (Zhu et al., 2022).

OBJETIVO. Evaluar el cambio microestructural entre las condiciones de solidificación estática y de solidificación dinámica. Estudiar los productos (M7C3 y TiC) que se obtienen mediante la adición de cromo y titanio en la microestructura. Cuantificar el volumen de las fases presentes por medio de análisis de imagen con ayuda del software sigmascan.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las aleaciones se fabricaron en un horno de inducción abierto, utilizando elementos puros, para la obtención de la composición química controlada y libre de impurezas, en coladas de 5 kg aproximadamente para cada composición. Utilizando moldes de arena para la solidificación estática, y también en una máquina de solidificación dinámica. La metodología experimental se muestra con las respectivas secciones en la figura 1.

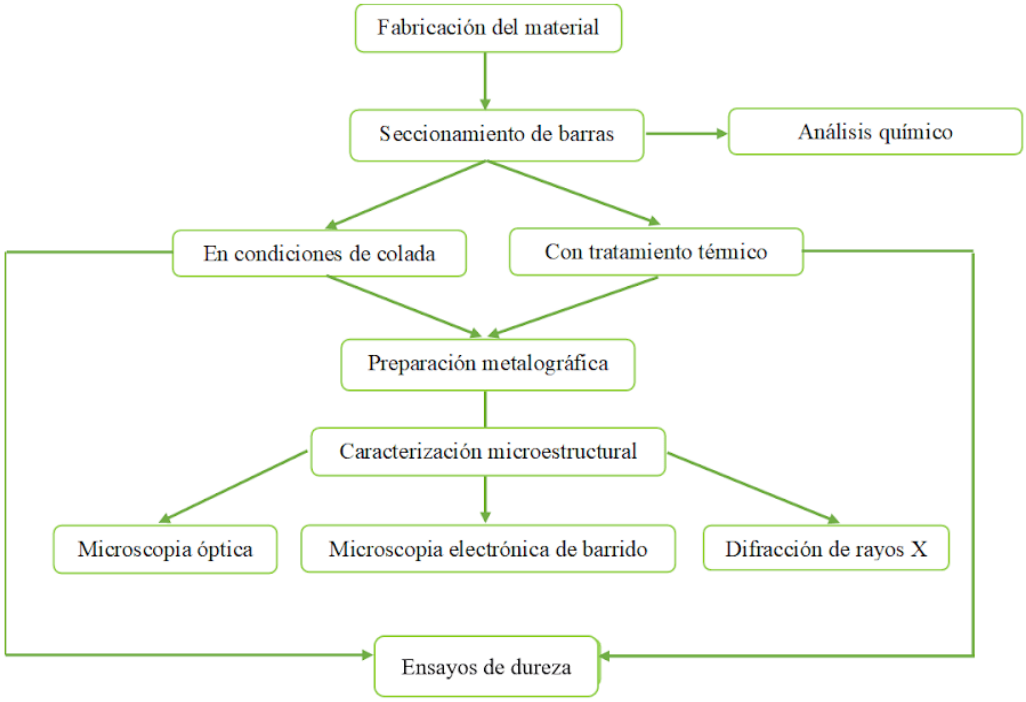


Figura 1 *Diagrama de flujo de la metodología experimental*

RESULTADOS. *Composición química de las aleaciones.*
El análisis en la composición química se llevo a cabo mediante espectroscopia de emisión atómica de chispa, las adicciones de titanio varían para cada aleación: base *0Ti, 0.86Ti* (reportado en el análisis química 0.856Ti), *1Ti* (1.095%Ti) y *2.5Ti* (2.476% en peso).
Microestructura en condiciones de colada. Como se puede observar en la fig. 2 micrografía "a", se encuentra la solidificación estática frente a la solidificación dinámica donde se observa el crecimiento dendrítico que toma orientaciones preferenciales conforme avanza la extracción de calor durante este proceso de solidificación; mientras en la micrografía "b" solidificación dinámica en la cual se muestra un refinamiento de grano, esto debido a la fractura de las dendritas ocasionadas por el movimiento oscilante de vibraciones durante el proceso de solidificación.

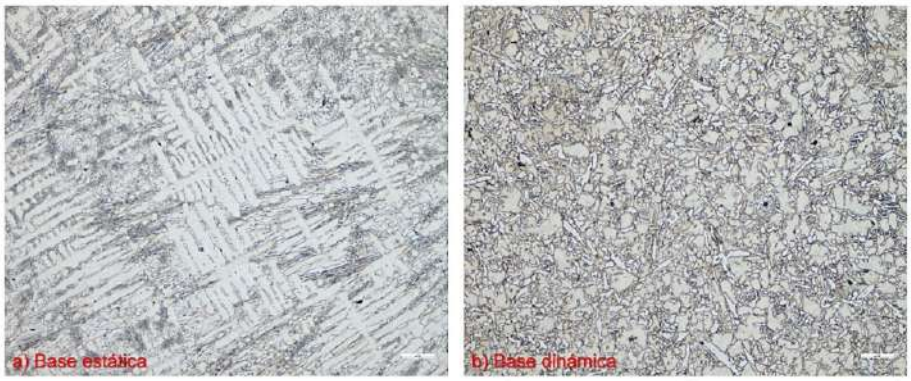


Figura 2. *Imágenes de MO aleación Base en condiciones de colada a) solidificación estática y b) solidificación dinámica a 100X atacadas por el reactivo Villela.*

La siguiente serie de micrografías (ver fig. 3) fueron obtenidas con ayuda del microscopio electrónico de barrido, en condiciones de solidificación dinámica, con electrones retro dispersados para las aleaciones que contienen titanio a 500X, donde por efecto del contraste se pueden distinguir las diferentes fases, estas micrografías fueron procesadas mediante el software *sigmascan* para cuantificar el volumen de cada fase por medio de análisis de imágenes, además de complementar con otras técnicas como EDS y DRX; en las micrografías se observa de manera progresiva el incremento en el volumen de carburos primarios TiC a medida que aumenta el contenido de titanio, para la aleación 2.45Ti (micrografía "d") se reporta un 1.66%TiC, esto repercute en la disminución de los carburos eutécticos M_7C_3, el cual pasa de 32.58% (aleación base, micrografía "a") a un 22.12% de M7C3 para la aleación 2.45Ti, puesto que una parte del carbono se encuentra formando carburos del tipo MC en el seno del material líquido, el contenido de carbono restante forma carburos eutécticos cuando el material se encuentre en condiciones de solidificación.

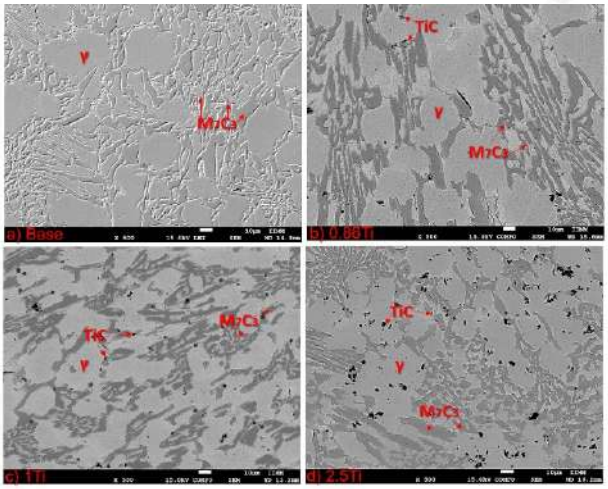


Figura 3. *Imágenes obtenidas mediante MEB a 500X (atacadas Villela), en condiciones de solidificación dinámica de las diferentes aleaciones a) Base, b) 0.86Ti, c) 1Ti, y d) 2.5Ti.*

El efecto del tratamiento térmico de desestabilización de la austenita (ver fig. 4), donde el objetivo es reducir el contenido de carbono a través de la precipitación de carburos secundarios, al momento de la precipitación se agota el contenido de carbono de la austenita y se eleva el rango de temperatura de la transformación martensítica por encima

de la temperatura ambiente (Laird et al., 2000). Todas las aleaciones se sometieron a las mismas condiciones del tratamiento térmico, cual se llevo acabo a 900°C con una permanencia de 45 minutos y por último, enfriamiento al aire. En el proceso, la austenita tiene lugar a la transformación martensítica, una vez terminado la microestructura resulta en una mezcla de carburos eutécticos y carburos secundarios en una matriz martensítica (Zou, Zhang, Yang, & Li, 2016). Los carburos secundarios (SC) y la transformación martensítica son los causantes del aumento en la resistencia, además de proporcionar soporte a los carburos eutécticos. En las aleaciones que contienen titanio que se encuentran tratadas térmicamente (ver fig. 4, b, c y d), la microestructura se muestra austenita retenida embebida en la matriz, así mismo en el difractograma de la aleación 2.45Ti T.T dinámica (ver fig. 5) se aprecia la presencia de la misma, esta fase repercute en la dureza del material, por otra parte, ofrece tenacidad (ver fig. 6). La fig. 6, indica el perfil de dureza de las aleaciones tratadas térmicamente y en condiciones de colada en función del contenido de titanio, en condiciones de solidificación dinámica la dureza aumenta por causa de la precipitación de carburos secundarios y la producción de la martensita como diversos autores han reportado (Zou et al., 2016).

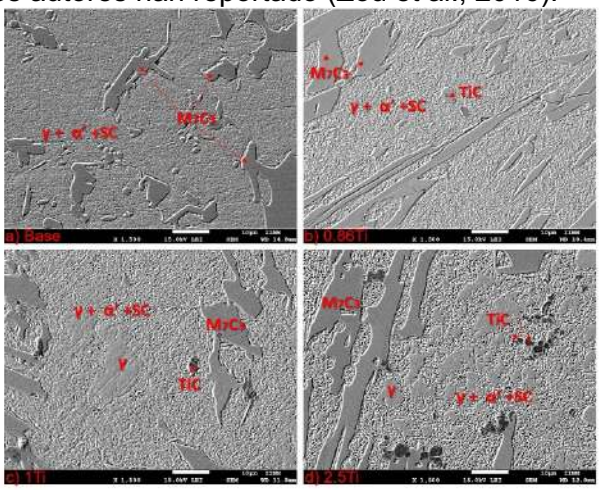


Figura 4. *Imágenes obtenidas mediante MEB a 1500X (atacadas Villela), en condiciones de solidificación dinámica de las diferentes aleaciones a) Base, b) 0.86Ti, c) 1Ti, y d) 2.5Ti.*

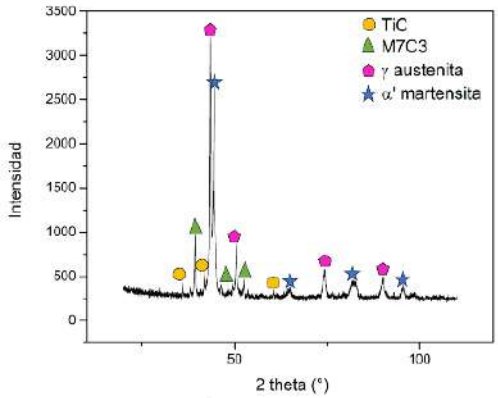


Figura 5. *Difractograma de rayos X de la aleación Dinámica 2.45Ti tratada térmicamente.*

Para las aleaciones con 2.45Ti (ver fig. 6), tratadas térmicamente y en condiciones de colada, se señala el efecto antes mencionado de la austenita retenida, la austenita se considera una *fase suave*, mientras que la martensita un *microconstituyente duro*, al manifestarse la dureza general disminuye. Autores como Karantzalis et al (Karantzalis, Lekatou, & Diavati, 2009) y Maratray et al (Maratray & Poulalion, 1982) reportaron este efecto de la disminución en la dureza debido a un menor contenido de carbono en la matriz.

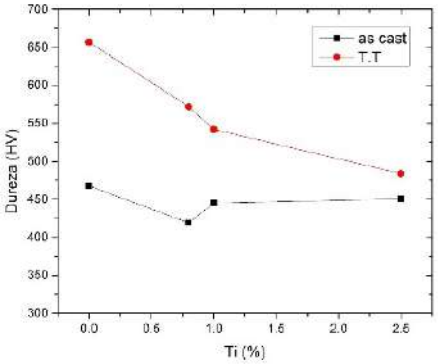


Figura 6. *Perfil de dureza de las aleaciones con solidificación dinámica en condiciones de colada y tratadas térmicamente en función del contenido de Ti.*

CONCLUSIONES. Los carburos M7C3 presentan una disminución en el tamaño de partícula en conforme aumenta el contenido de Ti, por la formación de TiC en el seno del material líquido, lo cual empobrece la cantidad de carbono para su generación (M7C3). Las condiciones de solidificación dinámica contribuyen con mayor peso, en la disminución del tamaño de los carburos, debido al tracción de las dendritas y el movimiento oscilatorio cuando el material se está solidificando. El efecto del titanio sobre el tratamiento térmico de desestabilización genera austenita retenida a medida que aumenta con el contenido del mismo, esto debido a la formación de carburos del tipo MC; la matriz contine menor porcentaje de carbono para producir los carburos secundarios (SC) durante el proceso térmico; la microestructura resultante es una mezcla, donde la fase mayoritaria es martensítica, más austenita retenida, carburos SC, M7C3 y TiC, provocando así, la disminución en perfil de dureza.

REFERENCIAS.

1. Karantzalis, A., Lekatou, A., & Diavati, E. (2009). Effect of destabilization heat treatments on the microstructure of high-chromium cast iron: a microscopy examination approach. Journal of Materials Engineering and Performance, 18, 1078-1085.
2. Laird, G., Gundlach, R. B., & Röhrig, K. K. (2000). Abrasion-resistant cast iron handbook: American Foundry Society.
3. Maratray, F., & Poulalion, A. (1982). Austenite retention in high-chromium white irons. (retroactive coverage). Transactions of the American Foundrymen's Society., 90, 795-804.
4. Zhu, C., Fordyce, I., Sun, S. D., Annasamy, M., Fabijanic, D., Short, K., . . . Easton, M. (2022). Effect of Ti and TiC additions on the microstructure and wear resistance of high chromium white irons produced by laser directed energy deposition. Wear, 510, 204519.
5. Zou, W.-q., Zhang, Z.-g., Yang, H., & Li, W. (2016). Effect of vibration frequency on microstructure and performance of high chromium cast iron prepared by lost foam casting. China Foundry, 13(4), 248-255.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224196

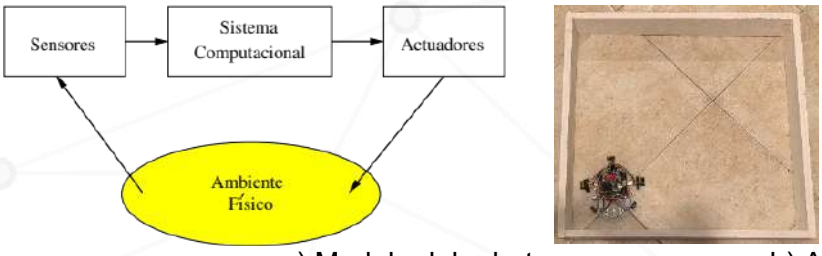
PROCESAMIENTO ROBUSTO DE MEDICIONES SENSORIALES EN UN ROBOT EDUCATIVO

Leonardo Romero Muñoz[1], Moisés García Villanueva[2]
1 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; leonardo.romero@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; moises.garcia@umich.mx

Palabras Clave: Manejo de incertidumbre, ruido en mediciones, robot móvil.

RESUMEN. Un robot móvil dispone de: sensores, para percibir el ambiente que lo rodea; actuadores, para modificar su posición y orientación en el ambiente; y un sistema computacional para procesar las entradas (sensores) y emitir las salidas adecuadas a sus actuadores. Sin embargo, las mediciones que realizan los sensores tienen asociada cierta incertidumbre o ruido que es necesario tener en cuenta, para realizar la tarea que se desea efectuar. Este artículo aborda el manejo de la incertidumbre de sensores, en una tarea muy común en pequeños robots educativos: que el robot siga una pared, por la izquierda (o derecha) en un laberinto. Se introduce un modelo de la incertidumbre y métodos robustos para la determinación de la distancia y orientación de la pared a la izquierda (o derecha) del robot, tomando en cuenta también lo que se conoce como datos atípicos. Los autores esperan que estos conceptos puedan ser aprovechados por los estudiantes que fabrican y programan sus robots, para mejorar su desempeño en las competencias estatales de robótica que se realizan cada año.

INTRODUCCIÓN. El término robots se refiere a máquinas que exhiben un comportamiento que se podría asociar a criaturas artificiales. La siguiente definición, que se ilustra en la Fig. 1a, nos ayuda a identificar las características de un robot: "los robots son dispositivos mecánicos versátiles equipados con actuadores y sensores bajo el control de un sistema computacional. Los robots son programables y pueden realizar tareas ejecutando movimientos en el espacio físico, sujeto a las leyes naturales" (Jean-Claude, 1995).



a) Modelo del robot b) Ambiente del robot

Figura 1.1: *Un robot móvil y su ambiente.*

Veamos con detalle de que se trata:
Son dispositivos mecánicos. Esto significa que tienen una determinada estructura mecánica y generalmente incluyen ruedas, patas, brazos, etc.

- Tienen sensores. Los sensores son entradas del sistema computacional que permiten que el robot conozca el ambiente que lo rodea. Los robots pueden incluir, por ejemplo, sensores para medir la distancia a objetos cercanos y sensores para medir los desplazamientos angulares que realizan sus ruedas.
- Tienen actuadores. Los actuadores son salidas del sistema computacional que permiten al robot modificar su estado en el ambiente en el cual operan. Por ejemplo, pueden incluir motores acoplados a las ruedas del robot (para desplazarse) o motores acoplados a los brazos articulados.
- Incluyen un sistema computacional. El sistema computacional a bordo del robot permite procesar las entradas de los sensores y enviar señales de control a los actuadores, de manera que se logre la tarea deseada.
- Están sujetos a las leyes naturales. Pueden funcionar sobre el piso, en el aire, en el agua o en el espacio; y están sujetos a las leyes naturales.

Sin embargo, las mediciones que realizan los sensores, en general, incluyen cierto grado de incertidumbre. En este artículo vamos a presentar un pequeño robot móvil de locomoción diferencial que sigue las paredes de un laberinto, teniendo en cuenta explícitamente la incertidumbre de las mediciones de los sensores de distancia. En la Fig. 1 se puede observar el robot móvil, el cual dispone de tres sensores de distancia: hacia la izquierda, al frente y a su derecha. Primero veremos la forma de determinar en forma robusta la distancia y orientación de la pared a su izquierda y enseguida la forma de determinar el inicio y final de una pared delgada.

2. Determinación de la distancia y orientación de la pared. En la Fig. 2 se puede apreciar el problema de las incertidumbres en las mediciones realizadas cuando el robot móvil avanzó 50mm, en línea recta, teniendo una pared a su izquierda. El robot está utilizando sensores láser VL6180X, los cuales calculan la distancia a un obstáculo midiendo el tiempo que tarda en regresar una luz infraroja. Como la velocidad de la luz es muy rápida, es complicado tener mediciones exactas de la distancia del sensor al obstáculo que reflejó la luz emitida. Las variaciones, como se observa en la gráfica pueden ser de varios milímetros.

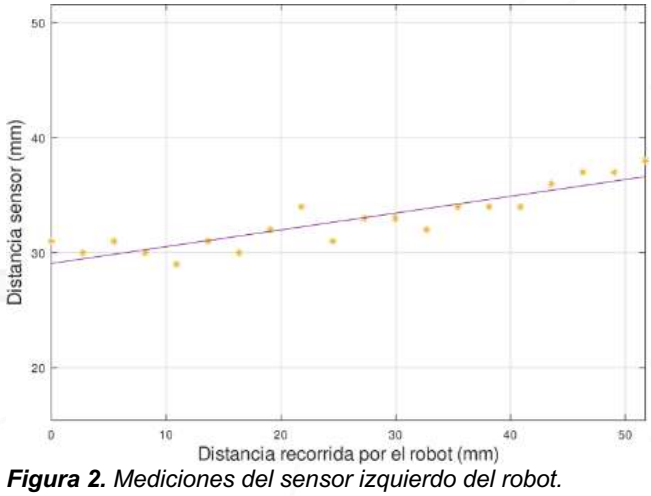


Figura 2. *Mediciones del sensor izquierdo del robot.*

El lector recordará que con dos puntos se puede determinar una línea recta, pero se obtienen mejores resultados al obtener la "mejor" recta, utilizando todos los puntos. La recta mostrada en la Fig. 2 se calculó con el método de mínimos cuadrados, el cual minimiza la suma de los errores cuadráticos. El lector puede consultar el libro (Romero y Villanueva, 2022) para revisar el tema de ajuste de polinomios a partir de puntos.

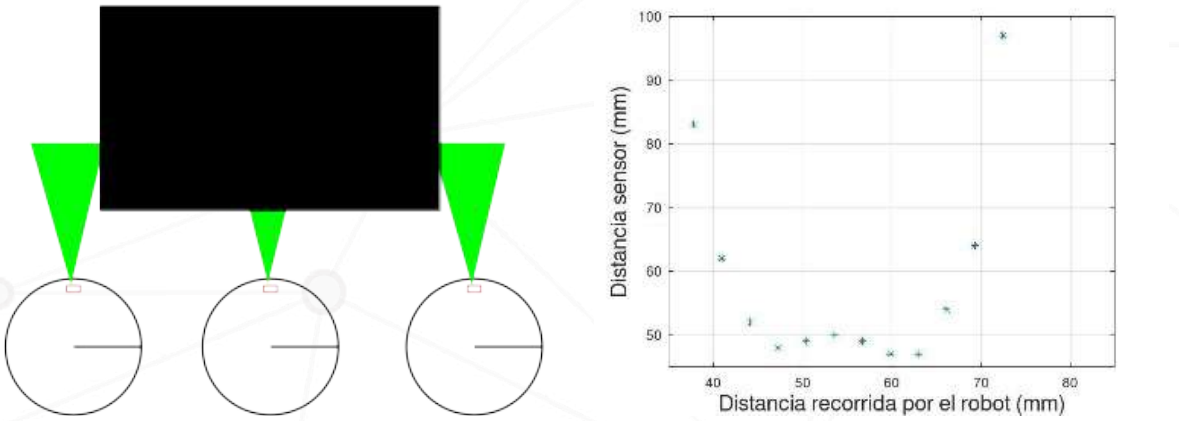
Para determinar un polinomio lineal, $P(x) = a_1 x + a_0$, a partir de n puntos en el plano: $P_1 = (x_1,y_1)$, $P_2 = (x_2,y_2)$, ... $P_n = (x_n,y_n)$, tenemos:

$$a_1 = \frac{n * \sum_{k=1}^{n} x_k y_k - (\sum_{k=1}^{n} x_k) * (\sum_{k=1}^{n} y_k)}{n * (\sum_{k=1}^{n} x_k^2) - (\sum_{k=1}^{n} x_k)^2}$$

$$a_0 = \frac{-(\sum_{k=1}^{n} x_k) * (\sum_{k=1}^{n} x_k y_k) + (\sum_{k=1}^{n} x_k^2) * (\sum_{k=1}^{n} y_k)}{n * (\sum_{k=1}^{n} x_k^2) - (\sum_{k=1}^{n} x_k)^2}$$

De manera que la orientación de la pared se puede obtener con la función arcotangente a partir de a_1. En la tarea del robot, de seguir la pared izquierda, se utilizó el algoritmo de calcular cada 50mm la mejor recta, corrigiendo la orientación, para seguir una trayectoria paralela a la pared.

3. Determinación del inicio y fin de pared. La Fig. 3 ilustra el problema de las mediciones al inicio y final de una pared, considerando que el sensor láser emite una luz infraroja en la forma de un cono. En la Fig. 3a se muestra una pared delgada y el robot realizando mediciones en varias posiciones. En la posición central, el sensor calcula correctamente la distancia a la pared; sin embargo, en las otras dos posiciones, el robot detecta una distancia mayor a la de la pared. En un experimento, el robot se acercó a una pared de 23mm de ancho, y obtuvo las mediciones que se muestran en la Fig. 3b. Antes de alcanzar la pared, las mediciones indican un valor de 255 (las cuales no se muestran); al aproximarse a la pared, las mediciones bajan hasta valores cercanos a 50; y al alejarse de la pared, las mediciones vuelven a incrementarse.



a) Mediciones del sensor izquierdo b) Gráfica de las mediciones

***Figura 3**. Mediciones al inicio y final de una pared.*

Considerando que las mediciones que corresponden a la pared, tienen valores cercanos a 50mm, es necesario incluir en los cálculos de la línea recta (que corresponde a la pared),

solamente a dichos puntos o datos, que llamaremos puntos típicos. Los puntos que no son típicos (como los puntos lejanos de la Fig. 3b), los llamaremos puntos atípicos. Surge entonces la pregunta: ¿Cómo diferenciar, en el caso general, los puntos típicos de los puntos atípicos?

Para responder a esta pregunta, primero se debe cuantificar la incertidumbre del sensor, cuando el obstáculo no se mueve. La Fig. 4 muestra 50 mediciones consecutivas del sensor, manteniendo fija la distancia al obstáculo. Al analizar las mediciones se tiene una media m=53.060 y una desviación estándar s=1.2233. Si asumimos que las mediciones del sensor siguen aproximadamente una distribución Gaussiana, podemos decir que las mediciones típicas están en el rango [m - 3s, m + 3s].

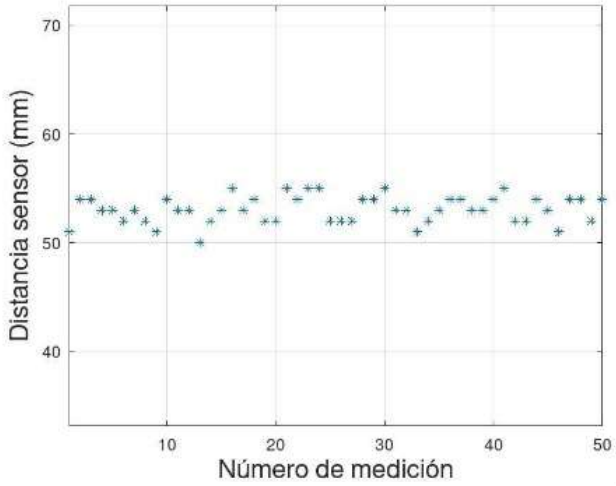


Figura 4. *Mediciones con pared fija.*

Para determinar el inicio y fin de las mediciones que corresponden a la pared, en la gráfica de la Fig. 3b, podemos obtener la mejor recta será se ajuste al mayor número de puntos, considerando el rango [m - 3s, m + 3s]. Para este propósito vamos a utilizar el algoritmo RANSAC (RANdom SAmple Consensus)(Flores y Braun, 2011), un algoritmo iterativo utilizado para estimar los parámetros de un modelo matemático a partir de un conjunto de datos que contiene valores típicos y atípicos.

El algoritmo RANSAC logra su objetivo mediante la repetición de los siguientes pasos:

1. Tomar dos puntos aleatorios del conjunto de puntos.
2. Se ajusta una recta a partir de los dos puntos anteriores.
3. Se calcula el conjunto de puntos que están cercanos a la recta calculada, considerando hasta tres desviaciones estándar. Este conjunto será el conjunto soporte de la línea.

Al final, la recta con el conjunto soporte de mayor cardinalidad, se vuelve a calcular con todos los puntos del conjunto. La recta obtenida explica la mayor cantidad de puntos. El número de veces que se debe repetir el algoritmo RANSAC, depende de la probabilidad de encontrar datos atípicos dentro del conjunto de datos. Si la probabilidad es baja, con unas pocas iteraciones es suficiente.

En la Fig. 5 se muestra el resultado de la aplicación del algoritmo RANSAC al conjunto de puntos de la Fig. 3b. Se aprecia que la recta encontrada modela apropiadamente la pared

al lado izquierdo del robot. Los datos atípicos, al inicio y al final de la gráfica, no fueron tomados en cuenta para el cálculo de la mejor recta que se ajusta a los puntos.

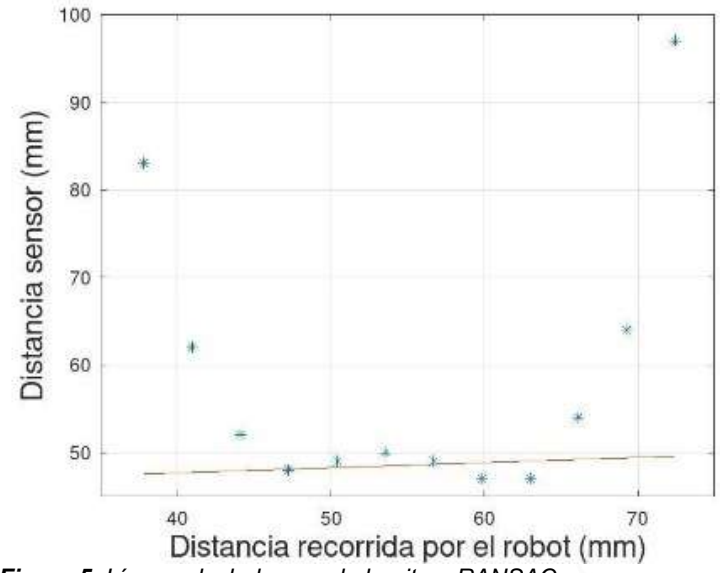


Figura 5. *Línea calculada con el algoritmo RANSAC.*

CONCLUSIONES. Las mediciones de los sensores de los robots contienen incertidumbre, la cual es necesaria considerar para el modelado apropiado de los obstáculos que rodean al robot. Se han presentado un par de algoritmos para calcular la mejor recta de un conjunto de puntos, incluyendo el caso de que se tengan puntos atípicos.

REFERENCIAS.

1. Flores, P. y Braun, J. (2011). Algoritmo ransac: fundamento téorico, 2011. URL: http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gti/timag/trabajos/2011/keypoints/FundamentoRANSAC.pdf
2. Jean-Claude, L. (1995). Robot algorithms. In Algoritmic Foundations of Robotics. A.K. Peters, Ltd.
3. Romero, L. y Villanueva. M. (2022). Matemáticas básicas: de lo intuitivo y concreto a lo abstracto. Academia Mexicana de Computación, A.C., Segunda Edición. 2022.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0224197

PROTOCOLO ESP-NOW PARA EL CONTROL Y OBTENCIÓN DE DATOS EN UN ROBOT EDUCATIVO

Moisés García Villanueva, Leonardo Romero Muñoz
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Protocolo de Comunicación, ESP-NOW, robot, microcontrolador ESP32.

RESUMEN. En los últimos años se ha observado que el área de la robótica es un instrumento muy útil en la pedagogía en los diferentes niveles educativos. Esto se debe a que la robótica permite mostrar a los estudiantes algunos de los conceptos fundamentales de las ciencias básicas, por ejemplo, cálculo de distancia a partir de que se conoce la velocidad del sonido o luz. El estudiante observa cómo son aplicados estos conceptos fundamentales en los diferentes tipos de robots que es posible implementar. Actualmente los procesos industriales, los desarrollos en el área de Internet de las Cosas y la robótica, por mencionar algunos ejemplos, han creado una demanda creciente de sistemas de monitoreo y adquisición de datos en tiempo real, en los que se busca confiabilidad y velocidad en la transmisión de la información. El protocolo de comunicación ESP-NOW nos proporciona una transferencia de datos a altas velocidades y a distancias alrededor de 200 metros. Este trabajo presenta un robot educativo que es controlado a través del protocolo de comunicación ESP-NOW y ejemplifica la adquisición de datos de la parte sensorial del robot.

INTRODUCCIÓN. Las competencias en robótica introducen a los estudiantes en las áreas de la Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Ciencias de la Computación y Matemáticas, creando ambientes competitivos similares a los observados en los deportes. Como un elemento pedagógico, permite a los docentes contar con una herramienta con la cual puede ilustrar la aplicación de conceptos fundamentales de las ciencias básicas. El presente trabajo tiene la finalidad de proporcionar la información de construcción de un prototipo y el mecanismo de comunicación para controlar y adquirir información de la parte sensorial del robot. Por otra parte, Los sistemas de medición y adquisición de datos existentes en la actualidad han experimentado un uso creciente en una gran gama de aplicaciones, por ejemplo los diferentes tipos de sistemas de medición en plantas de procesos industriales, sistemas para la medición de la calidad del aire, sistemas de adquisición de información del tráfico automovilístico, en sistemas agricolas (Kviesis A. et. al., 2023) por mencionar solamente algunos. El problema característico para todos estos casos se centra en el almacenamiento de datos recolectados en las mediciones, especialmente cuando se tiene la necesidad de visualizar la información adquirida por los dispositivos de medición en tiempo real. Es posible pensar que la comunicación inalámbrica proporciona una alternativa con demasiadas posibilidades ilimitadas para colectar los datos medidos (Pasic R. et. al., 2021). Es por ello que se debe considerar un protocolo de comunicación en el que se puedan

encontrar algunas ventajas, como la velocidad y distancia de transmisión de datos, en otras palabras, el alcance entre el emisor y el receptor.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Robot educativo. Un prototipo de un robot seguidor de pared educativo, construido para emplear la técnica de seguimiento de pared y mostrar algunos de los conceptos fundamentales de las ciencias básicas, se puede construir por los siguientes elementos:

1. **Parte sensorial**: Sensores de distancia posicionados a los costados y al frente del sistema robótico. En el prototipo desarrollado se utilizó el sensor de rango láser TOF050C, mide la distancia desde la medición del tiempo de reflexión de la señal al tiempo de vuelo (ToF) utilizando un reloj de alta precisión, la distancia de proximidad del sensor se encuentra en el rango de 2 a 50 cm.
2. **Procesamiento computacional:** El Microcontrolador ESP32 cuenta con un procesador Xtensa de dos núcleos y a una velocidad de procesamiento de hasta 240 MHz, es la denominación de una familia de chips SoC de bajo costo y consumo de energía, con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada.
3. **Control de actuadores:** Controlador de motores TB6612FNG. Con este dispositivo es posible controlar la velocidad y dirección de giro de los motores.
4. **Actuadores:** Las características de los motores para el prototipo planteado en este trabajo son: 6V, 530 rpm.

En la Fig. 1 se muestran los diagramas esquemáticos (alimentación de energía, control de motores y sistema sensorial de proximidad) para la conexión de los dispositivos que conforman el sistema seguidor de pared. En la Fig. 2 se muestra la implementación física del prototipo de robot utilizado en actividades de docencia y para obtener los datos de la parte sensorial a través del protocolo de comunicación inalámbrica ESP-NOW.

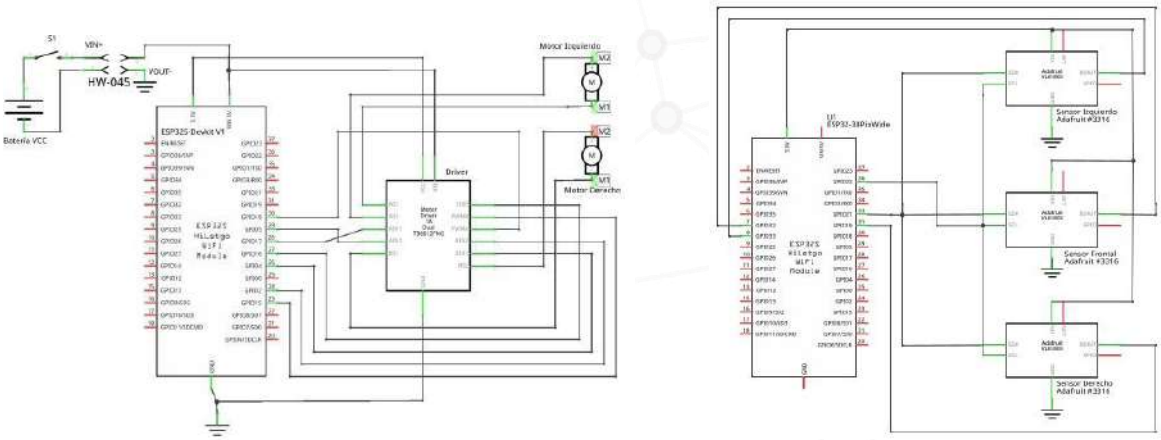
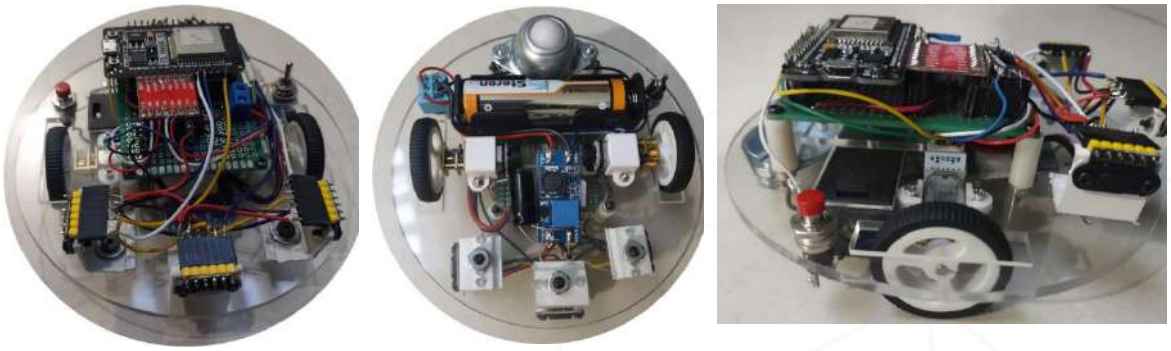


Figura 1. *Diagrama de conexión de los dispositivos que integran al robot seguidor de pared. (Fuente: Elaboración propia)*



a) Vista superior *b) Vista inferior* *c) Vista lateral derecha*

Figura 2. Diferentes vistas del prototipo de robot educativo implementado. (Fuente: Elaboración propia)

ESP-NOW. ESP-NOW es un protocolo de comunicación del tipo inalámbrica, similar a Wifi, definido por la empresa Espressif. La diferencia con los protocolos tradicionales Wifi versa en que las cinco capas superiores en el modelo OSI son simplificadas en una sola capa para el protocolo ESP-NOW (ver la Fig. 3), de tal forma que los datos no necesitan ser transmitidos a través de la capa de red, la capa de transporte, la capa de sesión, la capa de presentación y la capa de aplicación, logrando reducir el retardo provocado por paquetes perdidos en redes congestionadas y obteniendo un tiempo de respuesta más eficiente, principalmente en el sentido de rapidez (Espressif, 2026).

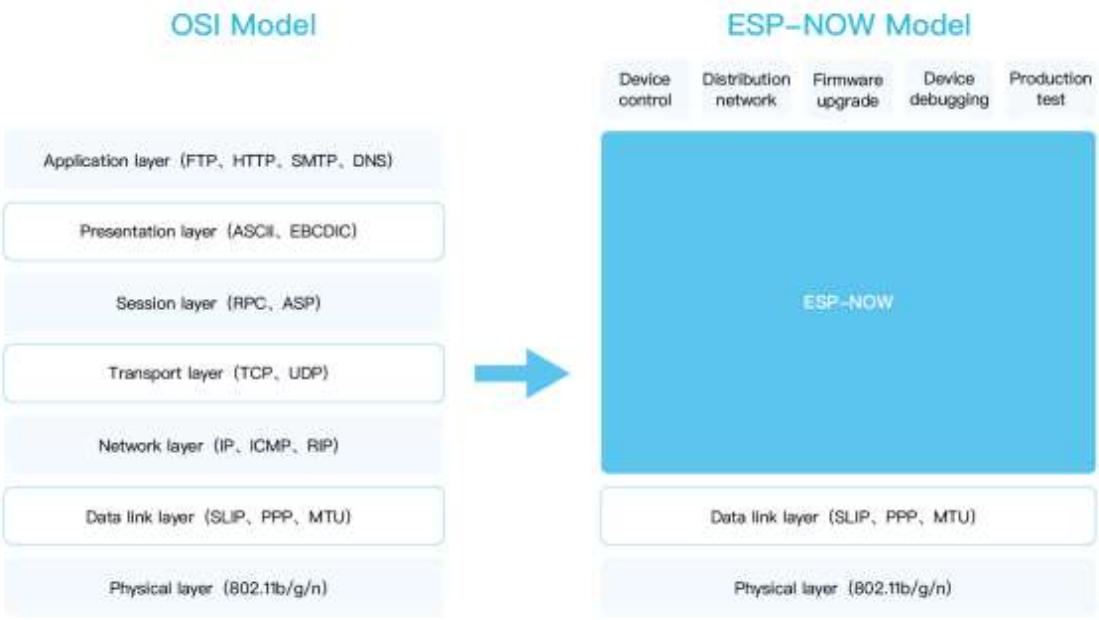


Figura 3.- *Capas simplificadas en el protocolo ESP-NOW respecto al modelo OSI (fuente: Espressif, 2016).*

La arquitectura implementada en el presente trabajo es uno a uno, en donde un dispositivo actúa como maestro (ESP32 en el robot educativo) y el otro como esclavo (ESP32 conectado a una computadora personal). Los programas para el maestro y esclavo se encuentran en el lenguaje de programación C, la Tabla 1 nos muestra los programas que implementan la arquitectura maestro-esclavo para el envió de datos del robot educativo a

través del protocolo de comunicación ESP-NOW, en donde es posible almacenar los datos por la comunicación serial entre el dispositivo esclavo y la computadora personal.

```
#include <Arduino.h>
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

// Dirección MAC del dispositivo ESCLAVO
uint8_t broadcastAddress[] = {0x10, 0x06, 0x1C, 0xB5, 0x8F,0xFC};
typedef struct struct_message {
float Dderecha, Dizquierda, Dfrente;
} struct_message;
struct_message myData;
esp_now_peer_info_t peerInfo;

// Función invocada para enviar el dato
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status) {
}

void setup() {
Serial.begin(115200);
WiFi.mode(WIFI_STA);
if (esp_now_init() != ESP_OK) {
Serial.println(F("Error initializing ESP-NOW"));
return;
}

// Función para enviar el dato
esp_now_register_send_cb(OnDataSent);
memset(&peerInfo, 0, sizeof(peerInfo));
memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
peerInfo.channel = 0;
peerInfo.encrypt = false;
if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK) {
Serial.println(F("Falló al agregar el dispositivo"));
return; }
}

void loop() {
int DFrente = analogRead(32);myData.Dfrente = DFrente;
int DIzquierda = analogRead(33);myData.Dizquierda = DIzquierda;
int DDerecha=analogRead(34);myData.Dderecha=DDerecha;
// Envió del mensaje vía ESP-NOW
esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *) &myData, sizeof(myData));

if (result == ESP_OK) { Serial.println(F(" Enviado con éxito"));
}
else { Serial.println(F("Error al enviar el dato")); }
}
```

A) Programa MAESTRO

```
#include <Arduino.h>
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>
typedef struct struct_message {
float Dderecha, Dizquierda, Dfrente;
} struct_message;
struct_message myData;

void OnDataRecv(const uint8_t * mac, const uint8_t *incomingData, int len) {
memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));
Serial.println(myData.Dfrente);
Serial.println(myData.Dizquierda);
Serial.println(myData.Dderecha);
}
void setup() {
Serial.begin(115200);
WiFi.mode(WIFI_STA);
// Inicializar ESP-NOW
if (esp_now_init() != ESP_OK) {
Serial.println("Error al inicializar ESP-NOW");
return;
}
esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
}
void loop() {
}
```

B) Programa ESCLAVO

Tabla 1. *Código en el lenguaje C de los programas maestro-esclavo que implementan la comunicación ESP-NOW.*

Pruebas. La prueba implementada se refiere a contabilizar la cantidad de tiempo que le toma a los dispositivos transmitir una cantidad de datos en dos escenarios distintos que se encuentran ubicados a diferentes distancias. La Tabla 1 muestra el tiempo promedio que los tomó a los dispositivos transmitir la cantidad de datos. Cada una de las pruebas se realizó 5 veces y el escenario de desplazamiento del robot educativo (veáse la Fig. 4), se ubicó en dos diferentes lugares: a 5 y 15 metros de distancia del dispositivo esclavo, cabe mencionar que existía una pared de concreto de por medio, que para el caso de la comunicación Wifi incrementa la posibilidad de no establecer una comunicación estable con algún dispositivo. Se promedio el tiempo en cada prueba, observando que el tiempo estimado para el envió de un dato toma entre 12 y 13.5 milisegundos. En los resultados obtenidos se observa que al incrementar la distancia entre los dispositivos, el incremento en tiempo para la transmición de los datos es de alrededor de 0.6 segundos.

	Distancia en metros entre dispositivos	
Cantidad de datos adquiridos	5	15
500	6.24 seg.	6.86 seg.
750	9.04 seg.	9.58 seg.
1000	12.187 seg.	12.66 seg.
1500	18.04 seg	18.68 seg.

Tabla 2. *Tiempo utilizado entre los dispositivos para transmitir diferentes cantidades de datos en dos escenarios ubicados a distintas distancias.*

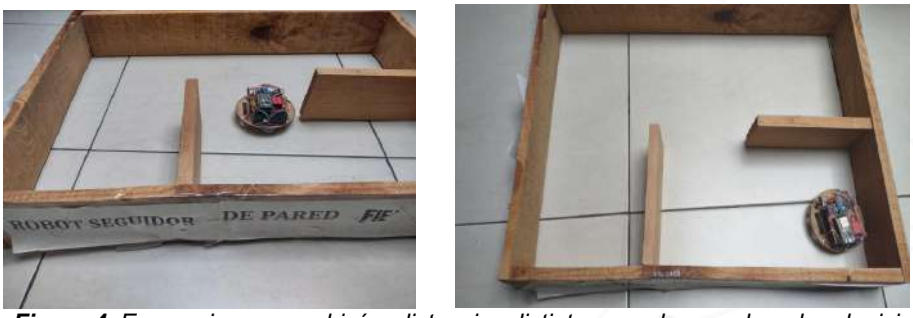


Figura 4. *Escenario que se ubicó a distancias distintas para las pruebas de adquisición de datos mediante el protocolo ESP-NOW.*

CONCLUSIONES. Se ha presentado un sistema de adquisición de datos que implementa el protocolo de comunicación ESP-NOW, en el que se observa un desempeño muy confiable, en el sentido de que no existe perdida de datos y la transferencia de la información se realiza a una taza de 12 milisegundos por dato. El prototipo de robot educativo que se muestra en el presente trabajo, permite en el ambito de la enseñanza, utilizarlo como una herramienta para señalar la aplicación de fundamentos de la ciencia, en el caso de la lectura de distancias a objetos y la transferencia de dichos datos a otro dispositivo. Se propone como trabajo futuro implementar una arquitectura muchos a uno (N maestros - 1 esclavo) y documentar el desempeño en escenarios con una mayor cantidad de paredes u otro tipo de obstáculo que interfiera en la comunicación entre los dispositivos.

REFERENCIAS.

1. Kviesis, A., Komasilovs, V., Ozols, N., & Zacepins, A. (2023). Bee colony remote monitoring based on IoT using ESP-NOW protocol. PeerJ Computer Science, 9, e1363.
2. Pasic, R., Kuzmanov, I., & Atanasovski, K. (2021). ESP-NOW communication protocol with ESP32. Journal of Universal Excellence, 6(1), 53-60.
3. Espressif IOT Team. 2016. ESP-NOW User Guide. Available at https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp-now_user_guide_en.pdf (Consultado en Septiembre de 2024).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324104

MANEJO POSTCOSECHA DE PAPAYA OLMECA

José Mario Miranda Ramírez, Catarino Perales-Segovia, Saúl Pardo-Melgarejo
1 Tecnológico Nacional de México / ITS de Apatzingán; mario.mr@apatzingan.tecnm.mx
2 Tecnológico Nacional de México / ITEL de Aguascalientes; catarino.psl@tecnm.mx
3 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Apatzingán; pardo.saul@inifap.gob.com

Palabras Clave: Carica papaya L., cera carnaub, enzima dextrosa.

RESUMEN. Se evaluó el efecto de dos películas comestibles en manejo de postcosecha en frutos de papaya para preservar la inocuidad y calidad en el mercado mexicano. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones y once tratamientos donde la unidad experimental fue el fruto. Se evaluaron frutos de diferentes calidades e índices de cosecha y se les aplicó cera carnaub y enzima dextrosa en la epidermis, T1) Primera 3 rayas amarillas [testigo]; T2) Primera 2 rayas [testigo]; T3) Segunda 2 rayas [testigo]; T4) Segunda verde [testigo]; T5) Tercera amarillo total [testigo]; 6) Primera verde [cera carnaub]; T7) Primera amarillo [cera carnaub]; T8) Primera 2 rayas [encima dextrosa]; T9) Primera 3 rayas [encima dextrosa]; T10) Primera 4 rayas [encima dextrosa]; T11) primera 5 rayas [encima dextrosa]. Se midieron seis variables: 1) Peso de fruto; 2) Sólidos solubles totales; 3) Color de pulpa; 4) Firmeza; 5) Severidad de antracnosis; 6) Incidencia de antracnosis. La toma de datos se hizo a los 8 días posteriores a la aplicación de los tratamientos. Se realizó prueba de homogeneidad de varianzas, ANDEVA y Tukey ($P \leq 0,05$). Se presentaron diferencias significativas en todas las variables. Los mejores resultados significativos para la variable severidad de antracnosis fueron para los tratamientos T1 y T2 con 4.3 y 2.7% respectivamente. Para la variable firmeza se encontró que los valores más altos fueron los T9 y T11 con 6.38 y 7.39 kg cm2 respetivamente. Los productos en base cera carnaub y enzima dextrosa no se recomiendan para controlar la antracnosis. La enzima dextrosa inhibió la maduración de los frutos, conservando la dureza de un fruto sazón.

INTRODUCCIÓN. La papaya (Carica papaya L) muestra una alta variación morfológica en su fruto, características como forma, tamaño, color de epidermis, sabor y sólidos solubles totales la distinguen de acuerdo a su genotipo (Singh & Kumar 2010). Para realizar la cosecha es importante tener conocimiento del momento oportuno para que los frutos maduren mejor y alcancen sus atributos de calidad característicos de la variedad. Los parámetros que se usan son criterios muy simples como tamaño, forma, color, textura, aroma, dulzura y acidez. El criterio más generalizado para determinar la cosecha de papaya Maradol, es la aparición de una o más franjas de color amarillo bien definidas en la cáscara (Santamaría-Basulto et al., 2007). La papaya es un fruto climatérico, cuya maduración ocurre rápidamente poco después de la cosecha, caracterizándose por ser una fruta muy perecedera (Paull, 1993). Asimismo, la calidad de la papaya durante su comercialización es afectada por enfermedades como antracnosis (Colletotrichum gloeosporioides) y por malas prácticas de manejo de la fruta, lo que genera altas pérdidas postcosecha (Florez et al., 2009).

ANTECEDENTES. De acuerdo con los productores agrícolas de Michoacán, existen experiencias fitosanitarias y económicas devastadoras en relación al manejo de postcosecha de papaya. Reportan que el fruto es altamente perecedero a una temperatura ambiente promedio de 36 °C, con una vida de anaquel de aproximadamente siete días. También es de dificil manipulación, debido a que su epidermis es muy sensible a golpes, raspaduras y magulladuras. Las pérdidas económicas han sido hasta un 50%. Ante ello, existe la necesidad de aplicar algún producto que le dé una mejor vida y vista de anaquel y prevenga algunas enfermedades propias de postcosecha principalmente antracnosis. El uso de recubrimientos biodegradables, podría ser una alternativa para dar mayor vida de anaquel a los frutos de papaya por su capacidad de controlar la antracnosis, disminuir la pérdida de peso y firmeza, y retrasar el cambio de color de verde a anaranjado de la epidermis del fruto sin afectar la producción de sólidos solubles totales (García-Mateos, et al., 2023).

OBJETIVO. Evaluar el efecto de dos películas comestibles en manejo de postcosecha de frutos de papaya, para preservar la inocuidad y calidad en el mercado mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Sitio del experimento. El experimento se ubicó en el municipio de Buenavista, Michoacán México, en el km 2 de la carretera que va del crucero de la Ruana a Los Tazumbos Jalisco, a los 19° 13´ 52” N, 102° 40´ 13” O, a 418 msnm (Google Earth, 2023).

Material vegetal. Se utilizó la variedad de Papaya Olmeca [tipo maradol] de la empresa Carigen, de pulpa muy consistente, firme y dulce, con peso de fruto de 1.5 a 3.0 kg, epidermis color amarillo-anaranjado y SST de 9 a 11 ºBrix (Carica Genetics, 2024).

Diseño experimental. Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DECA), con diez repeticiones, y la unidad experimental fue el fruto.

Tratamientos. Se evaluaron once tratamientos, de los cuales cinco fueron testigos, a dos se les aplicó cera carnauba y a cuatro una encima con base en dextrosa (Tabla 1).

Número	Calidad de fruto			Índice de cosecha (epidermis)	Cera de Carnauba	Encima a base de Dextrosa
	Primera	Segunda	Tercera			
T1	•			3 rayas amarillas		
T2	•			2 rayas amarillas		
T3		•		2 rayas amarillas		
T4		•		Verde total		
T5			•	Amarillo total		
T6	•			Verde total	•	
T7	•			Amarillo total	•	
T8	•			2 rayas amarillas		•
T9	•			3 rayas amarillas		•
T10	•			4 rayas amarillas		•
T11	•			5 rayas amarillas		•

Tabla 1. *Tratamientos utilizados en manejo de postcosecha de papaya. Crucero de La Ruana, municipio de Buenavista Michoacán, México. 2024.*

†Calidad de fruto: Primera: frutos enteros sin ningún daño físico, libres de ataques de insectos o enfermedades < 1 % de daño. Segunda: admite defectos leves de forma y color < 5% debido a raspaduras, quemaduras del sol, magulladuras sanas, que en ningún caso

afecten la pulpa de la fruta. Tercera: admite defectos de forma y color siempre que se conserven las características de la papaya < 10% de la superficie. §Índice de cosecha: refleja el estado de madurez del fruto apto para ser cosechado. Se cosecharon un total de 110 frutos de papaya con diferentes índices de cosecha (Tabla 1). Posteriormente se lavaron con jabón líquido Vel Rosita® (a base de sulfato de sodio <20% y cloruro de sodio <20%) en dosis de 1 ml L^{-1}. Posteriormente, los frutos se sumergieron durante 2 minutos en una mezcla preparada con kasugamicina al 2% y mancozeb al 80% en dosis de 1 ml L^{-1} y 1 g L^{-1} respectivamente, se dejaron secar a la sombra, a temperatura ambiente durante 15 minutos y se seleccionaron diez frutos por tratamiento. Se utilizó cera líquida de carnauba comestible Clarity® Protection [Mezclas naturales de ceras carnauba al 12%]. Para la aplicación se diluyó 1 L de cera en 0.5 L de agua hasta obtener una mezcla homogénea. Seguido, se aplicó manualmente con un cepillo de cerdas suaves de caballo a los frutos, y se dejó secar por 20 minutos a la sombra, a temperatura ambiente. Para dextrosa, se aplicó el producto comercial en polvo SaveFruit® [a base de gas inerte encapsulado en gama-ciclodextrina 56% + polvo dextrosa al 34% + agua 10%]. Para su preparación, los frutos fueron envueltos en papel blanco y colocados en cajas de plástico con capacidad de 30 kilos y llevados a una cámara sellada de 2 x 2.5 x 2.75 m. Para la aplicación, se utilizó una dosis de 20 g por L^{-1} de producto [comúnmente llamado enzima dextrosa] y un equipo termo-nebulizador eléctrico FORTEC modelo F-2000 rango de 5 a 30 µM. Enseguida se hizo una nebulización a una temperatura de 40 °C durante 30 minutos en una cámara sellada de 2 x 3 x 2.75 m. Una vez aplicados todos los tratamientos, frutos también fueron envueltos en papel y colocados en cajas de plástico para ser almacenados en una bodega cerrada de 4 x 4 x 3 m para inhibir la claridad del sol, a una temperatura ambiente promedio de (34 °C ± 2 °C) y una humedad relativa promedio de 42%, durante ocho días. Los frutos fueron revisados cada 24 horas para ver su evolución en la maduración y finalmente se realizó la toma de datos.

Variables de estudio. Las variables registradas fueron: 1] Peso de fruto [kg], se pesó en una báscula digital marca Truper®, con capacidad para 5 kg; 2] SST [ºBrix], se midió con un refractómetro digital marca Hanna® instruments modelo HI96801, de rango 0 a 85 ºBrix; 3] Color de pulpa [1,2,3], asignando una escala numérica del 1 al 3, dónde: 1: amarillo crema, 2: crema naranja y 3: naranja rojizo; 4] Firmeza de pulpa [kg cm^2], se midió con un penetrómetro manual GY-03; 5] Severidad de antracnosis [%], se determinó de acuerdo al daño de la enfermedad en porciento manifestado en la epidermis del fruto; 6] Incidencia de antracnosis [%], se determinó de acuerdo al número de frutos infectados por cada diez.

Analisis estadistíco. Se realizó analisis de homogeneidad de las varianzas en los datos [Post Hoc], Analisis de varianza (P≤0.05) y prueba de medias Tukey (P≤0.05). Todo ello en el paquete STATISTICA versión 13.0 para Windows.

RESULTADOS. El analisis de homogeneidad de las varianzas indicó una distribución normal de los datos en la línea recta para todas las variables. Los resultados en el ANDEVA (P≤0.05) mostraron diferencia estadística significativa en los tratamientos para todas las variables.

Peso de fruto. La prueba de comparación de medias Tukey (P≤0,05) para tratamientos, muestra en esta variable que los tratamientos T1; T2; T3; T8 y T11 fueron estadísticamente iguales, dentro de un rango de 1.348 a 1.447 kg (Tabla 2).

Tratamiento	PF (kg)	SST (ºBrix)	CP (1,2,3)	FP (kg cm^2)	SA (%)	IA (%)

T1	1.359	ab	7.03	a	2.70	ab	0.03	a	4.30	ab	50.00	abcd
T2	1.348	ab	7.59	a	2.70	ab	0.91	a	2.70	ab	20.00	b
T3	1.447	ab	6.37	a	2.80	b	0.12	a	1.20	a	30.00	bc
T4	0.809	c	6.59	a	2.40	ab	0.04	a	4.70	ab	90.00	a
T5	1.000	bc	6.37	a	2.00	abcd	0.31	a	26.30	bc	100.00	a
T6	1.442	bc	6.55	a	2.60	ab	0.12	a	7.60	ab	70.00	abcd
T7	0.775	c	6.51	a	2.60	ab	0.21	a	37.10	c	100.00	a
T8	1.430	ab	9.88	b	1.50	c	8.04	c	2.50	a	30.00	bc
T9	1.526	a	6.52	a	1.70	de	6.38	bc	8.20	ab	40.00	bcd
T10	1.522	a	6.01	a	1.90	acd	4.97	b	36.50	c	100.00	a
T11	1.413	ab	7.73	ab	2.20	abcd	7.19	bc	10.50	ab	80.00	a

PF= Peso de fruto; **SST**=Sólidos Solubles Totales; **CP**= Color de Pulpa, 1: amarillo crema, 2: crema naranja y 3: naranja rojizo; **FP**= Firmeza de pulpa; **IA**= Incidencia de Antracnosis; **SA**=Severidad de Antracnosis. **T1**= Primera 3 rayas (testigo); **T2**= Primera, 2 rayas (testigo); **T3**= Segunda, 2 rayas (testigo); **T4**= Segunda sin rayas (testigo); **T5**= Tercera, amarillo (testigo); **T6**= Primera, sin rayas (cera carnaub); **T7**= Primera, amarillo (cera carnaub); **T8**= Primera 2 rayas (enzima dextrosa); **T9**= Primera 3 rayas (enzima dextrosa); **T10**= Primera, 4 rayas (enzima dextrosa); **T11**= Primera, 5 rayas (enzima dextrosa). Medias con distinta letra en la columna son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05).

Tabla 2. *Prueba de medias Tukey (P≤0,05) para las variables registradas. Crucero de la Ruana, municipio de Buenavista Michoacán, México. 2024.*

Color de pulpa. Se observó diferencia estadistíca significativa (P≤0.05) en la mayoría de los tratamientos a excepción de T3 y T8. Los mejores valores fueron para los T1 y T2 con 2.7 para ambos que se reflejó en un color de pulpa naranja rojizo.

Firmeza de pulpa. Esta variable mostró diferencia estadistíca significativa (P≤0.05) para los T9 y T11 con valores 6.38 y 7.19 kg cm^2 respectivamente. Valores que corresponden a un fruto sazón, con pulpa muy dura en comparación con los testigos.

Severidad de antracnosis. Los tratamientos T1; T2; T4; T6; T9 y T11 mostraron ser estadísticamente iguales (P≤0.05) con un rango valores que van de 2.7 a 10.5%. Sin embargo, los valores promedio más altos en incidencia de la enfermedad se registraron para los T7 y T10 con 37.1 y 36.5 % respectivamente. Se deduce que solo los T1; T2; T3; T4 y T8 mostraron menos del 5% de daño en promedio de antracnosis en la epidermis.

Incidencia de antracnosis. Esta variable registró diferencia estadistíca significativa (P≤0.05) en los T1; T3; T6 y T9 con valores promedio de 50, 30, 70 y 40%. Esto corresponde al número de frutos infectados de antracnosis por cada diez muestreados. Los valores más altos en frutos infectados de antracnosis se registraron en los T4; T5; T7; T10 y T11 con 90, 100, 100, 100 y 80% respectivamente, evidenciando así la poca acción de los tratamientos para resolver el problema fitosanitario y no fueron aptos para su comercialización. Asimismo, los frutos fueron revisados cada 24 horas y a los seis días posteriores a su almacenamiento presentaron problemas de antracnosis.

CONCLUSIONES. Los mejores resultados fueron para frutos de primera calidad con dos rayas del (testigo) con contenido de SST 7.59 °Brix, color de pulpa de 2.7 (naranja rojizo), firmeza de pulpa 0.91 kg cm2, severidad de antracnosis 2.7% e incidencia de 20%. Los frutos de primera calidad con dos rayas amarillas y tratados con encima dextrosa, registraron el valor más alto para SST 9.88 °Brix, sin embargo, color de pulpa de 1.5 (amarillo crema) y firmeza de pulpa de 8.04 kg cm2 corresponde a un fruto sazón y duro que no maduró, con severidad e incidencia de antracnosis de 2.5% y 30% respectivamente, por consiguiente, no se recomienda el producto comercialmente. Los tratamientos con cera

carnaub mostraron una maduración más homogénea y un color muy característico de frutos tipo maradol, muy atractivo para el consumidor, sin embargo, no se recomienda aplicar el producto comercialmente debido a que mostró un 70 y 100% de Incidencia de antracnosis.

REFERENCIAS.

1. Carica Genetics (2024). Papayas tipo Maradol. [página de internet]. Recuperado de https://caricagenetics.com/productos/
2. Florez, O. A., Marín, H. F. & Zapata, J. A. (2009). Estudio de las prácticas de cosecha y poscosecha de la papaya (Carica papaya cv. Maradol), en el Departamento del Huila, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 0(1), 29-36.
3. García-Mateos, M. del R., Corrales-García, J., Cornejo-Vivar, T. & Hernández-Ramos, L. (2023). Recubrimiento biodegradable antifúngico a base de quitosano y aceite esencial de cítricos para la conservación de papaya (Carica papaya L.) en poscosecha. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, Ed. Esp. 17(2), 165-180 https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i2.1703
4. Google Earth (2024). Buenavista Michoacán, México. Google Maps. USA. Recuperado de https://earth.google.com/web/search/Buenavista,+Michoac%c3%a1n/@19.20903711,-102.63239966,431.55547508a,980.26374544d,35y,0h,0t,0r/data=CoEBGlcSUQoIMHg4NDJlMjhhZjc1OGRkYTg3OjB4MzI4OGFiMDA4MmE2NTEyMRnomQOpuTUzQCHaHVIMkKVZwCoWQnVlbmF2aXN0YSwgTWljaG9hY8OhbhgBIAEiJgokCXcLUTbrxDBAEXYLUTbrxDDAGY0tpVU4VT1AIbxiIOdOm1DA
5. Paull, R.E. (1993). Pineapple and papaya. In Biochemistry of fruit ripening. (pp. 291-323). London: Chapman & Hall.
6. Santamaría-Basulto, F., Sauri-Duch, E., Espadas y Gil, F., Díaz-Plaza, R., Larqué-Saavedra, A. & Santamaría-Fernández, J. (2007). Índices de maduración y cosecha de papaya maradol. En: F. Artés-Calero (Presidencia), Tecnología, calidad y seguridad hortofrutícola. Simposio llevado a cabo en el V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia.
7. Singh, K. & Kumar, A. (2010) Genetic variability and correlation studies in papaya under Bihar conditions. Acta Horticulturae 851:145- 150, https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.20

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324106

MAPAS MENSUALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA EL CULTIVO DE MAÍZ EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Dulce María García López, Juan Pablo Molina Aguilar, Luis Enrique Espinosa Torres, Ixchel Parola Contreras

Palabras Clave: Evapotranspiración, Blaney–Criddle, Kriging, Maíz, Estación Meteorológica convencional.

RESUMEN. La modificación de patrones meteorológicos debido al cambio climático a nivel nacional, han transformado múltiples actividades cotidianas, una de las más afectadas la agrícola respecto del desarrollo fenológico de distintos productos, particularmente los de la canasta básica. Sumado a ello, en muchas regiones en el estado de Michoacán, se carece de información en calidad y cantidad para gestionar el recurso hídrico disponible. Con base a lo señalado la finalidad del presente trabajo fue determinar la evapotranspiración mensual para el maíz en el estado, considerando información histórica de las variables climatológicas. Se identificaron, descargaron y procesaron registros de la página del Servicio Meteorológico Nacional, obteniéndose estadísticamente valores medios mensuales de evaporación, temperatura y precipitación en las estaciones meteorológicas convencionales activas, al interior del territorio estatal y en la periferia para los estados colindantes. Se obtuvieron mapas mensuales de cada variable, mediante la interpolación espacial con el modelo de Kriging, contando con la cobertura estatal, se definieron puntos georreferenciados de control en los cuales se aplicó la metodología de Blaney–Criddle para la evapotranspiración, construyéndose mediante interpolación el mapa estatal de la distribución geográfica en cada mes del año. Los valores obtenidos sugieren mayor demanda hídrica inicial en Tierra Caliente que concentra a los municipios de Buenavista, Apatzingán, Parácuaro, Múgica, La Huacana, Turicato Nocupétaro Carácuaro, Tiquicheo y Tuzantlsa incrementándose la necesidad hídrica hasta las costas en el momento de mayor crecimiento.

INTRODUCCIÓN. Cuantificar la disponibilidad hídrica mediante balances hidrológicos en una región especifica, permite una correcta estimación de cada proceso que es parte del ciclo hidrológico particularmente la evapotranspiración (ETP). Esto reside en el hecho de que su valor real es un alto porcentaje del agua regresa a la atmosfera al combinarse los procesos de la evaporación y la transpiración (Orozco–Medina et al, 2019). La incidencia sobre la magnitud de la ETP es debida tanto a factores fisiológicos como ambientales, en el primer caso, de acuerdo con Michael (1983) y Jones (1990), así como Elizondo y Contreras (1996) se pueden señalar la variedad y especie del cultivo, su ciclo vegetativo y edad, la estructura, cobertura y tamaño de hojas, la eficiencia para realizar la absorción de la humedad por parte del sistema radicular y las afectaciones de las enfermedades del cultivo por citar algunas. En el segundo caso Ahmad y El-Sayed (1996) señalan la temperatura, la radiación solar, la velocidad, la resistencia aerodinámica y la humedad

relativa del viento, la ubicación geográfica del sitio de estudio en contexto con la estación del año vinculado con la duración de los días y sus condiciones de nubosidad.

OBJETIVO. En el presente trabajo se determinarán y cartografiarán los valores de evapotranspiración mensual para el cultivo de maíz en el estado de Michoacán de Ocampo, empleando la metodología Blaney – Criddle, considerando la información histórica de las variables climatológicas registradas al interior y la periferia del territorio estatal.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Zona de estudio. La zona de estudio comprenderá el territorio del estado de Michoacán de Ocampo, ubicado en la región oeste de México, limitando al norte con Guanajuato y Jalisco, al sur con Guerrero mientras que al oeste con el Océano Pacífico. Su extensión territorial es de 58,598.7 km^2 (3.0 % de la superficie del país). Predominan el clima cálido subhúmedo (54.5%) sobre la planicie costera del pacifico y la sierra madre del sur, el templado subhúmedo (29%) en el eje Neovolcánico, seco y semiseco (15%) en las zonas media y baja de la depresión del Balsas y Tepalcatepec, templado húmedo (1%) y Cálido Húmedo (0.5%) en las regiones altas del eje Neovolcánico. La temperatura media anual es de 20 ^oC, mínima de 8 ^oC durante enero. mientras que la máxima promedio es 31 ^oC entre abril y mayo. Respecto del régimen pluviométrico se tiene una media estatal anual de 850 mm y las lluvias se presentan en el periodo de junio a septiembre.

Estaciones meteorológicas convencionales. Para lograr el objetivo planteado, se requiere de información climatológica de las estaciones meteorológicas convencionales (EMC) activas dentro del territorio estatal, así como las ubicadas en la colindancia con los estados limítrofes. Se llevó a cabo una consulta inicial en la página del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Se logró construir una base de datos con 198 estaciones de las cuales se distribuyen 130 en el interior del estado, 15 en Jalisco, 6 en Colima, 6 en Queretaro,19 en Guerrero y 22 en el Estado de México (Figura 1).

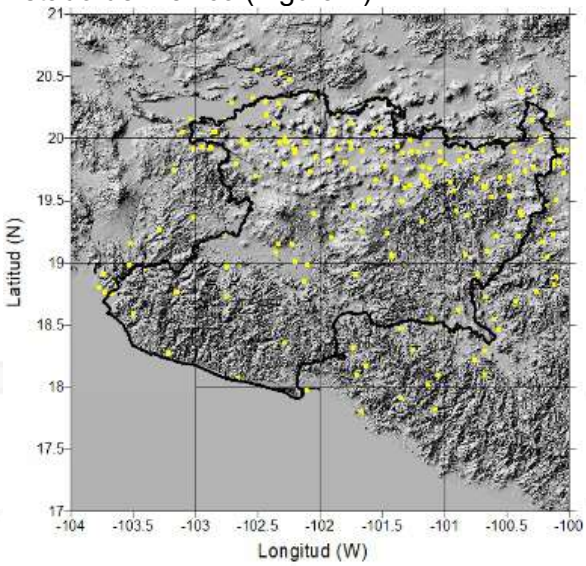


Figura 1. *Estaciones Meteorológicas Convencionales Activas*

Para las estaciones fueron consignados los valores medio mensuales de los registros de evaporación, precipitación y temperatura, los cuales fueron georreferenciados con su longitud y latitud para realizar los mapas interpolados con la técnica de Kriging.

Método de Blaney – Criddle. El procedimiento propuesto por Joseph Blaney y Brian Criddle se presentó en 1977 en la Serie de Riego y Drenaje con el título "Necesidades de Riego de los Cultivos No. 24", publicación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, denominándose enfoque "$K_c\, ET_o$", en el cual los efectos del clima sobre las necesidades hídricas del cultivo se reflejan en la evapotranspiración de referencia (ET_o) y el desarrollo se concentra en el coeficiente del cultivo (K_c). El producto de ambos parámetros representa la evapotranspiración potencial (*ETP*), también conocida como Evapotranspiración del cultivo (ET_c), siendo la herramienta empleada para definir el coeficiente unitario de riego (*CUR*), mismo que representa el gasto necesario en l/s/ha para diferentes áreas de cultivo en una misma zona. La importancia del *CUR* estriba en definir el gasto de conducción necesario para los cultivos y la capacidad de los conductos, canales y tuberías de conducción, utilizados en el riego.

$$ETP = F \cdot K_g = \left[P\left(\frac{T + 17.8}{21.8}\right)\right] \cdot K_g$$

En la ecuación la *ETP* resulta en cm, después de multiplicar el factor de temperatura y luminosidad (*F*) con el coeficiente global de desarrollo (*Kg*). El primer parámetro considera la temperatura media mensual del aire (*T*) en ºC y las horas de sol mensual respecto al año (P) en % para la zona de cultivo.

Empleando la latitud de cada EMC, se determina *P.* Mientras que para el cultivo de interés se establece los valores del *Kg* teniendo presente el mes donde se desarrolla y su valor máximo de *T* si se cuenta con un rango de su magnitud.

Maíz. El maíz es originario de Mesoamérica, se trata de una especie de planta gramínea, la cual tiene como una infrutescencia femenina llamada mazorca o elote donde crecen granos comestibles. Se establece, aproximadamente, que su domesticación data de hace doce mil años sobre el eje Neovolcánico mexicano (Benz, 2001). Previo a la llegada de los europeos en el siglo XVI ya se había propagado su cultivo en el continente americano. Con lo que se ha convertido en el cereal más producción a nivel mundial.

RESULTADOS. Ingresando la información de la base de datos en el software Surfer, se logró establecer la cartografía de la evaporación, precipitación y temperatura para los valores medios mensuales históricos, lo que permite conocer las condiciones climatológicas en el territorio estatal, ello para establecer las necesidades hídricas del maíz. Se muestra la distribución de las tres variables durante el mes de enero (Figura 2). Se generaron 36 mapas en total, en cada uno de ellos se establecieron 88 puntos de control (Figura 3), con lo que se definió información homologada geográficamente, mejorando la definición en zonas en las cuales no existe una estación registrando el clima, que particularmente se aprecia en las zonas de tierra caliente y la costa estatal.

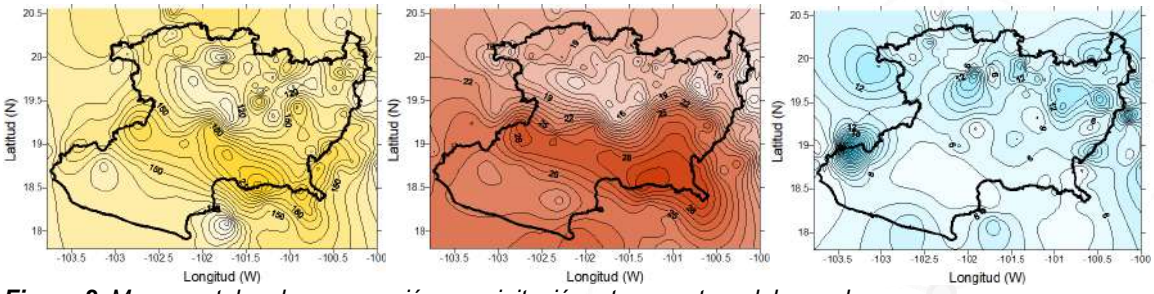


Figura 2. *Mapas estales de evaporación, precipitación y temperatura del mes de enero*



Figura 3. *Malla para obtención de puntos de control realizada la interpolación con Kriging.*

La información de los 36 mapas estatales, se consideró basada en los puntos de control para llevar a cabo dos mapas mensuales de ETP, mínimo y máximo con base al valor del coeficiente global de desarrollo del maíz (Figura 4).

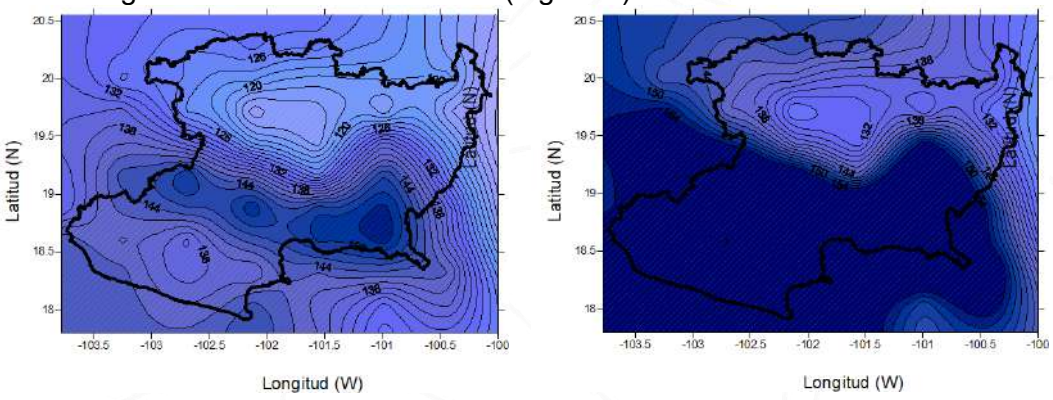


Figura 3. *Mapa estatal de ETP del mes de mayo considerando Kg $_{mínimo}$ y Kg $_{máximo}$.*

CONCLUSIONES. Una vez que se realizaron los mapas de evapotranspiración mensual se establece, en el caso del valor mínimo del Kg, que la franja territorial media estatal presenta la mayor necesidad hídrica para el proceso fenológico del maíz y que corresponde a los municipios de Buenavista, Apatzingán, Parácuaro, Múgica, la Huacana, Turicato, con una tendencia mayor hacia el oriente de dicha zona donde se encuentran los municipios de

Nocupétaro Carácuaro, Tiquicheo de Nicolás Romero y Tuzantla. Durante el proceso fenológico la demanda hídrica se incrementa desde la zona de tierra caliente hasta las costas representando con ello dos terceras partes del territorio estatal. La cartografía de ETP mensual en abos escenario permite contar con una herramienta que mejore la gestión de los recursos hídricos a fin de aumentar la producción a niveles como lo realiza Penjamillo, Vista Hermosa, Venustiano Carranza Maravatío, Puruándiro, La piedad, Tanhuato, Epitacio Huerta, Contepec, Morelia Y Numarán, el primero de ellos con un total de 101, 362 Ton.

REFERENCIAS.

1. Ahmadi, A. Al-Shooshan y E.S., El-Sayed Ismail. 1996. Alfalfa Microclimate and evapotranspiration Under Arid Climate Conditions. En: Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, proc. Of the International conference, 1996. San Antonio, Texas, USA. (p 48-5 3).
2. Benz, Bruce F. (2001). Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. 98 (4) 2104-2106. https://doi.org/10.1073/pnas.98.4.2104
3. Elizondo René Martínez y Contreras Mauricio Aguilera. 1996. Relación agua-suelo-planta-atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo. México. P (29, 165-250).
4. Jones, H.G. 1990. Physiological Aspects of the Control of Water Status in Horticultural Crops. Hort. Science 25(1): 19-26.
5. Michael, A. M. 1983. Irrigation (Theory and Practice). Vikas Publishing House (Pvt) Ltd. New Delhi, India.
6. Orozco Medina, Ismael, Alvarado Barrientos, María Susana, López-de la Cruz, Jesús, & Ramírez Orozco, Aldo Iván. (2019). Evaluación del efecto de distintas aproximaciones de la radiación en la estimación de la evapotranspiración usando el modelo FAO Penman-Monteith. Acta universitaria, 29, e2481. Epub 11 de septiembre de 2020. https://doi.org/10.15174/au.2019.2481
7. SMN. (2024). Servicio Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324107

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE LACASAS DE *Fusarium oxysporum species complex 33 (FOSC33)*

Ireri Monserrat García Rojas[1], Katia Lizbeth Alonso Hurtado[2], Alberto Flores García[3], Mauro Manuel Martínez Pacheco[4]

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1907813x@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1316242f@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alberto.flores@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mauro.martinez.pacheco@umich.mx

Palabras Clave: Producción, factores, Lacasas, Fusarium oxysporum.

RESUMEN. Las diversas prácticas industriales y globales generan residuos tóxicos, la acumulación de compuestos tóxicos afectan el ecosistema y a los organismos vivos que habitan en él. Por ello se buscan estrategias biotecnológicas, como el uso de enzimas para remover compuestos tóxicos. Las lacasas son enzimas oxidorreductasas que se caracterizan por su versatilidad, para degradar una gran cantidad de sustratos fenólicos. Es por ello que el objetivo de este trabajo es determinar los factores influyentes en la producción de lacasas por Fusarium oxysporum species complex 33 (FOSC33). La determinación de factores se realizó en un medio mínimo líquido con un precultivo de FOSC33 enriquecido con fenoles. El número de propágulos y el pH óptimo se evaluaron en medio líquido. La producción de lacasas aumentó a 10.1 U/mg de proteína. En conclusión, se encontraron las condiciones para aumentar la producción de lacasas de F. oxysporum como una alternativa en la remoción de compuestos tóxicos.

INTRODUCCIÓN. Los residuos tóxicos provienen de diversos sectores farmacéuticos, industriales, textiles y alimentarios. Los cuales causan la contaminación del suelo, agua y aire, la acumulación los residuos tóxicos afecta a los organismos vivos y al ecosistema. Para ello, se buscan estrategias biotecnológicas que los reduzcan o eliminen, por ejemplo, con el uso de microorganismos o de enzimas. Las lacasas son enzimas que se caracterizan por tener una amplia especificidad de sustrato, entre ellos, compuestos orgánicos aromáticos, fenólicos y no fenólicos. Asimismo, por su participación en reacciones catalíticas sin generar subproductos tóxicos, ya que su último aceptor de electrones es el oxígeno molecular que lo reducen a agua. La catálisis de las lacasas se relaciona con la deslignificación de compuestos lignocelulósicos, el biopulpeo, el bioblanqueo, la eliminación de colorantes de aguas residuales y la eliminación de compuestos recalcitrantes (Ardila-Leal et al., 2021). Un enfoque que conlleva a la búsqueda del incremento en su producción. Las fuentes de obtención de lacasas son diversas, desde de hongos y bacterias, hasta plantas e insectos, sin embargo, las lacasas fúngicas destacan al tener mayor actividad catalítica. Para el incremento del proceso de producción de lacasas es necesario tomar en cuenta factores como el medio de cultivo y las condiciones físico-químicas. En este trabajo se ajustaron las condiciones del medio de cultivo de Fusarium oxysporum species complex 33 (FOSC33) para incrementar la producción de lacasas.

ANTECEDENTES. La versatilidad oxidativa de las lacasas y su capacidad de catalizar reacciones de degradación o polimerización demuestran que las lacasas tienen diversas aplicaciones en la industria y en procesos químicos (Moreno et al., 2020). Participa en la industria maderera, papelera, alimentaria, cosmética, farmacéutica, y en biorremediación de suelos y aguas residuales (Khatami et al., 2022). Las lacasas están presentes en plantas, bacterias, algas, insectos y hongos que degradan la lignina (basidiomicetos, ascomicetos y deuteromicetos) (Ardila-Leal et al., 2021). Fusarium oxysporum es un hongo ascomiceto endófito. En varios estudios, F. oxysporum demostró ser un productor enzimático con la capacidad de degradar diferentes biomasas como la celulosa y la lignina. Algunas de las enzimas reportadas que produce F. oxysporum son: glucosidasas, nitrilasas óxido nítrico reductasas, lipoxigenasas, lacasas, queratinasas, fosfolipasa B, entre otras (Ibrahim et al., 2021). Además de que se ha demostrado que en condiciones favorables como el ajuste de la fuente de carbono, nitrógeno e inductores aumentan la producción de la enzima, en 2023 en el grupo de trabajo mediante un modelo Box-Behnken se evaluaron diferentes concentraciones de dextrosa, nitrato de amonio y sulfato de cobre como inductor. El resultado que se obtuvo fué el incremento de lacasas con 20 g/L de dextrosa, 10 g/L de nitrato de amonio y 12x10-4 g/L de sulfato de cobre en un medio mínimo líquido.

OBJETIVO. Determinar los factores que influyen en la producción de lacasas por Fusarium oxysporum species complex 33.

MATERIALES Y MÉTODOS.

1. Mantenimiento de FOSC33

FOSC33 se obtuvo del laboratorio de Fisiología Celular del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. La cepa se resembró en agar papa dextrosa (APD) con propágulos de 25 mm2. El medio de cultivo se esterilizó en una autoclave por 15 minutos a 121 °C y 1 atm de presión. Los cultivos se mantuvieron 25 °C.

2. Influencia de los propagulos enriquecidos con fenoles a diferentes concentraciones en la producción de lacasas

El hongo FOSC33 se resembró en medio agar papa dextrosa (APD) y en medio mínimo sólido enriquecido con acetaminofén en tres concentraciones, 0.0075 % 0.015 % y 0.0225 %, el hongo se dejó crecer por 8 días a 25 °C y luego se inoculó en medio mínimo líquido con la siguiente composición de acuerdo a Bartnicki-García y Nickerson, 1962 (g/L): Dextrosa 20, nitrato de amonio (NH_4NO_3) 10, fosfato potásico monobásico (KH_2PO_4) 3, sulfato de magnesio ($MgSO_4*7H_2O$) 0.5, sulfato de zinc ($ZnSO_4*7H_2O$) $1.8x10^{-3}$, sulfato ferroso ($FeSO_4*7H_2O$) $1x10^{-3}$, tiamina $1x10^{-3}$, ácido nicotínico $1x10^{-3}$, sulfato cúprico ($CuSO_4*5H_2O$) $12x10^{-4}$, sulfato de manganeso ($MnSO_4*H2O$) $3x10^{-4}$. La fermentación duró 5 d a 25 ºC, pH 5. El extracto crudo se recuperó por filtración, se colocó en tubos Falcón de 50 ml, alícuotas un ml se tomaron de para determinar el contenido de proteína por el método de lowry 1951 y la actividad específica de las enzimas (Alonso-Hurtado 2022).

3. Influencia del número de propágulos en la producción de lacasas

El hongo FOSC33 se resembró en medio mínimo sólido enriquecido con acetaminofén al 0.015 % y se dejó crecer por 8 días. Posteriormente se inoculó en medio mínimo líquido con la composición de acuerdo a Bartnicki-García y Nickerson, 1962 como se describió anteriormente. Los matraces se inocularon con propágulos de 25 mm^2, en las siguientes

cantidades: un propágulo por cada 10 ml, dos propágulos por cada 10 ml y cuatro propágulos por cada 10 ml. Los matraces se incubaron a 120 rpm por 5 d a 25 ºC, pH 5. La fermentación duró 5 d a 25 ºC, pH 5. El extracto crudo se recuperó por filtración, se colocó en tubos Falcón de 50 ml, alícuotas un ml se tomaron de para determinar el contenido de proteína por el método de lowry 1951 y la actividad específica de las enzimas (Alonso-Hurtado 2022).

4. Efecto del pH en la producción de lacasas

El hongo FOSC33 se resembró en medio mínimo sólido enriquecido con acetaminofén al 0.015 % y se dejó crecer por 8 días. Posteriormente se inoculó en medio mínimo líquido con la siguiente composición de acuerdo a Bartnicki-García y Nickerson, 1962 como se describió anteriormente. Para evaluar el efecto del pH, los nutrientes anteriores se disolvieron en búfer de citrato de sodio pH 5 y búfer de fosfato de potasio pH 6 y 7. Los matraces se inocularon con propágulos de 25 mm^2, un propágulo por cada 10 ml. La fermentación duró 5 d a 25 ºC. El extracto crudo se recuperó por filtración, se colocó en tubos Falcón de 50 ml, alícuotas un ml se tomaron de para determinar el contenido de proteína por el método de lowry 1951 y la actividad específica de las enzimas (Alonso-Hurtado 2022).

RESULTADOS.

Efecto de los propágulos enriquecidos con fenoles en el medio de fermentación para la producción de lacasas.

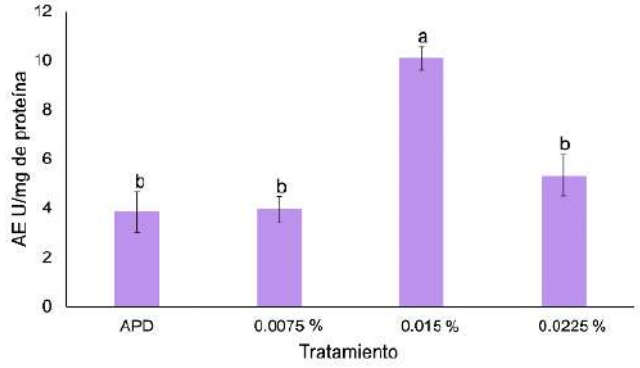


Figura 1. *Influencia del medio crecimiento de los propágulos para la producción de actividad de lacasa. Medio PDA y medio enriquecido con acetaminofén al 0.0075 %, 0.015 %, y 0.0225 %. Los resultados son promedio de n= 3, ± DE. Tukey (α = 0.05).*

Efecto del número de propágulos en la fermentación para la producción de lacasas

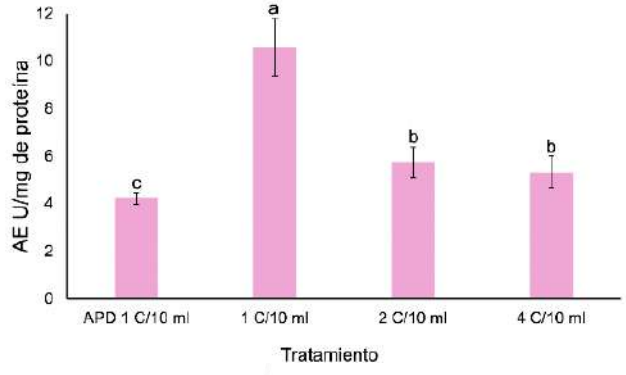


Figura 2. *Influencia del número de propágulos para la producción de actividad de lacasas. En medio APD y medio enriquecido con acetaminofén al 0.015 % con 1 C/10ml, 2 C/10ml y 4 C/10ml. Los resultados son promedio de n= 3, ± DE. Tukey (α = 0.05).*

Efecto del pH en la fermentación para la producción de actividad de lacasas

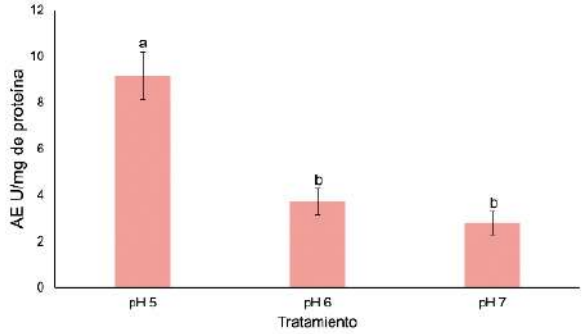


Figura 3. *Influencia del pH para la producción de actividad de lacasas. Los resultados son promedio de n= 3, ± DE. Tukey (α = 0.05).*

CONCLUSIONES. Los factores que se evaluaron mejoraron la producción de lacasas en FOSC33.

REFERENCIAS.

1. Alonso Hurtado, K. L. (2022). Establecimiento de las condiciones de fermentación de Fusarium oxysporum para la producción de Lacasas con potencial en la degradación de contaminantes fenólicos. Tesis de Maestría. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas y la Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH
2. Ardila-Leal, L. D., Poutou-Piñales, R. A., Pedroza-Rodríguez, A. M., y Quevedo-Hidalgo, B. E. (2021). A brief history of colour, the environmental impact of synthetic dyes and removal by using laccases. Molecules, 26(13). https://doi.org/10.3390/molecules26133813
3. Ibrahim, S. R. M., Sirwi, A., Eid, B. G., Mohamed, S. G. A., y Mohamed, G. A. (2021). Bright Side of Fusarium oxysporum: Secondary Metabolites Bioactivities and Industrial Relevance in Biotechnology and Nanotechnology. Journal of Fungi, 7(11). https://doi.org/10.3390/jof7110943
4. Khatami, S. H., Vakili, O., Movahedpour, A., Ghesmati, Z., Ghasemi, H., y Taheri-Anganeh, M. (2022). Laccase: Various types and applications. Biotechnology and Applied Biochemistry, 69(6). https://doi.org/10.1002/bab.2313
5. Moreno, A. D., Ibarra, D., Eugenio, M. E., y Tomás-Pejó, E. (2020). Laccases as versatile enzymes: From industrial uses to novel applications. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 95(3). https://doi.org/10.1002/jctb.6224

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324109

ADAPTABILIDAD DE NUEVOS GENOTIPOS DE PAPAYA (Carica papaya L.) EN EL VALLE DE APATZINGÁN, MICHOACÁN

Alejandra Mondragón Flores, Héctor Rómulo Rico Ponce, Saúl Pardo Melgarejo

Palabras Clave: Floración, Híbridos, Rendimiento.

RESUMEN. Para el 2023 Michoacán ocupo el cuarto lugar a nivel nacional en la producción de papaya, el Valle de Apatzingán aportó el 62.2 % con 76,147 t de fruta. El 80 % de la producción en México depende de la variedad Maradol, que es susceptible a cambios climáticos originando frutos carpeloides y aborto de flores, lo que afecta el rendimiento del cultivo. Por lo anterior, es importante evaluar nuevas variedades e híbridos de papaya con potencial de rendimiento y calidad de frutos, para beneficiar a los productores. El objetivo de este trabajo fue evaluar la adaptabilidad de nuevos genotipos de papaya en el Valle de Apatzingán. Se establecieron genotipos de papaya bajo un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos: T1: Hibrido MSXJ, T2: Híbrido 3, T3: Híbrido 4, T4: Variedad Deliciosa, T5: Híbrido 6, T6: Variedad Maradol Roja, T7: Genotipo 7. En surcos de 7 m de longitud, se ubicaron cinco plantas a una distancia de 1.4 m. La unidad experimental es las tres plantas centrales. A los 79 días después del trasplante (ddt) se registró la variable de aborto de flores y a los140 ddt, diámetro de tallo, altura de planta y número de frutos, con los datos se hizo un análisis de varianza y una comparación de medias (Tukey, 0.05). Los resultados de los análisis estadísticos mostraron significancia ($P \leq 0.001$) para todas las variables, destacando el híbrido 4 (T3), para diámetro de planta (13.9 cm) y número de frutos (34.5). Para altura de planta el híbrido 6 alcanzo el mayor valor (265.7 cm). El genotipo 7 y la variedad Maradol presentaron el mayor número de flores abortadas 4.6 y 3.6 respectivamente. Hasta el momento el híbrido 4 se ha comportado mejor ante las condiciones climáticas del Valle de Apatzingán, sin embargo, aún faltan variables por evaluar.

INTRODUCCIÓN. México se encuentra entre los principales países productores de papaya (Carica papaya L.), para el 2023 contribuyó con superficie establecida de 20,015 ha y una producción de 1,418,545 t de fruta. A nivel nacional, Michoacán ocupa el cuarto lugar con 3 585 ha establecidas y una producción de 122,420 t (SIAP 2023). La creciente demanda externa de papaya mexicana ha favorecido el ascenso de sus exportaciones, en especial al mercado estadounidense, con ventas para el 2020 que superan los 86 millones de dólares, además de Reino Unido, Canadá, Alemania y Países Bajos que también importan papaya mexicana (SADER, 2021). El Valle de Apatzingán aporta más del 60% de la producción estatal de papaya con una producción de 76,147 t y un rendimiento de 36 t ha -1 (SIAP, 2023). Dentro de las variedades más cultivadas se encuentra la Maradol, que presenta buenas características como tamaño, color y consistencia del fruto, sin embargo, es susceptibles a deformación de frutos (carpeloidia) causadas por altas temperaturas, que se presentan en los meses de abril a julio y susceptible a antracnosis y virosis (Santamaría et al., 2015). Cuando la temperatura ambiental alcanza los 40 °C, además de Maradol, la

mayoría de las variedades comerciales presentan aborto de flores o deformación de los frutos de flores hermafroditas, temperaturas mayores a 36°C y menores a 15°C reducen el amarre de frutos y provocan carpeloidia, los frutos r no son comercializables (Vázquez et al., 2010). Debido al incremento de la demanda de esta fruta, es importante brindar nuevas alternativas a los productores de papaya, que les permitan obtener mejores rendimiento y frutos de calidad, para de esta forma asegurar la competitividad del cultivo.

ANTECEDENTES. Es importante la generación e identificación de nuevos genotipos con características comerciales para cubrir las exigencias del mercado de exportación, ya que el consumo a nivel mundial se ha incrementa considerablemente en las últimas décadas. Debido a las demandas y necesidades de los productores de papaya en México, el INIFAP ha generado variedades que presentan tolerancia a altas temperaturas, producción de frutos alargados y sin deformaciones como son BS y BS-2; sin embargo, la pérdida de firmeza limita a estas variedades para el mercado de exportación, por lo que se consumen localmente (Mirafuentes et al., 2014). No solo en México se ha trabajado en la generación de nuevos genotipos, en Cuba por ejemplo se ha buscado generar variedades con mejores características morfológicas y organolépticas a través de mejoramiento convencional, Posada et al., (2010) realizaron diferentes cruzamientos usando como progenitor la variedad Maradol y otras variedades comerciales, encontrando que el hibrido F procedente de la cruza entre Maradol roja y Strawberry presentó frutos con un peso promedio de un 1.0 kg y 14° Brix. Por otra parte, en Costa Rica, se evaluaron diferentes híbridos de papaya, los resultados indicaron que los más promisorios para esa región fueron Pococi y MGXHC95-6 por con un peso de fruto de 1.29 y 1.75 kg; 41 y 37 frutos por planta y un rendimiento de 86.7 y 108.8 t ha -1 respectivamente (Mora y Bogantes, 2004). El INIFAP desarrollo el híbrido MSXJ que tiene la ventaja de que los frutos no presentan carpeloidia y que presentan características de calidad similares a la variedad Maradol (Santamaría et al., 2014). En evaluaciones de genotipos realizadas en el estado de Tabasco se encontró que el hibrido MSXJ supero en rendimiento y número de frutos a Maradol, por lo cual se considera un genotipo promisorio para el sur de México, pero además la línea BS también supero a Maradol en mayor rendimiento y menor cantidad de frutos carpeloides (Mirafuentes et al., 2012).

OBJETIVO. Evaluar la adaptabilidad de nuevos híbridos y variedades comerciales de papaya con frutos de calidad para el mercado de exportación y nacional en el Valle de Apatzingán

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 1.Identificar nuevos genotipos que presenten menor cantidad de frutos carpeloides, ocasionados por cambios climáticos (temperatura y humedad), en el Valle de Apatzingán. 2. Determinar el potencial de rendimiento de nuevos genotipos establecidos en el Valle de Apatzingán

MATERIALES Y MÉTODOS. En el mes de marzo del 2024, se estableció un experimento en el Campo Experimental Valle de Apatzingán, ubicado en el Mpio. de Parácuaro, Michoacán, con coordenadas de 102° 13' 43.31" LW y 19° 00' 42.26" LN a una altitud de 340 msnm. y clima BS1, con suelo Vertisol. Se usó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos (genotipos de papaya): T1: Hibrido MSXJ, T2: Hibrido 3, T3: Híbrido 4, T4: Variedad Deliciosa, T5: Hibrido 6, T6: Variedad Maradol

Roja, T7: Genotipo 7. Las plantas fueron desarrolladas en invernadero en bolsas de polietileno transparente medida 8 x 12 cm, con sustrato sunshine mezcla 3, se estableció el sistema de fertiriego (Rico et al., 2009). El trasplante a campo se hizó el 13 de marzo de 2024. Se establecieron cinco plantas en un surco de 7 m de longitud, a una distancia de 1.4 m. La distancia entre surcos es de 3.0 m. La unidad experimental son las tres plantas centrales del surco. Se registró la temperatura promedio por mes. Hasta el momento se han tomado datos fenológicos de las siguientes variables: diámetro de tallo, altura de planta, numero de frutos a los 140 días después de trasplantadas (ddt) y a los 79 ddt se registro aborto de flores y. La toma de datos de inicio de floración se llevó a cabo cuando se observaron las primeras flores, se consideró el promedio de las mediciones por unidad experimental (ue) y con los datos se hizo un análisis de varianza y una comparación de medias (Tukey, 0.05) con el paquete estadístico: R studio 2023, Version 1.4.1106.

RESULTADOS. Los genotipos iniciaron la floración entre los 69 y 72 días, no se observó diferencias estadísticas, la temperatura promedio hasta la evaluación fue de 30.5 °C. En el resto de las variables se observó significancia *(P ≤ 0.001).* Para aborto de flores, en la comparación de medias, sobresalió el genotipo 7 y la variedad Maradol con 4.6 y 3.6 flores abortadas respectivamente. Para la segunda variable se formaron dos grupos, sobresaliendo el híbrido 4 con el mayor promedio de frutos (34.5), para los demás genotipos los valores oscilaron entre 13-25 frutos (Cuadro 1). El genotipo 6 alcanzó la mayor altura de planta con 265 .75 cm, la variedad 7 y Maradol se comportaron estadisticamente iguales con las menores alturas (196.5 y 189 cm) respectivamente (Cuadro 2). El híbrido 4 (13.9 cm) y el genotipo 6 (13.7 cm) presentaron el mayor diámetro de tallo comportándose estadisticamente iguales, para los demàs genotipos los valores oscilaron entre13.3 y 11.28 cm (Cuadro 3).

Tratamiento	Número de frutos (ue)	Tratamiento	Altura de planta
T3: Híbrido 4	34.5 a*	T5: Genotipo 6	265.75 a*
T2: Híbrido 3	25.0 ab	T3: Híbrido 4	257.25 ab
T1: Híbrido MSXJ	22.75 ab	T2: Híbrido 3	238.50 bc
T7: Variedad Maradol	19.25 ab	T4: Variedad Delicia	227.75 c
T4: Variedad Delicia	16.50 b	T1: Híbrido MSXJ	227. 0 c
T6: Variedad 7	15.0 b	T6: Variedad 7	196.5 d
T5: Genotipo 6	13.0 b	T7: Variedad Maradol	189.0 d

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 1. *Comparación de número de frutos por ue a los 140 ddt de genotipos de papaya (Carica papaya L) en el Valle de Apatzingán*

Cuadro 2. Altura de plantas (cm) a los 140 ddt de genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) en el Valle de Apatzingán

Tratamiento	Diámetro de tallo
T3: Híbrido 4	13.9 a*
T5: Genotipo 6	13.7 a
T2: Híbrido 3	13.3 ab
T6: Variedad 7	12.25 ab
T1: Híbrido MSXJ	12.0 ab

T4: Variedad Delicia	12.0	ab
T7: Variedad Maradol	11.28	b

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Cuadro 1. *Comparación de medias de diámetro de tallo de planta a los 140 ddt de genotipos de papaya (Carica papaya L) en el Valle de Apatzingán*

CONCLUSIONES. El genotipo 4 representa una buena opción para establecerse en el Valle de Apatzingán, Michoacán debido a que presentó el mayor número de frutos y bajo aborto de flores. Por otra parte, se comprobó la susceptibilidad de la variedad Maradol a las altas temperaturas, presentando junto con el genotipo 7 el mayor número de flores abortadas y menor número de frutos. Es necesario realizar evaluaciones referentes a la calidad de la fruta para determinar cuáles genotipos pueden ser otra alternativa para las condiciones agroclimáticas del Valle de Apatzingán, Michoacán.

REFERENCIAS.

1. Mirafuentes, F; Santamaría, B. F; y Azpeitia A. 2012. Genotipos de papaya tolerantes a altas temperaturas durante la etapa de floración. En memoria de la XLVIII Reunión Nacional de investigación Agrícola. Querétaro, Qro. 10 al 13 de septiembre 2012. p.263.
2. Mirafuentes. H.F; Santamaría, B.F y Azpeitia, M. A. 2014. BS Y BS-2 variedades de papaya para consumo regional con tolerancia a altas temperaturas durante la etapa de floración. Memoria de la reunión nacional de innovación agrícola. Yucatán 2014.1 (1):249.
3. Mirafuentes Hernández, Felipe; Santamaría Basulto, Felipe. 2014. MSXJ, híbrido de papaya sin carpeloidía para el sureste de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, núm. 7, abril-mayo, pp. 1297-1301 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México
4. Mora, E; y Bogantes, A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (Carica papaya L.) en Pococi Limón Costa Rica Agronomía Mesoamericana 15(1) 39-44.
   Posada, L; Gomes, R; Pérez, J; Reyes, M; y Norman, O. 2010. Desarrollo de un nuevo hibrido de papaya (Carica papaya L.) IBP. Ciencia y Tecnología de América 35 (6) 461-465.
5. Rico, H.R.; Tapia, L. M., Munro, D., Vargas, E. 2009. Tecnología de fertiirrigación para la producción de papaya (Carica papaya L.) Var. Maradol en el Valle de Apatzingán, Michoacán. Folleto Técnico No. 2. ISBN: 978-607-425-272-9. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Valle de Apatzingán. 1-16 p.
6. SADER 2021.Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 28 de mayo de 2021 Comunicado. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principalexportador-de-papaya-en-el-mundo
7. Santamaría, B. F.; Mirafuentes, H. F Y Rico, P. H. R. 2014. MSXJ. Híbrido de papaya sin carpeloidía. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 30 p.
8. Santamaría, B. F; Mirafuentes F y Azpeitia A. 2015. BS Y BS-2, Variedades de papaya con resistencia a altas temperaturas. Centro de Investigación regional Sureste. Campo Experimental Mocochá. Folleto técnico No.19 Mérida, Yucatán, México.
9. Secretaría de Desarrollo Rural, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SADERSIAP]. 2021. Anuario Estadístico de Producción Agrícola [Base de datos]. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
10. SIAP 2023. Servicio de información agrícola y pesquera, avance de siembras y cosechas agosto del 2023. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

11. Vázquez, G.E.; Mata, V.H.; Ariza, FR. y Santamaría, B.F 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya Maradol en la Planície Huasteca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Libro Técnico No. 4. 155 p.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324110

PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS UTILIZANDO A PSEUDOMONAS REPTILIVORA B-6BS COMO UNA FÁBRICA CELULAR A NIVEL BIORREACTOR MEDIANTE DISEÑO BOX-BEHNKEN

Itan Homero Ruiz-Hernandez[1], Luis Alberto Madrigal-Perez[2], Christian Omar Martínez-Cámara[3], Juan Carlos González-Hernández[4]

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; D12120039@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; lmadrigal@cdhidalgo.tecnm.mx

3Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de la Piedad; christian.mc@piedad.tecnm.mx

4Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Pseudomonas reptilivora B-6bs, ácidos orgánicos, superficie de respuesta.

RESUMEN. Los ácidos orgánicos producidos por bacterias ofrecen oportunidades significativas para la investigación y diversas industrias debido a su capacidad para generar una variedad de compuestos a través de procesos metabólicos. La bacteria P. reptilivora B-6bs, una Gram negativa aerobia estricta, puede producir simultáneamente ácido glucónico, 2-cetoglucónico y 5-cetoglucónico en un periodo de 24 horas mediante la oxidación de glucosa como sustrato principal en un biorreactor (10 a 50 g/L). Este proceso varía en aireación (0.2 a 2.0 vvm) y agitación (300 a 650 rpm), utilizando un diseño de superficie de respuesta Box-Behnken aleatorizado con 15 tratamientos. El consumo de glucosa se determinó mediante un ensayo enzimático con glucosa oxidasa y peroxidasa. El ácido glucónico se cuantificó mediante el método modificado de Malaprade-Hanstzch, el ácido 2-cetoglucónico se analizó con la reacción de o-fenilendiamida, y el ácido 5-cetoglucónico se cuantificó mediante la reacción con arsenomolibdato de sodio. Los resultados indican que la concentración inicial de glucosa (50 g/L), la aireación (2.0 vvm) y la agitación (600 rpm) son cruciales para la producción de ácido glucónico, 2-cetoglucónico y 5-cetoglucónico. Este tratamiento resultó ser la mejor condición para la producción de estos ácidos orgánicos. El análisis estadístico mostró que la concentración inicial de 50 g/L de glucosa es el factor más significativo. El gráfico de superficie de respuesta y la optimización del diseño sugirieron ajustar la aireación a 1.92 vvm y la agitación a 600 rpm, logrando así 35 ± 0.074 g/L de ácido glucónico, 49 ± 0.087 g/L de 2-cetoglucónico y 30 ± 1.5 g/L de 5-cetoglucónico en menos de 24 h. Por lo tanto, se puede confirmar que la P. reptilivora B-6bs es un microorganismo capaz de producir múltiples productos de alto valor industrial utilizando fuentes de carbono económicamente accesibles y en menor tiempo en comparación con otras bacterias productoras.

INTRODUCCIÓN. El ácido glucónico, 2-cetoglucónico y 5-cetoglucónico son ácidos orgánicos de alto valor industrial producidos por microorganismos como Gluconobacter oxydans, Pseudomonas aeruginosa y Aspergillus niger (Ramachandran et al., 2006). Sin embargo, su biosíntesis con estos organismos es ineficiente debido a largos tiempos de

producción y altas temperaturas (Ramachandran et al., 2017). En 2020, su compraventa alcanzó 1.9 millones de dólares, y se proyecta que para 2035 su valor se duplique debido a su importancia en diversas industrias (Viana Machado et al., 2023). El objetivo de esta investigación fue producir estos ácidos en menos de 24 h utilizando un diseño experimental Box-Behnken de 15 tratamientos en un biorreactor (Applikon Systems) de 3.0 L con un volumen de trabajo de 1.0 L, variando la agitación de las propelas (250 a 600 rpm), la aireación (0.2 a 2.0 vvm) y la cantidad de glucosa inicial (10 g/L a 50 g/L) utilizando a P. reptilivora B-6bs, una bacteria estrictamente aerobia y no patógena para el humano.

ANTECEDENTES. La producción del ácido glucónico, 2-cetoglucónico y 5-cetogluónico a partir del género Pseudomonas es un tema novedoso que sustituye al método de síntesis químico (resultante de ser caro y contaminante) para su síntesis (Ramachandran et al., 2017). Para la biosíntesis de estos ácidos con Pseudomonas se requiere glucosa y carbonato de calcio (CaCO3) en exceso (Sun et al., 2020), materias primas relativamente baratas. La venta de estos ácidos a nivel global tuvo una recaudación de 1 billón de dólares en 2020 (Viana Machado et al., 2023), lo que los convierten en metabolitos de alto valor industrial. La búsqueda de diferentes alternativas para la biosíntesis de estos ácidos está justificada al querer reducir los costos de operación y aumentar los rendimientos de producción (Yegin et al., 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó una matriz experimental de superficie de respuesta con 15 tratamientos tipo Box-Behnken en un biorreactor Applikon System® de 3 L, con un volumen de trabajo de 1.0 L. Se variaron los siguientes parámetros: concentración inicial de glucosa (10 a 50 g/L), velocidad de agitación de las hélices tipo Rushton (250 a 600 rpm) y flujo de aire (0.2 a 2.0 vvm). El medio de cultivo utilizado contenía, por L: 50 g de $CaCO_3$, 3 g de extracto de levadura, 0.02 g de $FeSO_4$, 0.02 g de $MgSO_4$, 0.02 g de $MnSO_4$, 5 g de NaCl y 0.7 g de KH_2PO_4. La cuantificación de glucosa se realizó mediante el método enzimático de Bergmeyer (2012), modificado con la adición de H_2SO_4 y lectura a 540 nm. El ácido glucónico fue medido utilizando el método de Malaprade-Hantzsch, con calentamiento a 50 °C durante 30 minutos y lectura a 414 nm. El ácido 2-cetoglucónico fue cuantificado mediante una solución compuesta por 0.5 g de o-fenilendiamina, 0.6 mL de HCl (36%) y 24.3 mL de etanol, calentada a 80 °C durante 30 min (modificado de Lanning & Cohen. (1951). Finalmente, el ácido 5-cetoglucónico fue analizado mediante la técnica de molibdato arsénico de sodio propuesta por DeMoss (1957), con un tratamiento a 50 °C durante 2 h.

RESULTADOS. La matriz experimental (**Tabla 1**) utilizada se consistió en un diseño de 15 tratamientos realizado con el *Software Minitab®18*, empleando 3 puntos centrales.

Tratamiento	**Diseño**		
Número	**Glucosa**	**Agitación**	**Aireación**
	g/L	rpm	vvm
1	50	600	1.1
2	30	600	2
3	50	250	1.1
4	30	425	1.1
5	50	425	0.2
6	30	250	0.2

7	50	250	0.2
8	10	425	0.2
9	10	425	2
10	30	425	1.1
11	10	600	1.1
12	50	425	2
13	30	425	1.1
14	30	600	0.2
15	30	250	2

***Tabla 1**. Diseño experimental Box-Behnken de 15 tratamientos variando la cantidad de glucosa inicial, la agitación y la aireación (vvm).*

De acuerdo con los resultados obtenidos de la **Fig. 1,** se muestra el crecimiento de tres tratamientos (T2, T7 y T11) medidos por densidad óptica a 650 nm durante 24 h. T2 presenta un aumento significativo en el crecimiento, mientras que T7 y T11 presentan un crecimiento leve. T2 presenta una alta actividad metabólica y reproducción celular a diferencia de T7 y T11, donde las condiciones de crecimiento no son óptimas. Por otra parte, el cambio de pH a lo largo del tiempo también se ve afectado, T2 muestra una disminución pronunciada del pH hasta la octava hora, que está relacionado con la producción de ácidos orgánicos durante el metabolismo y consumo de glucosa de la bacteria *P. reptilivora* B-6bs (Ramachandran *et al*., 2017). T7 y T11 presentan un pH casi neutro, indicando que no existe producción significativa de ácidos orgánicos. Es notable considerar que T2 consumió presento un rápido consumo del sustrato D-glucosa, agotándose después de 18 h a diferencia de T7 y T11 que sucede después de 22 y 24 h. T2 presentó ser la mejor condición para la producción de los diferentes metabolitos, en el caso del ácido glucónico, T2 produce una cantidad significativa con un pico máximo de producción en la doceava hora, posteriormente empieza a consumirse, esto es normal en los procesos oxidativos de la glucosa con *Pseudomonas* como lo menciona Yeigin et al. (2020), por otra parte T7 y T11 no producen cantidades apreciables.

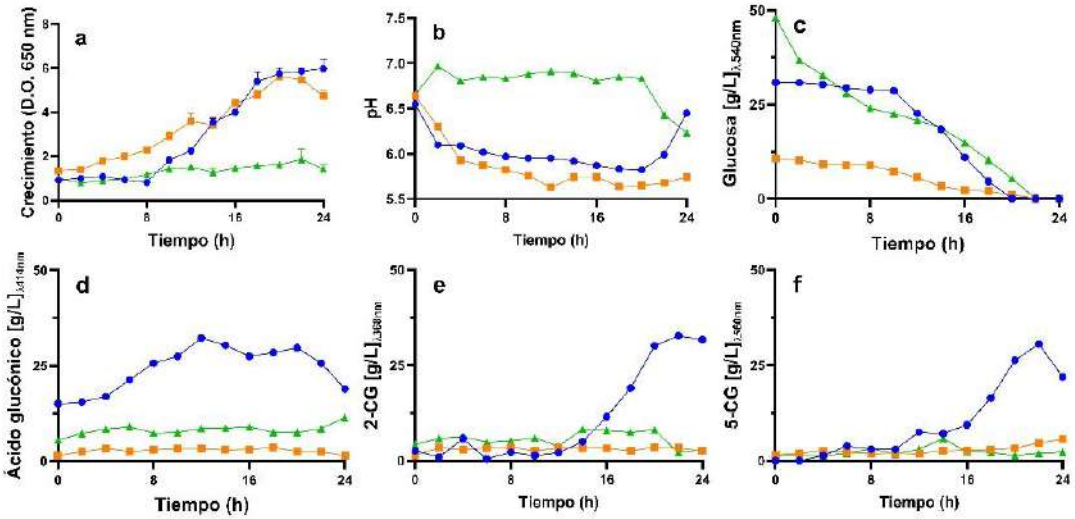


Figura 1. *Evolución del crecimiento microbiano, pH, consumo de glucosa y producción de metabolitos en tres muestras durante 24 h de* ***T2*** *(●),* ***T7*** *(▲) y* ***T11*** *(■). (**a**) Crecimiento celular medido como densidad óptica a 650 nm (O.D. 650 nm), (**b**) cambios en el pH, (**c**) consumo de glucosa [g/L], (**d**) producción de ácido glucónico [g/L], (**e**) producción de 2-cetoglucónico (2-CG, [g/L]) y (**f**) producción de 5-cetoglucónico (5-CG [g/L], las barras de error indican ± la desviación estándar, n = 3).*

Finalmente, en el caso de los ácidos 2-cetolgucónico y 5-cetoglucónico, T2 muestra un incremento significativo notable a partir de la hora 14 y en el caso del 5-cetogluconico, la producción comienza a la hora 12 h a diferencia de T7 y T11, donde no se muestran producción significativa de estos compuestos. De acuerdo con los resultados presentados, T2 es el tratamiento más favorable para la producción de estos metabolitos.

Por otra parte, el análisis estadístico realizado (**Fig. 2**) muestra que la concentración de glucosa y la agitación fueron factores estadísticamente significativos para la producción ácido glucónico (**a**), mientras que para el 2-cetoglucónico fue la concentración de glucosa y la aireación (**b**), finalmente para el 5-cetoglucónico (**c**) ninguno de los parámetros evaluados fue estadísticamente significativo, aunque la glucosa (término **A**) se encuentre muy cercano al valor crítico (valor P: 0.051). Así mismo, se presenta los diagramas de superficie de respuesta obtenido a partir de los 15 tratamientos (**Fig. 3**), indicando que se ocupa una mayor concentración de glucosa inicial para encontrar el punto óptimo. En el caso del ácido 5-cetoglucónico, se requiere de una alta concentración de glucosa inicial pero una menor aireación. Por otra parte, para la producción de 2-cetoglucónico, el punto óptimo este situado entre 30 g/L a 50 g/L de glucosa inicial y una aireación de 1.8 a 2.0 vvm. De acuerdo con los datos obtenidos, se realizó un diseño de optimización utilizando 50 g/L de glucosa inicial, 600 rpm y 1.92 vvm, que resultaron ser las mejores condiciones para la producción de los metabolitos de interés. El diseño propuesto demostró ser eficiente, permitiendo la producción de los diferentes metabolitos en tiempos reducidos.

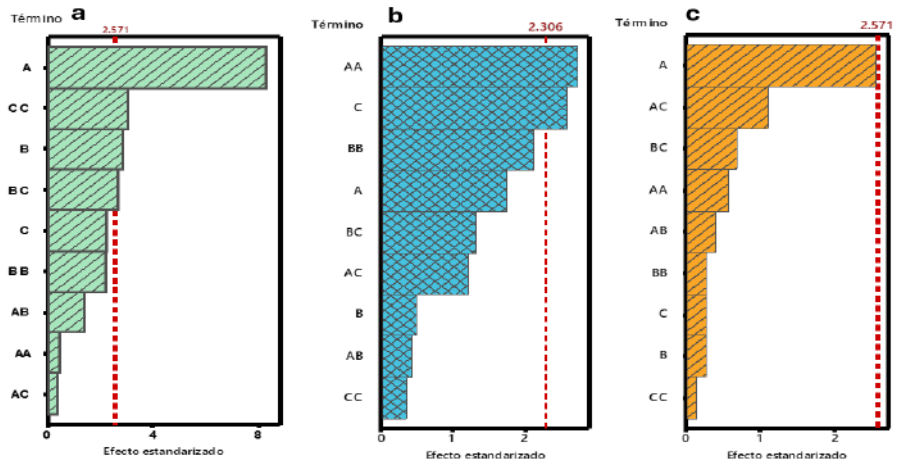


Figura 2. *Diagrama de Pareto de efectos estandarizados, evaluado para (**a**) el ácido glucónico, (**b**) el ácido 2-cetoglucónico y (**c**) el ácido 5-cetoglucónico (α = 0.05, n = 3, los términos están representados por (**A**) glucosa, (**B**) agitación y (**C**) aireación, la línea roja punteada indica el umbral de significancia estadística para cada análisis).*

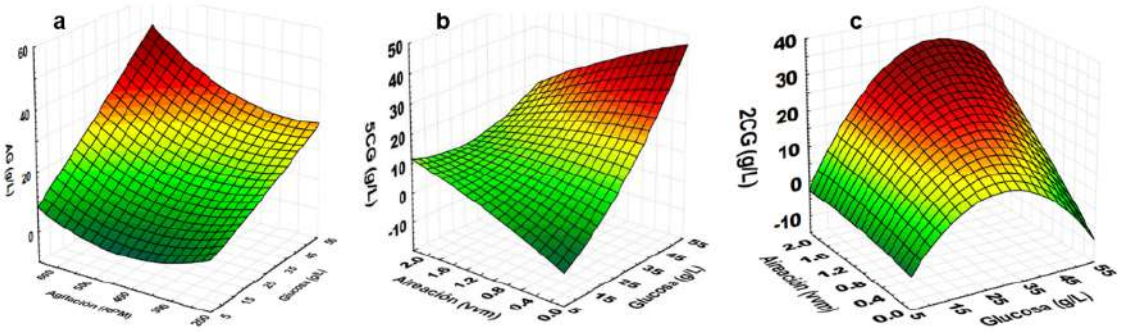


Figura 3. *Representación tridimensional del efecto de la aireación (vvm) y concentración de glucosa (g/L) sobre la producción de compuestos metabólicos. En (**a**) producción de ácido glucónico (AG, [g/L]), en (**b**) comportamiento de la producción de 5-cetoglucónico (5CC, [g/L]) y en (**c**) la producción de ácido 2-cetoglucónico (2-CG, g/L). Cada gráfico utiliza un gradiente de color de verde (mínimo) a rojo (máximo) para indicar el aumento de la producción de los compuestos.*

Por ejemplo, el ácido glucónico comenzó a producirse a partir de la segunda hora, alcanzando una concentración de 48 g/L a las 6 h (**Fig. 4**), aunque su nivel no se mantuvo constante debido a la producción de otros metabolitos, como el ácido 2-cetoglucónico, cuya producción inició a las 6 h, alcanzando un pico máximo a las 18 h. Finalmente, en el caso del 5-cetoglucónico, su producción máxima se registró a partir de la misma hora. Por otra parte, el consumo de glucosa total sucedió en la hora 12, una diferencia significativa con respecto a los tratamientos evaluados previamente y con los resultados obtenidos por Yegin et al. (2020), de se obtuvieron después de 48 h. Por lo tanto, las condiciones evaluadas óptimas para la producción de los metabolitos primarios con la bacteria *P. reptilivora* B-6bs.

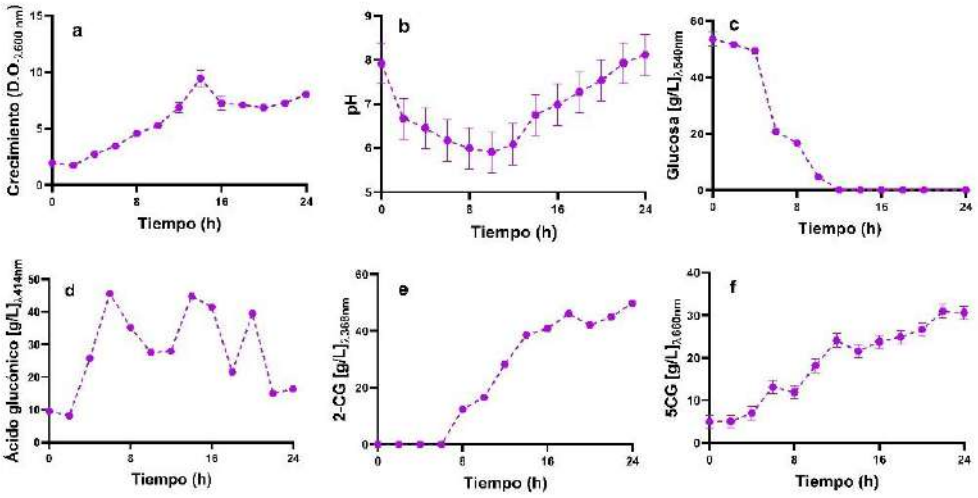


Figura 4. *Cinética de crecimiento y producción de metabolitos en función del tiempo empleando las condiciones de optimización (●). En (**a**) se muestra el crecimiento por densidad óptica (D.O. a 600 nm), (**b**) la variación del pH, en (**c**) el consumo de glucosa, en (**d**) la producción de ácido glucónico, en (**e**) el ácido 2-cetoglucónico (2-CG) y finalmente en (**f**) el ácido 5-cetoglucónico (5CG) en un lapso de 24 h (las barras de error muestran un promedio de ± error estándar, n = 3).*

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos, por primera vez, P. reptilivora B-6bs usando 50 g/L glucosa, 600 rpm y 2.0 vvm, permitió obtener concentraciones

elevadas de los tres distintos metabolitos primarios en menos de 24 h a 28 °C. Este rendimiento representa una mejora significativa en comparación con otras cepas como Gluconobacter o Aspergillus, lo que resalta el potencial de P. reptilivora B-6bs para los procesos de fermentación industrial acelerada y optimizada.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos los donativos parciales del Tecnológico Nacional de México en la Convocatoria 2023 y 2024 de Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación y al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo por el proyecto 16432.23-P (FCCHTI22-ME004 y FCCHTI23_ME-4.1. 0001). Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) por la beca recibida (No. 832315) durante los estudios de doctorado, así como por múltiples apoyos para estancias, congresos y financiamiento para la formación doctoral durante la investigación.

REFERENCIAS.

1. Bergmeyer, H. (2012). Methods of Enzymatic Analysis. Elsevier.
2. DeMoss, R. (1957). [40] Preparation and determination of gluconic, 2-ketogluconic, and 5-ketogluconic acids. En Methods in enzymology on CD-ROM/Methods in enzymology (pp. 232-238).
3. Lanning, M. C., & Cohen, S. S. (1951). The detection and estimation of 2-ketohexonic acids. Journal Of Biological Chemistry, 189(1), 109-114.
4. Ramachandran, S., Fontanille, P., Pandey, A., & Larroche, C. (2006). Gluconic Acid: Properties, Applications and Microbial Production. Food Technology and Biotechnology 44(2): 185 – 195.
5. Ramachandran, S., Nair, S., Larroche, C., & Pandey, A. (2017). Gluconic acid. Elsevier 1: 577-599.
6. Sun L, Wang D, Sun W, Cui F, Gong J, Zhang X, Shi J, Xu Z (2020) Two-Stage Semi-Continuous 2-Keto-Gluconic Acid (2KGA) Production by Pseudomonas plecoglossicida JUIM01 From Rice Starch Hydrolyzate. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8.
7. Viana, Machado, J., Adrade da Silva, M.L., Santos, Silva, C. L., Granja, Correia, M. C., Días, da Silva, Ruy., A., & Magalhaes, Pontes, L. A. (2023). Catalyst and processes for gluconic and glucaric acids: A comprehensive review of market and chemical routes. Catalysis Communications. 182: 106740.
8. Yeğin S, Saha BC, Kennedy GJ, Berhow M, Vermillion KE (2020) Efficient bioconversion of waste bread into 2-keto-d-gluconic acid by Pseudomonas reptilivora NRRL B-6. Biomass Conversion and Biorefinery, 10(2): 545–553.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324111

EXTRACTOS FÚNGICOS INHIBIDORES DE LA ALDOSA REDUCTASA DE CONEJO

Emmanuel Torres Villaseñor, Marcos Cajero Juárez, Crisanto Velázquez Becerra, Mauro M. Martínez Pacheco

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1824559X@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marcos.cajero@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; crisanto.velazquez@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mauro.martinez.pacheco@umich.mx

Palabras Clave: Catarata diabética, hongos endófitos, inhibición de aldosa reductasa.

RESUMEN. La hiperglucemia crónica provoca la formación de catarata diabética, la glucosa ingresa en exceso a la vía de los polioles, la aldosa reductasa (AR) es la enzima de la vía que cataliza la glucosa a sorbitol al utilizar el NADPH como cofactor. El sorbitol que se acumula y el desbalance del NADPH/NADP+, generan el estrés osmótico y oxidativo que finaliza con la muerte celular, la acumulación de células muertas forma la catarata. Los fármacos que se utilizan para inhibir a la aldosa reductasa son tóxicos lo que los hace ineficientes para prevenir la formación de catarata, la búsqueda de inhibidores de la AR es un área de oportunidad y una alternativa se encuentra en el exo-metaboloma de hongos endófitos por su diversidad de metabolitos a causa de su interacción singular con el hospedero. A los hongos endófitos de Cupressus sp. se les realizó una fermentación líquida para posteriormente hacer una extracción con diclorometano, el extracto se recuperó y se dejó volatilizar en campana. La inhibición de la AR se determinó en un espectrofotómetro a 340 nm al utilizar extracto enzimático de AR de conejo que se concentró con sulfato de amonio al 40 % de saturación. Los resultados demuestras que tres de nueve extractos fúngicos inhiben a la AR en un 50 % a una concentración de 10 µg/ml.

INTRODUCCIÓN. La diabetes mellitus tipo II (DB) es un síndrome metabólico que se caracteriza por mantener niveles de glucosa en sangre superior a los 120 mg/dL (Diabetes, 2021): la catarata es una de sus complicaciones. Esta afección se debe a que la glucosa ingresa en exceso a la vía de los polioles. En donde, la aldosa reductasa (AR) cataliza la glucosa al utilizar NADPH como cofactor para producir sorbitol y NADP+, posteriormente el sorbitol lo cataliza la sorbitol deshidrogenasa para generar fructosa. El sorbitol tiene la función de osmólito orgánico para mantener la turgencia de la célula. Sin embargo, en exceso provoca un hinchamiento lo que se conoce como estrés osmótico. A la par, la actividad excesiva de AR genera un exceso de NADP+ y deja sin NADPH a enzimas con capacidad antioxidante lo que conduce a un estrés oxidativo. Los estreses osmótico y oxidativo llevan a la muerte de las células del cristalino al formar así la catarata diabética (Tejedor-Puentes, 2019). Una propuesta para prevenir la formación de la catarata diabética es la inhibición de AR. Sin embargo, los inhibidores que se reportan hasta ahora son tóxicos, es por esa razón que la búsqueda de inhibidores de la AR es un área de oportunidad en la investigación de la prevención de la formación de catarata. La diversidad, complejidad y

variedad de moléculas que se encuentran a causa de la interacción singular planta y hongo endófito llaman la atención para buscar en ellos moléculas con un efecto inhibidor de la AR. Por ello nos proponemos la extracción de metabolitos extracelulares de hongos endófitos de Cupressus sp que previamente se aislaron y que se crecerán en medios convencionales para posteriormente determinar su posible efecto sobre la AR de conejo.

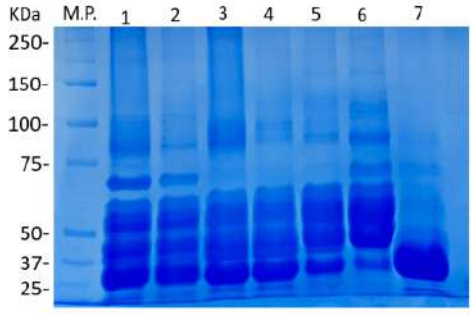
ANTECEDENTES. El tolrestat que se usa como tratamiento para las complicaciones diabéticas. Sin embargo, este inhibidor de la aldosa reductasa (IAR) se dejó de producir por el riesgo de toxicidad hepática grave, lo que llevaba al paciente incluso hasta la muerte. Una dosis de zenarestat de 1200 mg/día estaba relacionado con la toxicidad renal en un pequeño número de pacientes (Smeriglio et al., 2018). Los hongos endófitos son microorganismos que colonizan y viven dentro del tejido vegetal. Las plantas no muestran síntomas de enfermedad y establecen una relación de mutuo beneficio. La planta le da hospedaje y alimento al hongo, el hongo endófito en condiciones de estrés biótico o abiótico libera metabolitos que le confieren protección al hospedero. Los metabolitos bioactivos que liberan los hongos endófitos son de interés para la medicina y la agricultura. Sus metabolitos bioactivos exhiben efectos anticancerígenos, antibióticos, antioxidantes y como inmunosupresores (Strobel et al., 2004). Es por eso que los metabolitos secundarios extracelulares de los hongos endófitos son interesantes en la obtención de moléculas bioactivas los cuales pueden tener efecto inhibitorio de la AR.

OBJETIVO. Determinar el efecto de los extractos fúngicos con metabolitos secundarios extracelulares de los hongos endófitos de Cupressus sp sobre la aldosa reductasa de conejo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los aislados fúngicos endófitos de Cupressus sp. se obtuvieron del cepario del Laboratorio de Fisiología Celular del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Los aislados se mantuvieron en medio sólido de agar papa y dextrosa (APD). Las fermentaciones se realizaron en medio mínimo líquido en agitación a 120 rpm durante 6 d. Posteriormente, el medio se recuperó por filtración y se centrifugó a 4500 rpm durante 3 min. El sobrenadante se recuperó en frascos de vidrio. Las extracciones se realizaron con diclorometano mediante un embudo de separación a 4 °C con agitación constante durante 2 min. La fase orgánica se recuperó en frascos de vidrio y el disolvente se eliminó por volatilización en una campana de extracción. Los extractos fúngicos se disolvieron con dimetilsulfóxido (DMSO) al 6% previamente a los ensayos como posibles inhibidores de la AR, se prepararon concentraciones de 1 µg/mL, 10 µg/mL y 100 µg/mL. Los ojos de conejo los proporcionó la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, los cuales se enuclearon y se les realizó una incisión con el bisturí para obtener el cristalino. El extracto libre de células del cristalino de conejo se obtuvo con un homogeneizador Potter-Elvehjem, se añadieron 5 µL de inhibidor de proteasas, 1 mL de solución amortiguadora de fosfatos (pH 6.8, 0.02 M). El extracto enzimático crudo de AR se centrifugó a 13 000 rpm durante 3 min a 4 °C, el sobrenadante se recuperó en tubos falcón. El extracto enzimático crudo de AR se precipitó con sulfato de amonio con saturaciones del 25 % y 40 % con agitación contante durante 1 h a 4 °C. El extracto se centrifugó a 13 000 rpm durante 1 h a 4 °C, el precipitado se recuperó y se resuspendió con 20 mL de la solución amortiguadora de fosfatos (pH 6.8, 0.02 M). El extracto se dializó con membranas de

celulosa y en solución amortiguadora de fosfatos (pH 6.8, 0.1 M) en agitación constante a 4 °C con cambios de solución cada 4 h durante 12 h. Las proteínas del extracto crudo se separaron por cromatografía en columna al utilizar una matriz de exclusión molecular (Sephadex-200), las dimensiones de la columna fueron de 18 cm de longitud y 1.2 cm de diámetro, la columna se calibró con el eluyente el cual fue solución amortiguadora de fosfatos (pH 6.8, 0.1 M) y se recuperaron fracciones de 1 ml. La proteína total del extracto crudo, diálisis y fracciones se determinó mediante una electroforesis en condiciones desnaturalizantes (SDS-PAGE) en un gel de acrilamida al 12 % y se corrió a 110 V durante 1.5 h. Posteriormente, el gel se tiñó con azul brillante de coomassie y se observaron las señales electroforéticas en una cámara oscura y luz blanca. La actividad de la AR se determinó mediante el decremento de la absorbancia a a 340 nm durante 2 min, del extracto enzimático crudo, del dializado, y de las fracciones cromatográficas. Las mezclas de reacción contenían 630 µL de solución amortiguadora de fosfatos (pH 6.8, 0.1 M), 50 µL sulfato de litio (0.3 M), 60 µL de DMSO, 100 µL de gliceraldehído (0.1 M), 100 µL de extracto enzimático (1 mg/ml), las reacciones se iniciaban al añadir 60 µL de NADPH (1 mM). La determinación del efecto de los extractos fúngicos sobre la AR de conejo se realizó con la fracción 17 de la separación en columna. Las mezclas de reacción contenían 630 µL de solución amortiguadora de fosfatos (pH 6.8, 0.1 M), 50 µL sulfato de litio (0.3 M), 60 µL de extracto fúngico, 100 µL de gliceraldehído (0.1 M), 0.1 mg de extracto enzimático, como control positivo se utilizó quercetina la cual se disolvió en DMSO al 6 %, se utilizaron concentraciones de 1 µg/ml, 10 µg/ml y 100 µg/ml.

RESULTADOS. La actividad enzimática específica de la AR de conejo en el proceso de concentración de la enzima se muestra en la **fig. 1**A. En una saturación del 20% existe una menor cantidad de obtención de proteína lo que resulta en una menor actividad de la AR. En la fracción del 40% se logró obtener una mayor cantidad de proteína y se observa una mayor actividad enzimática al compararlo con el control que es la actividad del extracto crudo enzimático. La fracción cromatográfica 17 mostró la mayor actividad enzimática específica. El perfil proteínico electroforético se muestra en la **fig. 1** B. La fracción 17 (línea 7) destaca por una señal mayoritaria con respecto a las demás lo que sugiere que se trata de la AR proveniente del cristalino del conejo con un peso molecular aproximadamente de 35 kDa. El efecto de los extractos fúngicos de los aislados 1, 3 y 5 se muestran en la **fig. 2** se observa que el grupo de extractos fúngicos inhibieron a la enzima AR de conejo en un 50 % a concentración de 10 µg/ml. Los extractos fúngicos que activaron a la enzima se muestran **fig. 3** lo que sugiere que hay moléculas que también tienen una función de activadores enzimáticos y no solo como inhibidores. En la **fig. 4** se muestra el grupo de extractos fúngicos que no tuvieron ningún efecto sobre la enzima.



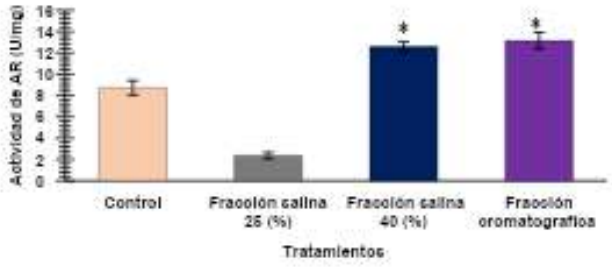


Figura 1. A) *Actividad de la aldosa reductasa a diferentes porcentajes de saturación de $(NH_4)_2SO_4$ y de la fracción 17 de la separación en columna.* ***B)*** *gel de electroforesis con SDS, el M.P. es el marcador de peso molecular, el carril 1 es el extracto crudo, el carril 2 el fraccionamiento con sal al 40%, el carril 3, 4, 5, 6 y 7 son las fracciones 10, 11, 12, 13 y 17 de la separación en columna Superdex-200. Los resultados son un promedio de una n= 3 ± D.E. de dos ensayos independientes t-Student (α=0.05).*

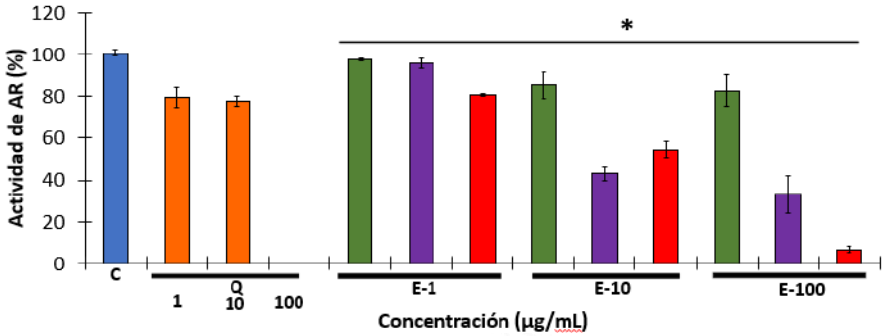


Figura 2*. Efecto inhibitorio de los extractos fúngicos en la actividad enzimática de la aldosa reductasa. (C) = control, la (Q) quercetina y la (E) corresponde al extracto fúngico. extracto del aislado 1, extracto del aislado 3 y extracto del aislado 5. Los resultados son un promedio de una n= 3 ± D.E. de dos ensayos independientes, t-Student (α=0.05).*

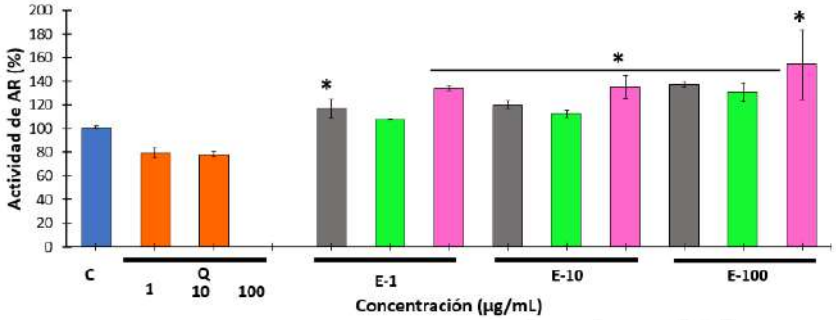


Figura 3. *Efecto activador de los extractos fúngicos en la actividad enzimática de la aldosa reductasa. (C) control, la (Q) quercetina y la (E) corresponde al extracto fúngico. kl extracto del aislado 4, ab extracto del aislado 6 y a bc extracto del aislado 7. Los resultados son un promedio de una n= 3 ± D.E. de dos ensayos independientes, t-Student (α=0.05).*

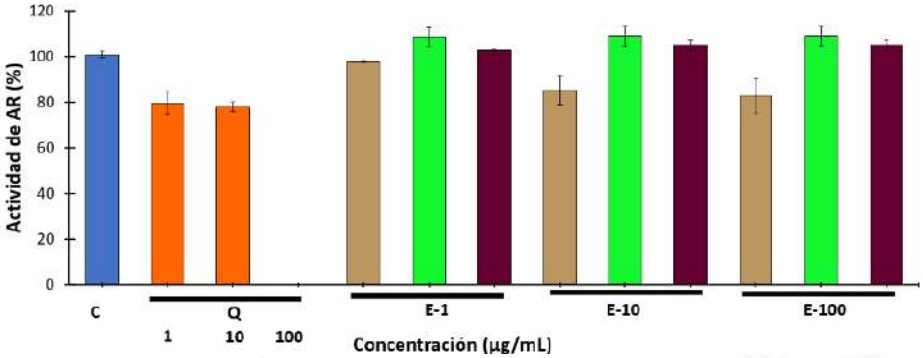


Figura 4*. Insensibilidad de la aldosa reductasa a extractos fúngicos. (C) control, la (Q) la quercetina y la (E) corresponde al extracto fúngico. extracto del aislado 2, extracto del aislado 8 y extracto del aislado 9. Los resultados son un promedio de una n= 3 ± D.E. de dos ensayos independientes, t-Student (α=0.05).*

CONCLUSIONES. Los extractos fúngicos 3 y 5 de los aislados fúngicos endófitos de Cupressus sp inhiben a la aldosa reductasa de conejo en un 50 % a una concentración de 10 µg/ml.

REFERENCIAS.

1. Diabetes, 2021. Organización Panamericana de la Salud: OPS/OMS. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiR8ebQvc_7AhWImWoFHfH0A5UQFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.paho.org%2Fes%2Ftemas%2Fdiabetes&usg=AOvVaw1tnY4_iE4pTmDlnce55jXB
2. Smeriglio, A., Giofrè, S. V., Galati, E. M., Monforte, M. T., Cicero, N., D'Angelo, V., Grassi, G. y Circosta, C. (2018). Inhibition of aldose reductase activity by Cannabis sativa chemotypes extracts with high content of cannabidiol or cannabigerol. Fitoterapia, vol. 127, p. 101–108.
3. Strobel, G., Daisy, B., Castillo, U., y Harper, J. (2004). Natural products from endophytic microorganisms. Journal of Natural Products, vol. 67(2), p. 257-268.
4. Tejedor Puentes, M. (2019). Mecanismos moleculares de la retinopatía diabética. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias. Recuperado el 5 de junio del 2024 de http://uvadoc.uva.es/handle/10324/383.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324115

REMOCIÓN DE FENOLES VEGETALES CON LACASAS DEL CO-CULTIVO Fusarium oxysporum species complex 33/Trametes versicolor

Ariadna Jocelyn Bedolla Navarrete[1], Katia Lizbeth Alonso Hurtado[2], Alberto Flores García[3], Ireri Monserrat García Rojas[4], Mauro M. Martínez Pacheco[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Programa Institucional de Licenciatura en Biotecnología; 2110787g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas; 1316242f@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas; alberto.flores@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Programa Institucional de Licenciatura en Biotecnología; juang@gmail.com

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas; mauro.martinez.pacheco@umich.mx

Palabras Clave: Lacasas, co-cultivo, Fusarium oxysporum, Trametes versicolor

RESUMEN. La lacasas son enzimas que pertenecen a la familia de las oxidorreductasas las cuales tienen una amplia especificidad al sustrato para oxidar compuestos fenólicos, polifenólicos y aminas aromáticas. Fusarium oxysporum species complex 33 (FOSC33) y Trametes versicolor son productores de lacasas. Con un co-cultivo se potencia la producción de metabolitos de interés. Por lo que el objetivo de la investigación fue obtener lacasas del co-cultivo de FOSC33 y T. versicolor. Para ello, el co-cultivo se realizó en agar papa dextrosa y en medio mínimo sólido con ABTS 0.5 mM. En el co-cultivo en medio sólido se observó que los dos organismos conviven en el mismo medio al no presentar una inhibición de crecimiento entre ellos u otro antagonismo evidente. Por otro lado, a las 192 h se determinó la presencia de lacasas en el medio mínimo con ABTS. Los resultados nos indican que en el co-cultivo FOSC33/Trametes versicolor se produce lacasas con un posible potencial en la degradación de compuestos fenólicos.

INTRODUCCIÓN. La industria farmacéutica crece significativamente debido al consumo diario de medicamentos, Los cuales se excretan y terminan contaminando aguas residuales y cuerpos de agua. Entre los contaminantes comunes se encuentran analgésicos, antibióticos y antiinflamatorios, tal como el naproxeno y el diclofenaco, que son difíciles de eliminar y son tóxicos para el medio ambiente (Wilkinson et al., 2022). Los organismos fúngicos han demostrado ser efectivos en la biorremediación de estos compuestos contaminantes, ya que producen enzimas como las lacasas, que son capaces de degradar compuestos contaminantes como los fenoles y polifenoles los cuales funcionan como principio activo de dichos fármacos (Alonso, 2022).

ANTECEDENTES. Según Rivera-Jaimes et al., (2018) en México encontraron concentraciones elevadas de naproxeno, paracetamol y diclofenaco. Los fenoles y polifenoles son el principio activo de muchos fármacos en la industria farmacéutica y se consideran de los mayores contaminantes debido a su recalcitrancia, son bio acumulativos y tóxicos (Alonso-Hurtado, 2022). Los organismos fúngicos son una alternativa para procesos de biorremediación, ya que muchos de ellos secretan enzimas capaces de

degradar compuestos orgánicos recalcitrantes (Wilkinson et al., 2022). Las lacasas son enzimas que pertenecen a esta clasificación, tienen una amplia especificidad para oxidar compuestos fenólicos, poli fenólicos y aminas aromáticas. Pertenece a la familia de las oxidorreductasas y se sintetiza por distintos organismos tales como los hongos Trametes versicolor y Fusarium oxysporum (Bassanini et al., 2020; Shraddha et al., 2011; Pozdnyakova, 2019). El co-cultivo se utiliza para la producción de metabolitos secundarios ya que activa ciertos genes que producen compuestos que inducen a los organismos de alrededor a producir otros. Moléculas exógenas que sirven como defensa que llevan a la producción de enzimas. Por la convivencia microbiana que hay entre los organismos que se encuentran en el mismo medio. El incremento de la producción de algunos metabolitos de interés se reportó, por ejemplo, Peng et al., 2021 observaron que en el co-cultivo de Aspergillus sulphureus KMM4640 y Isaria felina KMM4639 se estimuló la producción de seis compuestos nuevos entre ellos el diorcinol que tiene citotoxicidad contra células cancerígenas (Sun et al., 2022). Trametes versicolor y Fusarium oxysporum species complex 33 (FOSC33) son microorganismos que producen lacasas 33 (Bassanini et al., 2020; Shraddha et al., 2011). El co-cultivo de estos hongos puede potenciar la producción de la lacasa. Es por esta razón que un co-cultivo entre T. versicolor y FOSC33 resulta de interés para incrementar la producción de lacasas.

OBJETIVO. Determinar la producción de lacasas en co-cultivo entre T. versicolor y FOSC33 para la eliminación de compuestos fenólicos vegetales in vitro.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las cepas se recuperaron del Laboratorio de Fisiología Celular del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). El co-cultivo de T. versicolor/FOSC33 se realizó en agar papa dextrosa y se midió el crecimiento durante 8 d, cada 48 h se tomaron fotografías para realizar un análisis del crecimiento de ambos organismos y su co-cultivo. El área de crecimiento micelial se midió con el programa Adobe Photoshop 2020 y los datos se procesaron con el modelo de Gompertz (W=Ae-Ce-Kx). Posteriormente, el co-cultivo de las cepas se realizó en medio mínimo sólido con ABTS 0.5 mM, su crecimiento se midió durante 8 d, cada 48 h se tomaron fotografías para observar la producción de la enzima de manera cualitativa. Para la producción de lacasas extracelulares, las cepas se inocularon en matraces con medio mínimo líquido, los matraces se incubaron a 25 °C a 120 rpm. El extracto crudo se recuperó cada 48 h durante 10 d y se almacenó a 4 °C hasta su uso. A las muestras del extracto crudo se les cuantificó la concentración de proteína por el método de Lowry (1951).

RESULTADOS. Con el co-cultivo fúngico en agar papa dextrosa (APD) se observó que crecen sin algún tipo de inhibición o antagonismo **(fig. 1)**. Con el modelo de Gompertz se evaluó el crecimiento de FOSC33 y *T. versicolor* con respecto al tiempo de forma individual **(fig. 2)**. El co-cultivo en medio mínimo sólido con ABTS 0.5 mM mostró una pigmentación azul, lo que indica de manera cualitativa, la actividad de la lacasa al oxidar al ABTS **(fig. 3)**. La cuantificación de proteína por el método de Lowry mostró en *T. versicolor* una mayor concentración a las 144 h, en FOSC33 a las 96 h y a las 192 h. Para el co-cultivo la mayor concentración de proteína se determinó a las 192 h **(fig. 4)**. Sin embargo, *T. versicolor* disminuyó su crecimiento en el medio mínimo líquido, por lo que es necesario establecer el

medio de crecimiento para mejorar el desarrollo y la producción de lacasas de ambos hongos en co-cultivo.

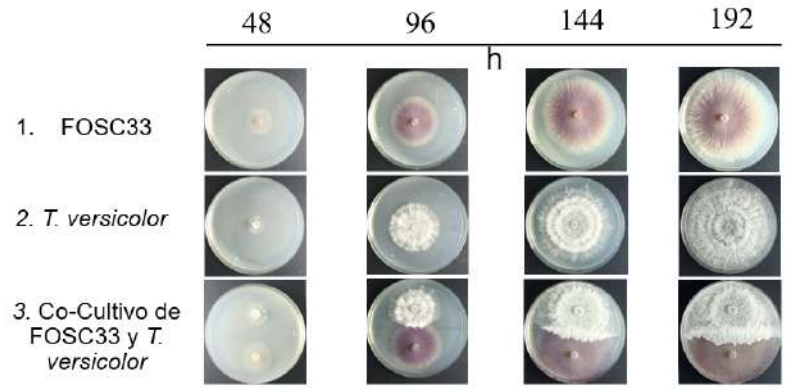


Figura 1. *Crecimiento temporal de FOSC33, T. versicolor y el co-cultivo de FOSC33/T. versicolor hasta las 192 h.*

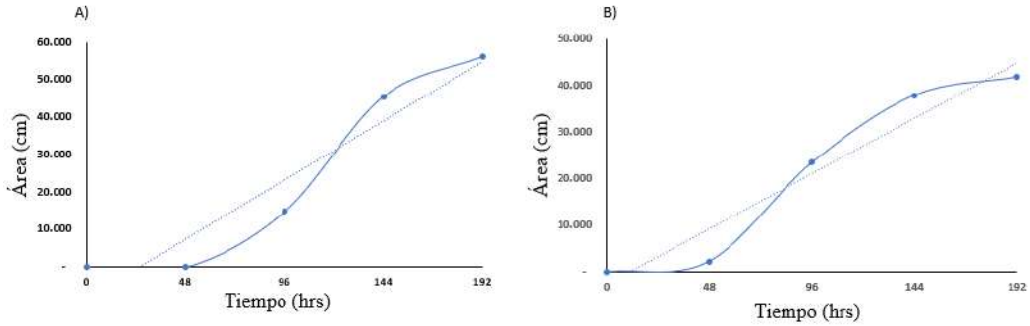


Figura 2. *Curvas del crecimiento colonial de A) T. versicolor y B) FOSC33.*

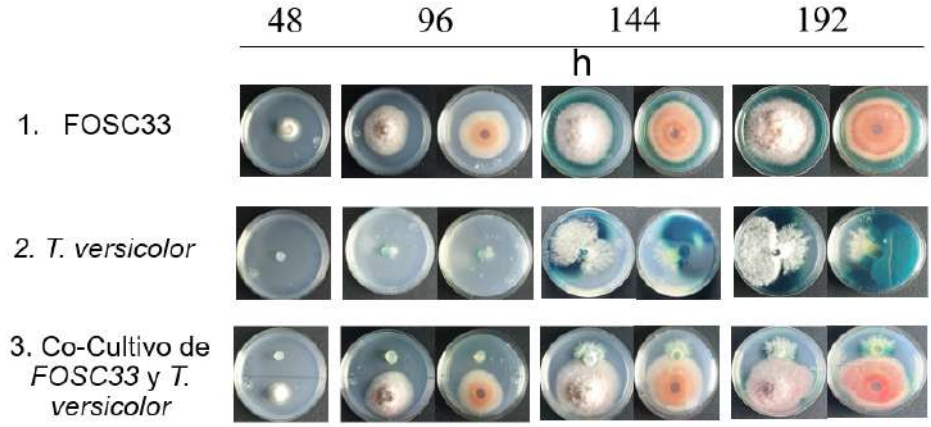


Figura 3. *Crecimiento temporal de FOSC33, T. versicolor y el co-cultivo de FOSC33/ T. versicolor hasta las 192 h en medio mínimo solido con ABTS 0.5 mM.*

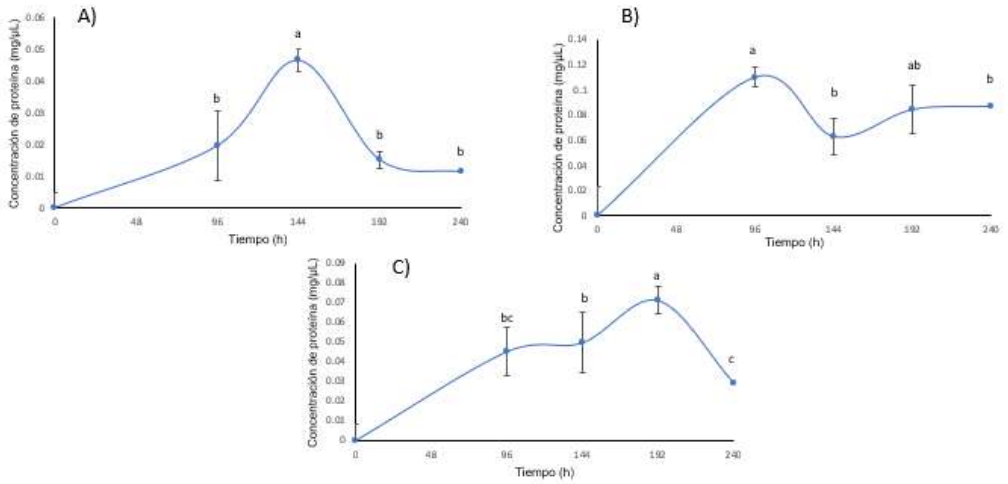


Figura 4. *Producción de proteínas extracelular fúngica en medio líquido. A) T. versicolor, B) FOSC33 y C) el co-cultivo de FOSC33/ T. versicolor. Los resultados son un promedio de n= 3 ± D.E. Tukey (α=0.05).*

CONCLUSIONES. El co-cultivo de FOSC33 y T. versicolor produce lacasas con potencial en la degradación de compuestos fenólicos vegetales.

REFERENCIAS.

1. Wilkinson, J., Boxall, A., Kolpin, D., Leung, K., Lai, R., Galbán-Malagón, C., Adell, A., Mondon, J., Metian, M., Marchant, R., Bouzas-Monroy, A., Cuni-Sanchez, A., Coors, A., Carriquiriborde, P., Rojo, M., Gordon, C., Cara, M., Moermond, M., Luarte, T., … y Teta, C (2022). Pharmaceutical pollution of the world's rivers. Proceedings of the National Academy of Sciences, 119(8) https://doi.org/10.1073/pnas.2113947119
2. Rivera-Jaimes, J., Postigo, C., Melgoza-Alemán, R., Aceña, J., Barceló, D., y López de Alda, M. (2018). Study of pharmaceuticals in surface and wastewater from Cuernavaca, Morelos, Mexico: occurrence and environmental risk assessment. Science of the Total Environment, (613) https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.134
3. Alonso, K., (2022). Establecimiento de las condiciones de fermentación de Fusarium oxysporum para la producción de Lacasas con potencial en la degradación de contaminantes fenólicos. (Tesis de maestría). Instituto de Investigaciones Químico Biológicas.
4. Bassanini, I., Ferrandi, E. E., Riva, S., y Monti, D. (2020). Biocatalysis with laccases: An updated overview. Catalysts, 11(1). https://doi.org/10.3390/catal11010026
5. Shraddha, N., Shekher, R., Sehgal, S., Kamthania, M., y Kumar, A. (2011). LACCase: Microbial sources, production, purification, and potential biotechnological applications. Enzyme Research, 2011 (1). https://doi.org/10.4061/2011/217861
6. Pozdnyakova, N.N., Varese, G.C., Prigione, V. et al (2019). Degradative properties of two newly isolated strains of the ascomycetes Fusarium oxysporum and Lecanicillium aphanocladii. International Microbiology, 22(22). https://doi.org/10.1007/s10123-018-0032-z
7. Peng, X., Wu, J., Shao, C., Li, Z., Chen, M., y Wang, C. (2021). Co-culture: stimulate the metabolic potential and explore the molecular diversity of natural products from microorganisms. Marine Life Science y Technology, 3(3). https://doi.org/10.1007/s42995-020-00077-5
8. Sun, Y., Shi, X., Xing, Y., Ren, X., Zhang, D., Li, X., ... y Dong, Y. (2022). Co-culture of Aspergillus sydowii and Bacillus subtilis induces the production of antibacterial metabolites. Fungal Biology, 126(4). https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.01.002

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324116

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DEL CONSORCIO DE LEVADURAS OBTENIDO DE LA ORDEÑA DE Agave mapisaga DE LA REGIÓN DE TARÍMBARO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE PULQUE

Salvador Muñoz-Ramírez[1], María Mercedes Bautista-Reyes[2], Jimena Nallely Sierra-Salazar[3], Itandehui Garambullo-Peña[4], Julio Cesar Jacuinde-Ruiz[5], Juan Carlos González-Hernández [6]*

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia, 19120817@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l19120786@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l19120836@morelia.tecnm.mx

5 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; teresa.gp@morelia.tecnm.mx

6 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

6 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Levadura, Biología Molecular, ADN.

RESUMEN. El pulque es una bebida alcohólica de origen náhuatl que se obtiene de la fermentación del aguamiel que se extrae de la piña de agave, es una bebida tradicional muy consumida en México. Las levaduras son microrganismos ampliamente utilizados en la industria alimentaria en procesos fermentativos. La biología molecular permite la identificación de cepas a través del análisis del genoma disminuyendo la aleatoriedad. La identificación de las cepas, y la determinación de sus características fisicoquímicas potencia las aplicaciones biotecnológicas de estas. El objetivo de esta investigación es realizar la caracterización molecular del consorcio de levaduras obtenido de la ordeña de Agave mapisaga de la región de Tarímbaro utilizado en la elaboración de pulque. Para ello, las levaduras aisladas se incubaron para obtener la biomasa requerida para la extracción de ADN, el cual fue sometido a la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en la cual se amplificó la zona ITS con el uso de los primers ITS1 e ITS4. El producto de PCR obtenido se sometió a una digestión con enzimas de restricción (SacI, EcoRI, HhaI, HaeIII y HinfI) para la identificación de patrones de corte y la diferenciación de las cepas de levaduras. Se analizaron cuatro cepas diferentes y los resultados obtenidos muestran que las enzimas de restricción realizaron los cortes en las mismas regiones del genoma. Los mismos patrones de corte indican que se trata de la misma cepa de levadura, se espera obtener mayor variación de los resultados con las cepas restantes que aún no se han analizado. Con la identificación de diferentes cepas y su secuenciación será posible analizarlas con herramientas bioinformáticas para establecer parentescos y relaciones evolutivas mediante la creación del árbol filogenético, que contribuya a identificar características deseables en otras industrias como la farmacéutica y biotecnológica debido a su seguridad microbiológica.

INTRODUCCIÓN. El agave forma parte tanto de la historia como de la cultura de México desde tiempos ancestrales y hasta la actualidad, al ser el país que alberga la mayor

diversidad de especies. Ha sido utilizado como alimento y para la obtención de bebidas, para la obtención de fibras, como material de construcción, e incluso para la fabricación de papel para códices, entre otros usos. El agave es altamente utilizado para la fabricación de bebidas alcohólicas como el tequila, el mezcal y el pulque, todas ellas obtenidas de la síntesis de etanol que llevan a cabo levaduras a partir de los hidratos de carbono presentes en el agave. En diversas regiones de México, la producción de bebidas alcohólicas a base de agave se continúa realizando de manera artesanal, en las que la fermentación ocurre de manera espontánea, procesos en los que es posible encontrar levaduras no convencionales con potenciales aplicaciones biotecnológicas. La identificación de estas especies de levaduras puede realizarse mediante distintos métodos, siendo la aplicación de técnicas de biología molecular el análisis que brinda resultados más precisos y que, además, permite determinar las relaciones filogenética de las especies evaluadas contribuyendo a la determinación de cepas de interés para su investigación sobre posibles aplicaciones biotecnológicas.

ANTECEDENTES. Existe un amplio interés por identificar las variedades de levaduras utilizados en procesos fermentativos, así como determinar las relaciones genéticas que existen entre ellas. En 2005 Berrios et al. utilizaron marcadores de polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP) en el análisis de levaduras utilizadas en la producción de vino, tequila, mezcal, sotol y raicilla, encontrando la correlación entre el genoma de las cepas y las condiciones de fermentación, resultados que contribuyen a la identificación de mejoras aplicables a estos procesos productivos. En especies mezcaleras como Agave salminia, se ha llevado a cabo la identificación de las levaduras del mosto utilizado en el estado de San Luis Potosí, a través de caracterización molecular (RFLP del 5.8S-ITS y secuenciación del dominio D1/D2), en la que se lograron identificar 192 colonias de levaduras diferentes (Valdez et al., 2011). La diversidad tanto de especies bacterianas como de levaduras también fue demostrada por Aldrete -Tapia et al., 2020, al utilizar RFLP (Polimorfismo de Longitud de Fragmentos de Restricción), para la identificación molecular de los consorcios microbianos presentes en la fermentación espontanea de jugo de Agave utilizado para la producción de Tequila, lo que influye a la calidad y cantidad de producto final.

OBJETIVO. Caracterizar molecularmente el consorcio de levaduras obtenido de la ordeña de Agave mapisaga de la región de Tarímbaro utilizado en la elaboración de pulque.

OBJETIVOS PARTICULARES. Extraer el ADN de las levaduras mediante lisis mecánica de las células aisladas. Amplificar las muestras de ADN mediante PCR, con el uso de los primers ITS1 e ITS4. Identificar amplicones diferentes mediante patrones de digestión obtenidos del uso de enzimas de restricción para su secuenciación. Establecer las relaciones entre las secuencias genéticas mediante la construcción de un árbol filogenético.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se aislaron cepas de levaduras de pulque y se cultivaron en cajas Petri con medio YPD a 30ºC por dos días, luego se pasaron a medio YPD líquido donde se mantuvieron en agitación constante hasta obtener la biomasa requerida. Se recuperó la biomasa para realizar la extracción de ADN; se utilizaron TSNT, fenol-cloroformo-alcohol isoamílico 25:24:1, y perlas de vidrio de 0.4-0.5 mm para la lisis celular, luego se utilizó Tae 1X y etanol (absoluto y al 70%) para hacer lavados y obtener un botón

de ADN, que más tarde se conservó con agua libre de ADNasas y enzima ARNasa, y se almacenó en refrigeración a –20°C. El ADN se cuantificó en espectrofotómetro con luz UV en longitudes de onda de 260 nm y 280 nm para conocer su índice de pureza (Abs260/Abs280). Se realizó PCR con los primers ITS1 e ITS4, DreamTaq DNA Polymerase, bases nitrogenadas y el ADN, preparando un volumen final de 50 ul. Se realizó digestión del producto de PCR con enzimas de restricción (SacI, EcoRI, HhaI, HaeIII y HinfI) para determinar si las levaduras pertenecen a la misma especie. El ADN, el producto de PCR y de la digestión de enzimas se analizaron en gel de agarosa, se corrieron a 90V por 50 min y se observaron con fotodocumentador (Harju et al., 2004; Velázquez et al., 2014).

RESULTADOS. Se analizaron 5 cepas de levaduras aisladas de las muestras de la ordeña de *Agave mapisaga*. El crecimiento de éstas en medio YPD permitió obtener la biomasa necesaria para la extracción de material genético. Las muestras obtenidas de la extracción de ADN genómico de las cinco levaduras se cargaron en un gel de agarosa al 1 %, lo que permitió verificar la calidad e integridad del ADN. Además, se cuantificaron mediante espectrofotometría UV para determinar su pureza y concentración. La región conservada ITS del genoma de las levaduras se amplificó mediante PCR, usando los cebadores ITS1 e ITS4. La electroforesis en gel de agarosa al 1.5 % confirmó la amplificación exitosa en todas las levaduras. En la Fig. 1 se muestra la amplificación de la región ITS, donde se observan tamaños similares de aproximadamente 750-800 pb en todas las cepas. Los productos amplificados de cada levadura fueron digeridos con 5 endonucleasas de restricción: *SacI*, *EcoRI*, *HhaI*, *HaeIII* y *HinfI*, y los resultados se visualizaron en un gel de agarosa al 2%. Los patrones obtenidos se agruparon comparativamente, y la Tabla 1 muestra los tamaños aproximados en pares de bases de las bandas tras la digestión del PCR con enzimas de restricción.

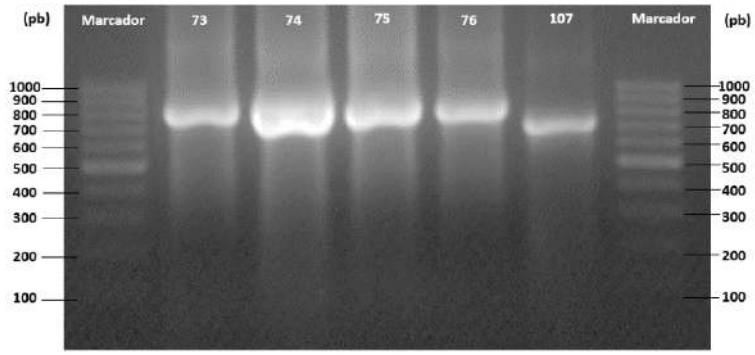


Figura 1. *Amplificación de la región ITS por PCR de las cepas 73, 74, 75, 76 y 107. En los carriles de las orillas se aprecia marcador molecular de 100 pb DNA.*

Levadura	Tamaño del fragmento amplificado (pb)	*SacI*	*EcoRI*	*HhaI*	*HaeII*	*HinfI*
73	800	800	500+ 400	350+ 150	350+ 120	320+ 250+ 190+ 150
74	800	800	500+ 400	350+ 150	380+ 120	320+ 250+ 200+ 120
75	800	800	480+ 380	350+ 150	-	300+ 250+ 180+ 150
76	800	900	500+ 400	380+ 150	400+ 150	320+ 250+ 200+ 150

107	750	750+500+180	750	380+ 300+200+ 100	650+ 80	250+ 200+120+ 80

Tabla 1. *Tamaños aproximados en pares de bases de las bandas resultantes tras la digestión del producto de PCR con las enzimas de restricción.*

Como se puede observar, los patrones de corte de las levaduras 73 (Fig. 2), 74 (Fig. 3), 75 (Fig. 4) y 76 (Fig. 5) coinciden, generando patrones de bandas con ligeras variaciones para todas las enzimas, con lo cual se consideraron todas pertenecientes a la misma especie.

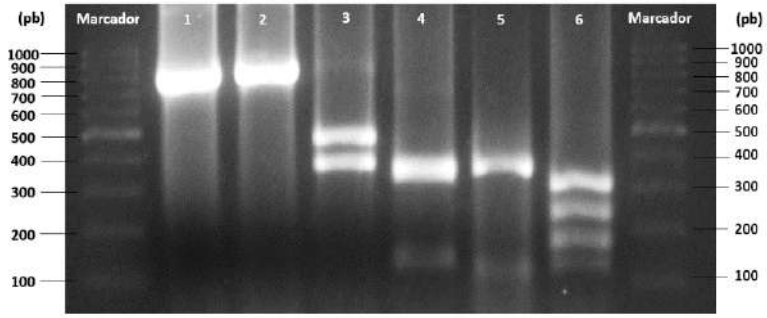


Figura 2. *Resultados de la digestión con enzimas de restricción de los productos de PCR de la Levadura 73. El primer y último carril muestra el marcador de peso molecular de 100 pb. El carril 1 contiene el amplicón ITS, seguido de su digestión con las enzimas SacI (carril 2), EcoRI (carril 3), HhaI (carril 4), HaeIII (carril 5) y HinfI (carril 6).*

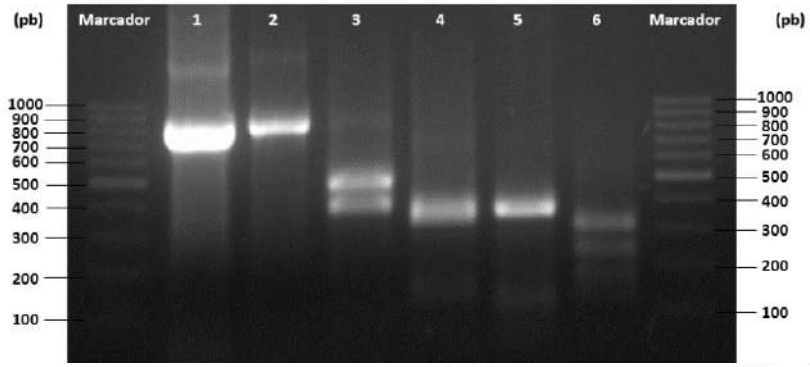


Figura 3. *Resultados de la digestión con enzimas de restricción de los productos de PCR de la Levadura 74. El primer y último carril muestra el marcador de peso molecular de 100 pb. El carril 1 contiene el amplicón ITS, seguido de su digestión con las enzimas SacI (carril 2), EcoRI (carril 3), HhaI (carril 4), HaeIII (carril 5) y HinfI (carril 6).*

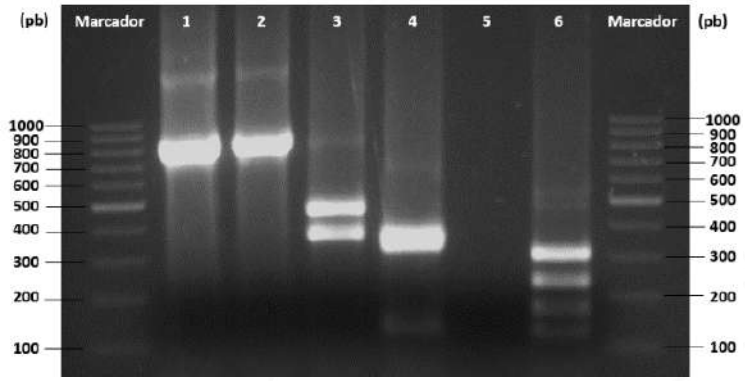


Figura 4. *Resultados de la digestión con enzimas de restricción de los productos de PCR de la Levadura 75. El primer y último carril muestra el marcador de peso molecular de 100 pb. El carril 1 contiene el amplicón ITS, seguido de su digestión con las enzimas SacI (carril 2), EcoRI (carril 3), HhaI (carril 4), HaeIII (carril 5) y HinfI (carril 6).*

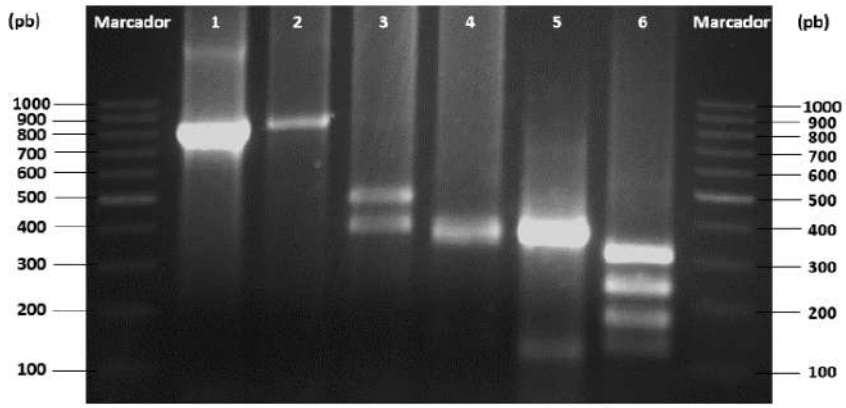


Figura 5. *Resultados de la digestión con enzimas de restricción de los productos de PCR de la Levadura 76. El primer y último carril muestra el marcador de peso molecular de 100 pb. El carril 1 contiene el amplicón ITS, seguido de su digestión con las enzimas SacI (carril 2), EcoRI (carril 3), HhaI (carril 4), HaeIII (carril 5) y HinfI (carril 6).*

La levadura 107 presenta un patrón de corte único, ilustrado en la Fig. 6, lo que indica una especie distinta a las demás.

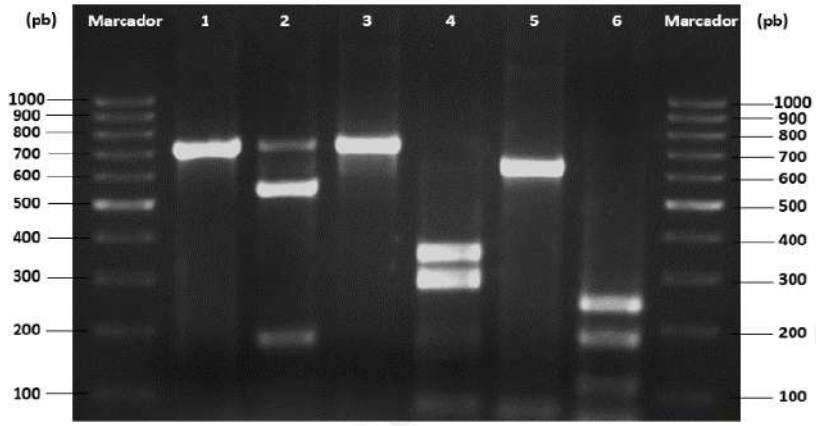


Figura 6. *Resultados de la digestión con enzimas de restricción de los productos de PCR de la Levadura 107. El primer y último carril muestra el marcador de peso molecular de 100 pb. El carril 1 contiene el amplicón ITS, seguido de su digestión con las enzimas SacI (carril 2), EcoRI (carril 3), HhaI (carril 4), HaeIII (carril 5) y HinfI (carril 6).*

CONCLUSIONES. Los resultados de la digestión con enzimas de restricción muestran que las cepas 73, 74, 75 y 76 pertenecen a la misma especie, mientras que la cepa 107 es distinta. Un análisis bioinformático del ADN de cada cepa permitirá identificar con precisión sus especies y relaciones filogenéticas, proporcionando información sobre características útiles como tolerancia a ciertas condiciones o producción de metabolitos. Esto facilitará su posible aplicación en biotecnología, alimentos o farmacéutica, abriendo oportunidades para su uso en productos o procesos innovadores.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecen los donativos parciales del Tecnológico Nacional de México en la Convocatoria 2024 de Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Proyecto: Caracterización molecular del microbioma del tlachique empleado en la fermentación artesanal del pulque (19550.24-P).

REFERENCIAS.

1. Aldrete-Tapia, J., Escalante-Minakata, P., Martínez-Peniche, R., Tamplin, M., & Hernández-Iturriaga, M. (2020). Yeast and bacterial diversity, dynamics and fermentative kinetics during small-scale tequila spontaneous fermentation. Food Microbiology, 86, 103339. https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103339
2. Berrios, E. F., Gonzalez, J. A., Gavino, J. A., Romano, P., Capece, A., & Mathis, A. G. (2005). The uses of AFLP for detecting DNA polymorphism, genotype identification and genetic diversity between yeasts isolated from Mexican agave-distilled beverages and from grape musts. Letters In Applied Microbiology, 41(2), 147-152. https://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2005.01738.x
3. Harju, S., Fedosyuk, H., & Peterson, K. R. (2004, 21 abril). Rapid isolation of yeast genomic DNA: Bust n' Grab. BMC Biotechnology. https://bmcbiotechnol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6750-4-8
4. Valdez, A. V., Garcia, L. S., Kirchmayr, M., Rodríguez, P. R., Esquinca, A. G., Coria, R., & Mathis, A. G. (2011). Yeast communities associated with artisanal mezcal fermentations from Agave salmiana. Antonie Van Leeuwenhoek, 100(4), 497-506. https://doi.org/10.1007/s10482-011-9605-y
5. Velázquez, L. P. A., Martínez, M. D. C. A., y Romero, A. C. (2014). Extracción y purificación de ADN. Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos,1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324117

DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD LIPÁSICA DE *Scheffersomyces stipitis* USANDO ACEITE DE CANOLA COMO INDUCTOR

Horacio de la Cruz Zavala-Álvarez[1], Marco Antonio Linares-Hernández[2], Juan Carlos González-Hernández[3] *

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120162@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120115@morelia.tecnm.mx

3Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: S. stipitis, actividad lipásica, aceite de canola.

RESUMEN. Las enzimas lipolíticas han cobrado relevancia por su papel en la sostenibilidad y reducción de costos en diversos procesos, especialmente en la biorremediación. Un microorganismo destacado en este ámbito es Scheffersomyces stipitis, conocido por su capacidad para metabolizar xilosa en bioetanol de segunda generación. El objetivo del presente estudio es evaluar la producción de lipasas extracelulares a través de un diseño experimental que considera dos factores de crecimiento: la concentración de aceite inductor (aceite de canola) y el sustrato (glucosa). Se evaluó la actividad lipásica de S. stipitis, mediante un diseño multinivel factorial con nueve tratamientos, variando la concentración de aceite de canola y glucosa. La cepa se activó y cultivó en medio YPD. Se analizó la producción de biomasa, el crecimiento celular, el pH, y se cuantificó mediante técnicas espectrofotométricas el consumo de sustrato, así como la actividad lipásica, esterásica y proteica. También se determinaron los parámetros cinéticos del crecimiento microbiano. A la hora dieciséis, en el tratamiento 8 (3% de inductor y 25 g/L de glucosa), se observó un crecimiento microbiano de 1.90×10^8 células/mL, acompañado de una actividad lipásica de 322.77 U/mL. Cabe destacar que no existen estudios previos que hayan explorado la producción de lipasas extracelulares en la levadura S. stipitis. Se concluye que el aceite de canola es una vía para la obtención de lipasas extracelulares de S. stipitis. Esto se debe a que el aceite de canola es rico en ácidos grasos insaturados como lo son: el omega 9, 6 y 3. Las lipasas de S. stipitis muestran una mayor afinidad por los ácidos grasos insaturados presentes en el aceite de canola, lo que favorece y promueve su actividad enzimática. Este hallazgo sugiere que el uso de aceite de canola como inductor, la glucosa y *S. stipitis*, en un mismo medio de cultivo son una vía para la obtención de lipasas extracelulares.

INTRODUCCIÓN. Las lipasas, también conocidas glicerol-éster hidrolasas; EC 3.1.1.3, conforman un grupo de enzimas que desempeñan un papel en la hidrólisis de los triacilgliceroles. Su función biológica principal es la de catalizar la descomposición de triacilgliceroles en ácidos grasos, monoacligliceroI, diacilglicerol y glicerol. Hay que destacar que esta reacción es reversible, ya que estas enzimas también tienen la capacidad de favorecer la formación de acilgliceroles a partir de glicerol (Macrae et al., 1985). Estas enzimas desempeñan un papel fundamental tanto en el ámbito biotecnológico como en el industrial, ya que resultan claves para llevar a cabo la bioconversión de los triacilgliceroles

de un organismo a otro. Las lipasas ofrecen un amplio abanico de aplicaciones en diversos sectores, como la industria láctea, la cosmética, la farmacéutica, la agrícola, la aceitera, la creación de biosensores y la fabricación de detergentes (Pandey et al., 1999). S. stipitis, una levadura de interés significativo en la investigación y la biotecnología ha emergido como una especie versátil con aplicaciones que van desde la producción de etanol hasta la expresión de proteínas recombinantes. Su capacidad para metabolizar una amplia variedad de azúcares, incluida la xilosa, la hace particularmente valiosa en la conversión de biomasa lignocelulósica en biocombustibles y productos químicos de interés industrial.

ANTECEDENTES. Lascano et al., (2019) afirma que la producción de lipasas de Guehomyces pullulans (CLQCA-ANT-073), en medio inductor con aceite de oliva, fue significativa considerando que se trataba de un medio no optimizado. Donde afirma que, si se varía las condiciones de pH, temperatura, tiempo de incubación y variación de nutrientes la producción de lipasas de este medio puede mejorar significativamente (Lascano et al., 2019). Isabella et al., (2013) El uso de la levadura S. stipitis, es principalmente utilizada para la conversión de Xilosa en etanol, Sin embargo, un inconveniente en el uso de esta levadura es el consumo preferencial de glucosa cuando tanto glucosa como xilosa están disponibles, fenómeno conocido como cambio diáuxico (Isabella et al., 2013). Martínez-Corona et al., (2020) en el cual utilizaron la levadura no convencional Kluyveromyces marxianus, L-2029 se afirma que utilizando como inductor aceite de aguacate se induce de la síntesis de lipasas, esto derivado a su alto contenido en ácidos grasos de cadena larga, principalmente ácido oleico (Martínez-Corona et al., 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS. La cepa (*S. stipitis)* proveniente de ATCC 58376, la cual fue activada y cultivada en un medio YPD sólido. Se realizo un diseño multinivel factorial mediante el software Statgraphic 18 ® con nueve corridas experimentales (Tabla 1) donde se analizaron dos variables independientes (concentración de sustrato y aceite inductor). Para cada corrida experimental se prepararon cultivos iniciales en un medio liquido YPD de 250 mL donde se incubo a una temperatura de 30 °C y 150 rpm por 12 horas.

Corrida	Aceite Canola (%)	Glucosa (g/L)
1	3	10
2	0	10
3	1.5	40
4	1.5	25
5	1.5	10
6	0	25
7	3	40
8	3	25
9	0	40

Tabla 1. *Matriz experimental obtenida utilizando Statgraphics18®, donde se varía las concentraciones de glucosa (10g/L a 40g/L) Inductor [0 a 3% en volumen].*

Las cinéticas correspondientes se inocularon con una concentración de $3x10^6$ células mL^1 en un medio YPD líquido, cada corrida experimental conto con una duración de 16 horas, con agitación y temperatura constante (150 rpm y 30 °C) ideales para crecimiento y producción lipásica, donde se tomaron muestras cada 2 horas evaluando el crecimiento celular. Posteriormente para cada prueba se calcularon las constantes cinéticas velocidad máxima de crecimiento (μ), tiempo de duplicación (t_d) y velocidad especifica de crecimiento

(δ), así como los rendimientos de producción de biomasa ($Y_{X/S}$) y rendimiento proteína/sustrato ($Y_{P/S}$). Así mismo se cuantifico el contenido de actividad lipásica, esterásica, proteica y consumo de sustrato.

RESULTADOS. De acuerdo con los resultados obtenidos de la Fig. 1, los tratamientos 3 y 5 mostraron un mayor crecimiento celular a diferencia de los tratamientos restantes, lo cual podría estar relacionado con la cantidad suministrada de inductor (1.5% en volumen y una velocidad de agitación de 150 rpm), indicando que una cantidad moderada de aceite de canola induce a un mayor crecimiento celular a diferencia de los tratamientos sin inductor el cual aunque alcanzan buenos valores de crecimiento, son menos eficientes que aquellos con aceite de canola.

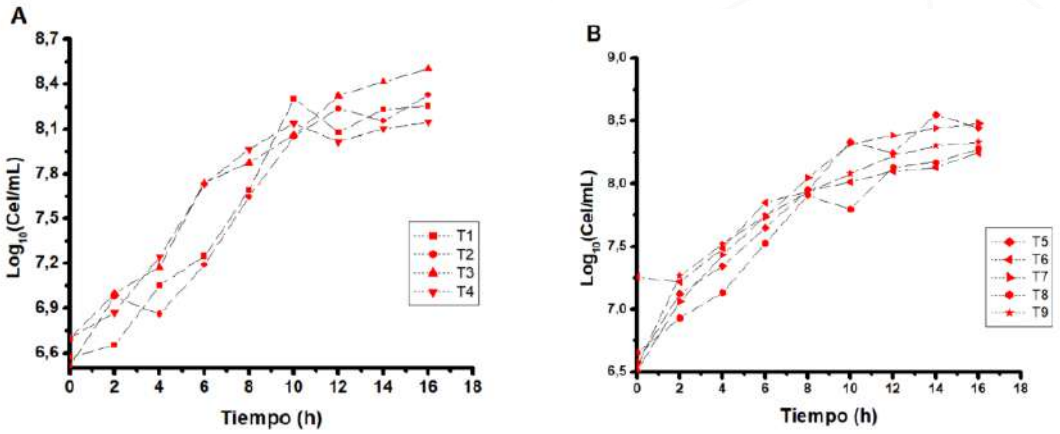


Figura 1. *Perfil de crecimiento de S. stipitis, para (**A**). Tratamiento 1 (3% de inductor y 10 g/L de glucosa). Tratamiento 2 (0% de inductor y 10 g/L de glucosa). Tratamiento 3 (1.5% de inductor y 40 g/L de glucosa). Tratamiento 4. (1.5% de inductor y 25 g/L de glucosa). (**B**) Tratamiento 5 (1.5 % de inductor y 10 g/L de glucosa). Tratamiento 6 (0 % de inductor y 25 g/L de glucosa). Tratamiento 7 (3% de inductor y 40 g/L de glucosa). Tratamiento 8 (3% de inductor y 25 g/L de glucosa). Tratamiento 9 (0 % de inductor y 40 g/L de glucosa).*

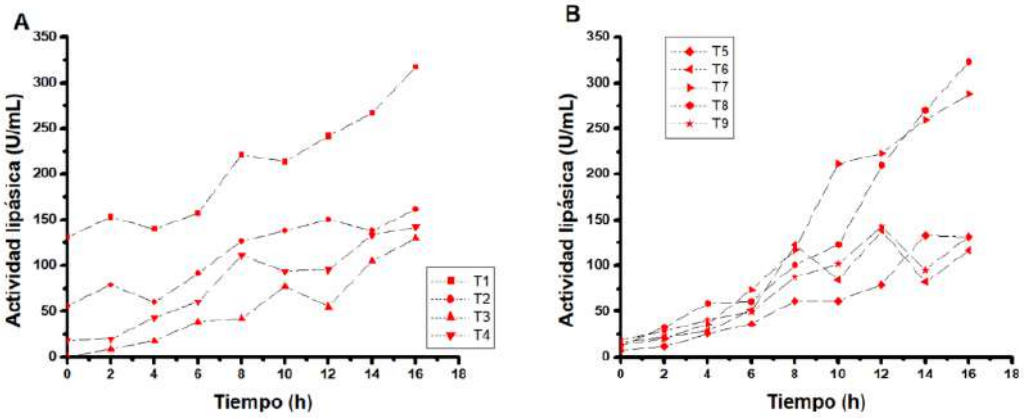


Figura 2. *Actividad lipásica de S. stipitis, para (**A**). Tratamiento 1 (3% de inductor y 10 g/L de sustrato). Tratamiento 2 (0% de inductor y 10 g/L de sustrato). Tratamiento 3 (1.5% en volumen de inductor y 40 g/L de sustrato). Tratamiento 4 (1.5% de inductor y 25 g/L de glucosa).Tratamiento 5 (1.5 % de inductor y 10 g/L de glucosa). Tratamiento 6 (0 % de inductor y 25 g/L de glucosa). Tratamiento 7 (3% de inductor y 40 g/L de glucosa). Tratamiento 8 (3% de inductor y 25 g/L de glucosa). Tratamiento 9 (0% de inductor y 40 g/L de glucosa).*

De acuerdo con los resultados mostrados en la Fig. 2 los datos indican que la presencia de aceite de canola como inductor tiene un impacto significativo en la actividad lipásica de *S. stipitis*, siendo los tratamientos 1, 7 y 8 los más efectivos los cuales contienen una concentración de aceite inductor de 3%. El tratamiento 8 (3% de inductor y 25 g/L de glucosa) fue el más eficiente, alcanzando la mayor actividad lipásica, lo que sugiere que una concentración moderada de glucosa combinada con una alta concentración de inductor optimiza la producción de lipasas, debido a que existe un cambio metabólico donde la célula produce una mayor cantidad de lipasas a consecuencia de la activación de las vías de producción de esta enzima. Este patrón indica que la producción de lipasas está más estrechamente ligada a la disponibilidad del inductor que al crecimiento celular. Un crecimiento celular alto no siempre se traduce en una alta producción de metabolitos secundarios o enzimas como las lipasas. Es por ello por lo que en los tratamientos 3 y 5 respectivamente, el metabolismo celular esta más enfocado en la proliferación celular que en la síntesis de lipasas. Esto ocurre porque las células podrían estar utilizando el aceite como fuente de carbono para el crecimiento, pero no a niveles suficientes para activar significativamente las vías metabólicas responsables de la producción de lipasas. Por otra parte, un crecimiento excesivo de biomasa puede llevar a la competencia por recursos dentro del medio de cultivo. Esta competencia pudo limitar la disponibilidad de nutrientes necesarios para la síntesis de lipasas o afectar la estabilidad del sistema enzimático a nivel intracelular. Por lo tanto, aunque el número de células es alto, la producción de lipasas fue restringida. Los resultados obtenidos muestran que, aunque se observó un crecimiento celular elevado en los tratamientos con menores concentraciones de inductor (1.5% en volumen), la producción de lipasas no estuvo directamente relacionada con dicho crecimiento. Esto sugiere que la síntesis de lipasas no está controlada por la tasa de crecimiento celular, sino que depende de la concentración del inductor. Por lo cual tenemos un producto no ligado al crecimiento.

Tratamiento	Aceite canola (%)	Glucosa (g/L)	μ (h^{-1})	δ (h^{-1})	t_d (h)	$Y_{x/s}$	$Y_{P/s}$
1	3	10	0.397	0.573	1.743	0.461	0.065
2	0	10	0.330	0.477	2.094	0.174	0.002
3	1.5	40	0.136	0.372	2,686	0.290	0.012
4	1.5	25	0.144	0.380	2,630	0.172	0.047
5	1.5	10	0.404	0.584	1.711	0.514	0.021
6	0	25	0.075	0.305	3.270	0.195	0.069
7	3	40	0.359	0.518	1.928	0.259	0.024
8	3	25	0.283	0.408	2.445	0.261	0.031
9	0	40	0.153	0.389	2.565	0.176	0.058

Tabla 2. *Parámetros cinéticos de crecimiento microbiano de S.stipitis calculados con base a los tratamientos realizados, donde (Td) es el tiempo de duplicación en h, (μ) la velocidad específica de crecimiento en h-1, (δ) la velocidad de división en h-1, (Yx/s) el rendimiento biomasa/sustrato en g/g y (Yp/s) el rendimiento producto/sustrato en μg/μg.*

Los resultados más relevantes se obtuvieron en el tratamiento 5 (1.5% de inductor y 10 g/L de glucosa), con un alto rendimiento de biomasa (Yx/s=0.514) y una tasa de crecimiento rápida (μ=0.404), así como en el tratamiento 4 (1.5% de inductor y 25 g/L de glucosa), que destacó en el rendimiento producto/sutrato (Yp/s=0.047) a pesar de un crecimiento más lento. Estos resultados sugieren que el uso de 1.5% de aceite de canola favorece tanto el crecimiento celular como la producción de proteína, especialmente en condiciones de glucosa moderada (10-25 g/L), optimizando el rendimiento del bioproceso.

CONCLUSIONES. El diseño experimental implementado fue adecuado para evaluar estas interacciones, lo que permitió identificar de manera precisa el efecto de las variables independientes sobre la producción de lipasas, los parámetros cinéticos determinados proporcionan una comprensión clara de cómo las concentraciones de sustrato e inductor afectan la dinámica de crecimiento microbiano, revelando las concentraciones de sustrato e inductor cruciales que influyen en el microorganismo, por otro lado, los resultados experimentales obtenidos apoyan la conclusión de que el aceite de canola tiene un impacto positivo y significativo como inductor, esto refuerza el valor del aceite de canola en la optimización de procesos biotecnológicos, abriendo nuevas oportunidades para su aplicación en la industria de fermentación y producción de enzimas. La presente investigación concluye que el aceite de canola es un inductor eficaz en la expresión de la actividad lipásica en *S. stipitis*, lo que resulta en un aumento considerable en la producción de lipasas, se procederá a realizar el análisis estadístico y concluir esta investigación.

REFERENCIAS.

1. Isabella, C. E., Flores, F., & Smith, J. (2013). The use of Scheffersomyces stipitis for xylose-to-ethanol conversion and the challenges of diauxic shift in mixed sugar fermentation. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 40(3), 245-253.
2. Lascano-Demera, L., Portero Barahona, P., & Carvajal Barriga, E. J. (2019). Production, extraction and characterization of lipases from the antarctic yeast Guehomyces pullulans. American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 15(2), 75-82.
3. Macrae, A. R., & Hammond, R. C. (1985). Present and future applications of lipases. Biotechnology and Genetic Engineering Reviews, 3(1), 193-218.
4. Martínez-Corona, R., Banderas-Martínez, F. J., Pérez-Castillo, J. N., Cortés-Penagos, C., & González-Hernández, J. C. (2020). Avocado oil as an inducer of the extracellular lipase activity of Kluyveromyces marxianus L-2029. Food Science and Technology, 40, 121-129.
5. Benjamin, S., Soccol, C. R., Nigam, P., Krieger, N., & Soccol, V. T. (1999). The realm of microbial lipases in biotechnology. Biotechnology and Applied Biochemistry, 29(2), 119-131.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324118

DESARROLLO DE UN SNACK TIPO MAZAPÁN REDUCIDO EN AZÚCAR Y FORTIFICADO CON DE HARINA DE GRILLO (*Acheta domesticus*)

Erick Yered Ortega Ramírez[1], José Octavio Rodiles López[1], Rafael Zamora Vega[1], María Gloria Cornelio Moreno[1]

1Facultad de Químico Farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Laboratorio de Desarrollo de Alimentos. Tzintzuntzan 173, Matamoros, 58240 Morelia, Michoacán. México.

Palabras Clave: Mazapán, Proteína, Harina de Grillo, Snack.

RESUMEN. Desafortunadamente en los últimos tiempos en México se han presentado cambios drásticos en la alimentación, trayendo consigo graves consecuencias a la salud, como sobrepeso, obesidad, diabetes, entre otros padecimientos. Ello debido al alto consumo de alimentos ultra procesados, los cuales se caracterizan por su alto porcentaje de azúcares, grasas saturadas, grasas trans, y sodio, así como un bajo contenido de proteínas y fibra dietética. Derivado de ello, se han desarrollado nuevas fuentes de alimentos nutritivos, sustentables, y de bajo riesgo para la salud, incluyendo el consumo de insectos, entomofagia, como el grillo, Acheta domesticus. Desde tiempos antes de la conquista, México ha sido un país con una cultura en el consumo de insectos. La harina de este insecto tiene diversos beneficios, destacando su alto porcentaje en proteína, 65%, así como de ácidos grasos insaturados, 10%, y presentando un buen aporte de vitaminas y minerales; además de ser una alternativa sustentable. El objetivo de este estudio fue desarrollar un snack tipo mazapán fortificado con harina de grillo y reducido en azúcar, agregando estevia como edulcorante. Se realizaron diferentes formulaciones y pruebas sensoriales, 40 panelistas no entrenados mediante pruebas hedónicas, teniendo como punto de partida una formulación con el 20% de azúcar. La formulación con mejor aceptación nos permitió reducir el porcentaje de azúcar hasta un 5% y usando 7.5% de harina de grillo y 1.3% de estevia. El análisis estadístico de los datos del análisis sensorial se realizó utilizando la prueba de Tukey con $p<0.05$, y no hubo diferencia estadística con el mazapán con 20% de azúcar y el nuevo desarrollo con 5% de la misma. Por lo anterior, se puede decir que el desarrollo de este snack podría ser una alternativa saludable para la población, ya que se disminuye la cantidad de azúcar por porción, sin cambios en dulzura por el uso de la estevia, y aumenta el contenido de proteína y fibra dietética con la incorporación de la harina de grillo.

INTRODUCCIÓN. En los últimos tiempos en nuestro país, se ha pasado de una dieta fresca saludable a base de alimentos locales y regionales sin procesar, al consumo de alimentos ultra procesados. Hoy en día existe mayor accesibilidad y conveniencia a bajo costo de este tipo de productos para los consumidores (Simões, 2018; Ortega et al, 2021). Diversos estudios demuestran los efectos nocivos en el consumo de este tipo de alimentos, teniendo como evidencia las potenciales repercusiones a la salud y a la calidad de vida (Vázquez et al, 2021). Conforme avanza el tiempo y evoluciona la industria de alimentos se implementan

nuevas tendencias como los llamados alimentos funcionales, que, además de su valor nutricional, contengan componentes biológicamente activos capaces de conferir efectos benéficos para la salud, reduciendo el riesgo de desarrollar padecimientos y enfermedades (Beltrán, 2016). El cacahuate, Arachis hypogaea, es originario de América del sur y botánicamente es una leguminosa de relevante importancia agrícola y nutricional de más de 3,500 años, y que se caracteriza por su alto contenido de proteínas y lípidos (Troxler y Reardon, 2018). En la actualidad hay una gran variedad de snacks que se elaboran a base de cacahuate, y entre ellos se encuentra el mazapán de México (Food Data and Travel, 2022). Existen también otras fuentes de proteína para adicionar a los alimentos, como la proveniente de los insectos, por ejemplo, el grillo doméstico, Acheta domesticus, que es un insecto originario de Asia que se distribuye y comercializa en todo el mundo. Gracias a su alta calidad en contenido de proteínas, se utiliza como ingrediente alimenticio para consumo humano (Finke et al., 1989; Milian y Flores, 2020). También en la industria alimentaria se utilizan diferentes edulcorantes o sustitutos de azúcar para reducir los niveles en los alimentos. Uno de ellos es la estevia, la cual es natural, baja en calorías y que se exrae de la planta Stevia rebaudiana, la cual es 300 veces mas dulce que el azúcar normal (Gonzáles et al., 2015).

OBJETIVO. Desarrollar un alimento funcional tipo snack mazapán fortificado con harina de grillo para incrementar el contenido de proteínas, ácidos grasos insaturados, fibra dietética, vitaminas y minerales, además de reducido en azúcar, y usando estevia como agente edulcorante para mejorar la dieta mexicana.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo del snack mazapán se implementó una técnica tradicional para elaborar un mazapán tipo artesanal. Esta consiste en tostar el cacahuate y dejarlo atemperar para posteriormente triturarlo y homogenizarlo con los demás componentes, obteniendo así un polvo uniforme el cual se agrega al molde y se prensa para darle la forma característica. La formulación final se basó en distintas formulaciones agregando estevia y harina de grillo y evaluadas mediante pruebas sensoriales, además del uso de eritorbato de sodio como agente antioxidante, ya que se observó que el producto terminado se oxidaba muy rápidamente. También se usaron maltodextrinas para aportar cuerpo. Partiendo de la formulación base, MT, se realizaron tres nuevas formulaciones agregando la harina de grillo, y a su vez disminuyendo el porcentaje de azúcar glas y compensando el dulzor con estevia en diferentes concentraciones, y manteniendo constante las concentraciones de maltodextrinas y eritorbato de sodio, y cambiando la concentración de cacahuate como se muestra en la Tabla 1.

	Testigo	M1	M2	M3
Cacahuate	69.3	81.0	83.5	83.0
Azúcar glas	20.0	7.5	5.0	5.0
Maltodextrina	3.1	3.1	3.1	3.1
Eritorbato de sodio	0.1	0.1	0.1	0.1
Harina de grillo	7.5	7.5	7.5	7.5
Estevia	-	0.8	0.8	1.3

***Tabla 1**. Formulaciones mazapanes con harina de grillo y estevia. Porcentajes.*

Se realizó una prueba panel con 40 panelistas no entrenados para ver que formulación tenía la mejor aceptación, evaluando los parámetros de color, olor, sabor, textura, utilizando

la prueba de Tukey para determinar si había diferencia entre las formulaciones con una confianza estadística de $p<0.05$. Acorde a los resultados no hubo diferencia estadística en ninguna de las formulaciones con respecto al testigo. En función a esto se decidió trabajar con la formulación M3, disminuyendo el contenido de azúcar de 20% al 5%, y con la incorporación de la harina de grillo y estevia como agente edulcorante. Se realizó un análisis bromatológico a la formulación seleccionada después de hacer el análisis estadístico de Tukey, evaluando hasta el momento los parámetros de humedad, cenizas y extracto etéreo, quedando pendiente los análisis de proteínas y fibra dietética, y por diferencia se calcularán los carbohidratos. El análisis de humedad se realizó por el método 44.19 de la AACC (2000), para cenizas el método 08-01.01 de la AACC (2000), y para extracto etéreo el método 920.39 de AOAC (1990), usando un equipo Soxhlet con éter etílico como solvente.

RESULTADOS. Se evaluaron las propiedades sensoriales de color olor, sabor, textura y dulzura, obteniendo un promedio de estas reportado como flavor, Tabla 2; realizando un análisis estadístico, utilizando la prueba de Tukey, no se presentaron diferencias significativas entre las formulaciones, y se optó por la formulación M3, para posteriormente realizar el correspondiente análisis bromatológico. Los resultados bromatológicos de M3 con harina de grillo se planean comparar con el mazapán Testigo (MT). Cabe señalar que se están determinando las pruebas de fibra dietética y proteínas, para hacer las debidas correcciones en lo que a carbohidratos respecta (Tabla 3). Se presenta una tabla nutrimental usando datos teóricos acorde a los valores nutricionales de las materias primas y quedando pendiente los análisis en laboratorio para confirmar la información (Tabla 4). La información teórica se basa en datos de “FoodData Central, USDA, U.S. Department of Agriculture, 2024”.

	Testigo	M1	M2	M3
Color	73.0	66.0	68.0	67.0
Olor	74.0	66.0	63.0	60.0
Textura	67.0	72.0	60.0	65.0
Sabor	82.0	75.0	64.0	77.0
Dulzura	77.0	75.0	63.0	73.0
Flavor	74.6	70.8	63.6	68.4

Tabla 2. *Resultados Análisis Sensorial. % de Aceptación.*

	Fórmula M3
Humedad	2.8
Carbohidratos	-
Fibra	-
Proteína	-
Lípidos	52.9
Cenizas	2.2

Tabla 3 *Análisis Bromatológico Experimental. g/100 g*

Parámetro	Fórmula M	Fórmula M3
Humedad	5.0	5.8
Carbohidratos	28.9	16.5
Fibra	7.2	8.5
Proteína	22.4	26.3

Lípidos	34.6	40.7
Cenizas	1.9	2.3
Kcal/100 g	524	545

***Tabla 4**. Análisis Bromatológico Teórico (USDA). g/100 g*

CONCLUSIONES. Se logró el desarrollo de un nuevo alimento tipo snack mazapán reducido en azúcares y fortificado con harina de grillo y usando estevia como agente edulcorante. La aceptación del producto fue satisfactoria y no encontrando diferencias con un mazapán elaborado con harina de grillo y azúcar. El nuevo producto reduce el contenido de azúcar de 20% a 5% con respecto al mazapán testigo. La prueba sensorial muestra una aceptación de dulzura del 77% en el mazapán testigo y de 73% en el nuevo producto, así mismo la aceptación del producto testigo fue de 74.6% y la del nuevo producto de 68.4%. Elaborar un mazapán fortificado con harina de grillo aumenta la concentración de fibra dietética y proteínas.

REFERENCIAS.

1. Beltrán, M. (2016). Alimentos funcionales. Elsevier. 30(3). 12-14.
2. Diana Sofía Maldonado. (2024, 12 abril). Cacahuate: ¿cuál es su origen y sus beneficios? *IAlimentos*.https://www.revistaialimentos.com/es/noticias/cacahuate-cual-es-su-origen-y-sus-beneficios
3. Finke, M., Defoliart, G. & Benevenga, N. (1989). Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. The Journal of Nutrition. 119(1): 864-871.
4. Food Data and Travel (2022). Día Mundial del Mazapán: conoce el origen de esta delicia. Mundo gourmet. México. https://foodandtravel.mx/dia-mundial-del-maza pan-conoce-el-origen-de-esta-delicia/
5. FoodData Central. USDA (2024). USDA. U.S. Department of Agriculture.
6. González, I., Tamayo, O., Barbosa, E., Segura, M., Moguel, Y. & Betancur, D. (2015). Desarrollo de una golosina funcional tipo “gomita” reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con *Stevia rebaudiana B*. Revista Nutrición Hospitalaria, 31(1): 334-340.
7. Milian, R. & Flores, A. (2020). Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano. Agrociencia, 3(16), 83-87.
8. Ortega, E., Ortega, I. H., Rodríguez, E., & Pineda, C. (2021). Breve análisis crítico de la sobreoferta y consumo de alimentos industrializados en México, antes y durante el COVID-19. Educación y Salud. 10(19). 54-59.
9. Simões, B., Barreto, S., Molina, M., Luft, V., Duncan, B., & Schmidt, M. (2018). Consumption of ultra-processed foods and socioeconomic position: A cross-sectional analysis of the Brazilian longitudinal study of adult health. Salud Pública, 34(3).
10. Troxler, S. & Reardon, J. (2018). Mani. North Carolina department of agriculture and Consumer Services. Food and Drug Protection Division.
11. Vázquez, C., Escalante, A., Huerta, J., & Villarreal, M. (2021). Efectos de la frecuencia de consumo de alimentos ultra procesados y su asociación con indicadores del estado nutricional de una población económicamente activa en México. Revista Chilena de Nutrición. 48(6), 852-861.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324119

RECUPERACIÓN DE COBRE DE UN MEDIO ACUOSO, USANDO EL HONGO ASPERGILLUS NIGER

Gabriela E. Tapia Quiroz, Ramiro Escudero García, Raúl Cortes Martínez

Palabras Clave: Bioadsorción, hongo, Aspergillus niger, oro, cobre, lixiviación ácida.

RESUMEN. La lixiviación de minerales y la recuperación de metales preciosos con microorganismos es una técnica basada en el uso de bacterias, levaduras y hongos no patógenos. La capacidad de algunas biomasas para recuperar metales de las soluciones es la base de las tecnologías de recuperación innovadoras; por ejemplo, para adsorber metales preciosos disueltos en un medio líquido utilizando el hongo Aspergillus niger. En este trabajo se investigó la bioadsorción de cobre a partir de un medio líquido utilizando ciertas masas de Aspergillus niger (0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75, 1, 2 y 3 gramos). Se realizó la caracterización de la biomasa, como del líquido residual. Las técnicas de análisis utilizadas fueron FT-IR y espectroscopia de absorción atómica. Mediante la bioadsorción de este metal (en sistema discontinuo) se obtuvieron recuperaciones del 60%, a pH 4, tras 120 minutos de contacto de 50 mg/l de cobre con el hongo, lo que demuestra que la recuperación depende en gran medida de los sitios activos (funcionales) en la biomasa y no es dependiente de la cantidad en gramos de la biomasa. Los resultados experimentales innovan el procesamiento de minerales aportando eficiencia y sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN. El cobre está ampliamente distribuido en la naturaleza, se presenta principalmente en forma de sulfatos, carbonatos, sulfuros de Fe y Cu, calcopirita, bornita, cuprita (óxido de cobre), malaquita y azurita (carbonatos de cobre) (Monge-Amaya et al., 2008). Este metal es obtenido a partir de minerales en forma de productos secundarios o bien por la recuperación de algunos desechos que los contienen. A partir de minerales, se ha recuperado de manera convencional por lixiviación ácida (Doyle, 1988). Posteriormente, el uso de técnicas convencionales permite su separación, sin embargo presentan ciertas limitaciones, como son un alto costo, bajo consumo de energía, baja eficiencia y generación de lodos (Abdulaziz & Musayev, 2017). La biosorción, es una técnica rentable en la cual, varios biomateriales, incluidos microorganismos, algas y subproductos vegetales son utilizados para la remoción de metales, en soluciones acuosas complejas (Basu et al., 2022; Gouda & Taha, 2023). La biomasa microbiana está constituida por bacterias, hongos, levaduras y microalgas. Por su alta disponibilidad, estas especies microbianas son consideradas por los investigadores una alternativa factible en la recuperación de iones metálicos [7]. Se ha demostrado que los hongos filamentosos, tienen una prominente afinidad por los iones metálicos, debido a que pueden atraerlos y capturarlos a partir de mecanismos físico-químicos [8]. Este grupo microbiano se caracteriza por los grupos funcionales presentes en la pared celular cargados negativamente como son los aminos, hidroxilos, carboxilos, sulfhidrilos y fosfatos que les atribuye excelentes particularidades para unir a los iones metálicos y que forman parte de los compuestos quitina, quitosano, polifosfatos, lípidos y proteínas (Güven et al., 2016).

ANTECEDENTES. Se ha demostrado que los hongos filamentosos, tienen una prominente afinidad por los iones metálicos, debido a que pueden atraerlos y capturarlos a partir de mecanismos físico-químicos (Fawzy et al., 2017). Este grupo microbiano se caracteriza por los grupos funcionales presentes en la pared celular (quitina, quitosano, polifosfatos, lípidos y proteínas) cargados negativamente como son los aminos, hidroxilos, carboxilos, sulfhidrilos y fosfatos que les atribuye excelentes particularidades para unir a los iones metálicos (Güven et al., 2016). Gomes y col., (Godlewska-Żyłkiewicz et al., 2019), a partir de un líquido de lixiviación que contenía metales y concentraciones considerables de cianuro proveniente de una planta de extracción de oro, aislaron una cepa de Aspergillus niger, la cual se adaptó y desarrolló favorablemente en este medio. Los metales presentes en el lixiviado, eran oro, plata, hierro y cobre; para lograr el crecimiento de la biomasa fúngica se enriqueció el líquido. La recuperación de metales por Aspergillus niger fue de un 62.42% de oro, 100% de plata, 58.74% de cobre,80.34% de hierro y 73.68% de zinc.

OBJETIVO. Recuperar de un medio acuoso el cobre por biosorción selectiva, empleando la biomasa muerta de Aspergillus niger.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se empleó como biomasa la cepa de *Aspergillus niger.* Se usó estándar de oro y platino (1000 mg/L diluido en HCl 10%, Sigma- Aldrich) y agua destilada.

Biomasa. La cepa *Aspergillus niger* se obtuvo por una donación, se sembró en agar papa dextrosa (APD), y se colocó en la incubadora SHL LABV modelo 1525 durante 72 horas 26°C.Se llevó a cabo la identificación del hongo con un monitoreo macroscópico y microscópico: una vez aislada y purificada la cepa, se cultivó en un medio nutritivo (CPD), se incubó a 30°C por 72 horas a 150 rpm. Para la obtención de biomasa muerta se esterilizó en autoclave (20 minutos a 121 °C a una presión de 15 libras) y se secó en un horno FELISA a 60 °C por 12 horas. Finalmente, se trituro en un mortero de porcelana y se resguardo en un recipiente de vidrio con tapadera en el desecador hasta los experimentos de contacto.

Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). La biomasa muerta se caracterizó por FTIR utilizando un equipo Bruker modelo Tensor 27. Los espectros se obtuvieron con resolución de 4 cm^{-1} en el intervalo espectral de 4000 cm-1 400 cm^{-1}. Las muestras previamente secas se prepararon con pastillas de KBr (SigmaAldrich, grado espectroscópico). Con la caracterización se realizó la identificación de las bandas principales en el espectro y se observaron las frecuencias de vibración de los grupos funcionales presentes en la biomasa.

Experimentos de biosorción. Se realizaron experimentos de contacto tipo lote, para 50 mg/L de cobre en sistemas binarios con concentraciones conocidas (20 mg/L) de oro, con diferentes cantidades de biomasa, con la finalidad de determinar la concentración de biomasa adecuada, que permita la bioadsorción del metal de interés. Estos experimentos se llevaron a cabo a partir de soluciones sintéticas. Se utilizaron 25 mL de cada una de las soluciones binarias sintéticas y se pusieron en contacto con 0.15, 0.30, 0.45, 0.60, 0.75, 1, 2 y 3 gramos de la biomasa muerta de *Aspergillus niger* en tubos Falcón por separado durante 120 minutos, a pH 4. Se monitorearon los parámetros de pH, conductividad y Potencial Óxido-Reducción (ORP). Se recolectaron alícuotas cada 20 minutos durante la primera hora y en la segunda hora se recolectó la alícuota a los 40 minutos. La solución

residual se analizó en un espectrómetro de absorción atómica (EAA – PinAacle 900H Perkin Elmer).

RESULTADOS. Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de la Biomasa muerta. En la Figura 1 se muestra el espectro de infrarrojo de la biomasa muerta de *Aspergillus niger* donde se registran bandas a 3419 cm^{-1} correspondiente a las vibraciones de estiramiento de los grupos O-H (hidroxilo) de los polisacáridos y a la tensión vibracional del grupo N-H (amino) correspondiente a las proteínas y el grupo acetamido de la quitina (Gáplovská et al., 2018; Gochev et al., 2010). La banda 2925 cm^{-1} y la banda 2855 cm^{-1} se asocia con el modo asimétrico del CH_2 y con las vibraciones de tensión del C-H (grupos alifáticos) de los ácidos grasos (Gáplovská et al., 2018). A 2144 cm^{-1} se presenta una banda atribuida a la vibración de tensión del grupo C≡C, también se registraron bandas a 1744 cm^{-1} y 1645 cm^{-1} propias de la vibración de estiramiento del C=O y de la tensión vibracional del enlace C=O (correspondiente a las agrupaciones de amidas), respectivamente. Además, se presentan bandas a 1552 cm^{-1} debido a la deformación de amidas (N-H) (Gáplovská et al., 2018), a 1451 cm^{-1} atribuida al estiramiento asimétrico del CH_3 (grupo alifático) y a 1375 cm^{-1} asociada al grupo COO^- (carboxilato) (Gáplovská et al., 2018). Las bandas 1150 cm^{-1} y 1035 cm^{-1} corresponden a las vibraciones de estiramiento de la quitina y de las aminas propias de las fracciones de proteínas(Gochev et al., 2010), mientras que las bandas a 850 cm^{-1} y la banda 697 cm^{-1}, se asocian con los anillos aromáticos (=CH)(Socrates, 2004).

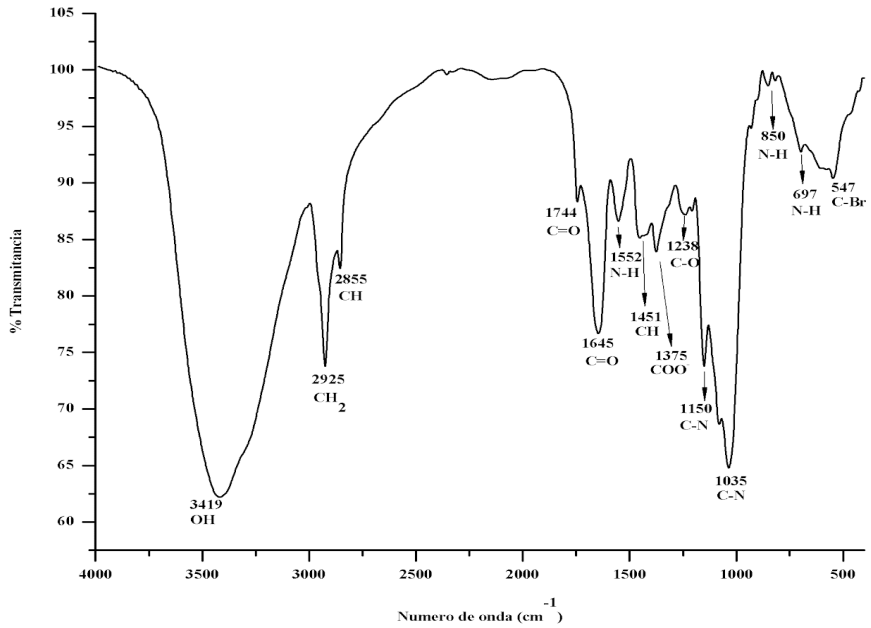


Figura 1. *Espectro FT-IR de la biomasa muerta Aspergillus niger.*

Los grupos funcionales encontrados en la biomasa se presentan en la Tabla 3.

Número de onda	Enlace	Carga	Grupo funcional	Tipo de vibración
3419.51	O-H, N-H	(-), (+)	Hidróxilo	Estiramiento
2925.14	CH_2	Neutros	Metileno	Asimétrico
2855.11	C-H	Neutros	Alcanos	Tensión
1744.06	C=O	(-)	Ácido carboxílico	Estiramiento
1645.5	C=O	(-)	Carboxilo (correspondiente a las agrupaci	Tensión
1552.21	N-H	(+)	Amida	Deformación
1451.7	CH_3	Neutros	Metilo	Asimétrico
1375.67	COO^-	(-)	Carboxilato	
1238.4	C-O, C-N	(-)	Ácido carboxílico, Amina alifática	Tensión
1150.97	C-N (alquil)	(-)	Amina	Tensión
1035.49	C-N (alquil)	(-)	Amina	Tensión
850.76	C-H (para)	Neutros	Anillo Aromático	Deformación
697.71	C-H (mono)	Neutros	Anillo Aromático	Deformación
547.08	C-Br		Haluros de alquilo	Tensión

Tabla 3. *Grupos funcionales presentes en la biomasa de Aspergillus niger.*

Experimentos de biosorción

En la Figura 2, se muestra la capacidad de adsorción en función de la cantidad en gramos de la biomasa muerta de *Aspergillus niger* de cobre y oro, en el sistema binario. La eficiencia de la biosorción de cobre y oro fue constante en todo el rango de concentración de biomasa en gramos, lo que indica la formación de un equilibrio entre los iones unidos al biosorbente y los que permanecen en solución, debido a que los principales sitios activos disponibles son saturados por los iones metálicos [15].

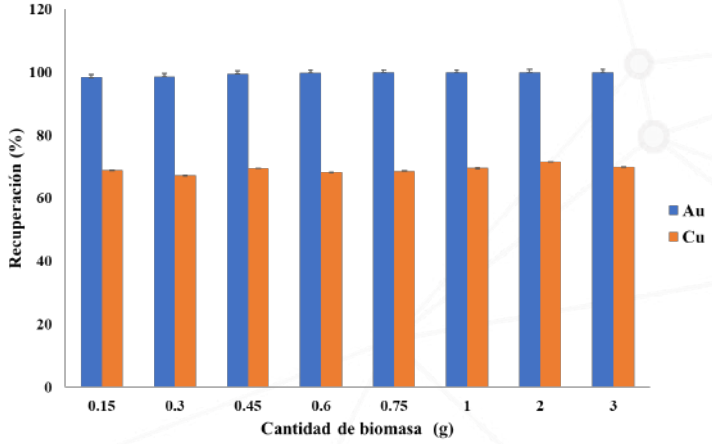


Figura 2. *Biosorción de cobre y oro en un sistema binario utilizando diferente cantidad en gramos de biomasa muerta de Aspergillus niger.*

CONCLUSIONES. Se llevó a cabo el análisis de FT-IR y se realizó la identificación de los grupos funcionales principales de la biomasa fúngica de Aspergillus niger que intervienen en el proceso de biosorción de los iones metálicos, denotando los grupos amino, hidroxilo, carboxilo y nitro. Se bioadsorbió selectivamente oro y cobre (individual y binario), utilizando biomasa muerta de Aspergillus niger, en soluciones sintéticas. Se estableció la relación peso de biomasa: concentración de metal a pH 4. Para el sistema cobre:oro, la adsorción total de ambos metales no dependió de la cantidad de biomasa.

REFERENCIAS.

1. Abdulaziz, M., & Musayev, S. (2017). Multicomponent Biosorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions: A Review. Polish Journal of Environmental Studies, 26(4), 1433-1441. https://doi.org/10.15244/pjoes/67975
2. Basu, A., Ali, S. S., Hossain, S. S., & Asif, M. (2022). A Review of the Dynamic Mathematical Modeling of Heavy Metal Removal with the Biosorption Process. Processes, 10(6), Article 6. https://doi.org/10.3390/pr10061154
3. Doyle, F. M. (1988). Developments in Hydrometallurgy. JOM, 40(4), 32-38. https://doi.org/10.1007/BF03259019
4. Fawzy, E. M., Abdel Motaal, F. F., & Zayat, S. A. E. (2017). Biosorption of Heavy Metals onto Different Eco-Friendly Substrates. Journal of Bioremediation & Biodegradation, 08(03). https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000394
5. Gáplovská, K., Šimonovičová, A., Halko, R., Okenicová, L., Žemberyová, M., Čerňanský, S., Brandeburová, P., & Mackuľak, T. (2018). Study of the binding sites in the biomass of Aspergillus niger wild-type strains by FTIR spectroscopy. Chemical Papers, 72(9), 2283-2288. https://doi.org/10.1007/s11696-018-0487-6
6. Gochev, V., Velkova, Z., & Stoytcheva, M. (2010). Hexavalent chromium removal by waste mycelium of Aspergillus awamori. Journal of the Serbian Chemical Society, 75(4), 551-564. https://doi.org/10.2298/JSC090331008G
7. Gouda, S. A., & Taha, A. (2023). Biosorption of Heavy Metals as a New Alternative Method for Wastewater Treatment: A Review. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 27(2), 135-153. https://doi.org/10.21608/ejabf.2023.291671
8. Güven, K., Korcan, E., Malkoç, S., Aydin Kurç, M., & Güven, A. (2016). Lead Biosorption by a Moderately Halophile Penicillium sp. Isolated from Çamalti Saltern in Turkey. ANADOLU UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY –C Life Sciences and Biotechnology, 5(1). https://doi.org/10.18036/btdc.01000
9. Monge-Amaya, O., Valenzuela-García, J. L., Acedo-Félix, E., Certucha-Barragán, M. T., & Almendáriz-Tapia, F. J. (2008). Biosorción de cobre en sistema por lote y continuo con bacterias aerobias inmovilizadas en zeolita natural (clinoptilolita). Revista internacional de contaminación ambiental, 24(3), 107-115.
10. Socrates, G. (2004). Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Tables and Charts. John Wiley & Sons.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324120

EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA DE *Pseudomonas reptilivora* B-6bs EN LA DEGRADACIÓN DE COLORANTES Y TOLERANCIA DE METALES PESADOS

Adriana Medina-Rodríguez[1], Alan Efraín Gómez-Flores[2], Itan Homero Ruiz-Hernández[3], Juan Carlos González-Hernández [4*]

1 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21121024@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21121007@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; D12120039@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: Pseudomonas reptilivora, biorremediación, contaminación textil.

RESUMEN. La amplia diversidad metabólica de las bacterias como Pseudomonas reptilivora B-6bs representa una ventana de oportunidad para su implementación en procesos de biorremediación. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento de P. reptilivora B-6bs en la degradación de índigo carmín y dicromato de potasio, colorantes utilizados en la industria textil. Para ello, se realizaron pruebas a nivel matraz empleando un diseño experimental Taguchi L4 de ocho tratamientos con duplicado. Los factores fueron la concentración de colorante (100 y 500 ppm) y la concentración de glicerol (1 y 20 g/L) como sustrato. Por otra parte, las variables de respuesta seleccionadas fueron los parámetros cinéticos (μ, td y tg), rendimiento biomasa/sustrato (Yx/s) y decoloración. El crecimiento fue medido mediante densidad óptica a 650 nm, el consumo de glicerol fue cuantificado mediante el método de Malaprade-Hantzsch, y la decoloración fue cuantificada leyendo la absorbancia de los medios inoculados y sin inocular a 610 nm y 421 nm para índigo carmín y K2Cr2O7, respectivamente. En condiciones de 500 ppm de índigo carmín y 20 g/L de glicerol, P. reptilivora B-6bs logró una decoloración del 66% tras 144 h de tratamiento, con parámetros cinéticos de μ = 0.088 h-1, td = 7.91 h y tg = 0.126 h. Sin embargo, bajo las mismas condiciones con K2Cr2O7, no se observó un crecimiento significativo, por lo cual se decidió reformular el medio de cultivo, que favoreció al crecimiento de la bacteria, obteniendo parámetros de μ = 0.314 h-1, td = 2.21 h y tg = 0.453 h con 500 ppm de K2Cr2O7. Como conclusiones preliminares, P. reptilivora B-6bs demostró un potencial considerable para la degradación de colorantes como índigo carmín, logrando elevados porcentajes de decoloración. La creación del segundo medio facilitó el crecimiento de P. reptilivora B-6bs en altas concentraciones de K2Cr2O7.

INTRODUCCIÓN. Las Pseudomonas tienen una capacidad inusual de sintetizar muchas enzimas, lo que les permite metabolizar muchos sustratos. Por tanto, pueden degradar químicos poco comunes, como pesticidas y colorantes, que se añaden al suelo (Tortora et al., 2016). Uno de los aprovechamientos novedosos de Pseudomonas es como agente biológico en la biorremediación de colorantes y metales pesados, cuyos efluentes producto de la industria textil causan estragos en los ecosistemas acuáticos (Celik et al., 2020; Selvi y Hussain, 2022). Al igual que otras especies de su género, la impresionante capacidad

fisiológica de P. reptilivora B-6bs le permite usar muchos compuestos como fuentes de carbono y nitrógeno (Ruiz-Hernández et al., 2023). Sin embargo, es un microorganismo poco estudiado, lo que urge a la investigación sobre su potencial biotecnológico en la biorremediación de la problemática previamente planteada. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de crecimiento de P. reptilivora B-6bs bajo condiciones de estrés crómico y la capacidad del microorganismo de degradar colorantes, mediante diseños experimentales de Taguchi L4.

ANTECEDENTES. La utilización del género Pseudomonas con fines de biorremediación ha sido objeto de estudio en recientes años. Diferentes Pseudomonas han sido estudiadas sobre su capacidad de crecer en medios contaminados con altas concentraciones de diversos metales como Cu2+ en el caso de P. reptilivora B-6bs (Ruiz-Hernández et al., 2023) y Cd2+, Pb2+ y As3+ con Pseudomonas sp. K32 logrando llevar a cabo procesos metabólicos y registrando potencial fungicida (Pramanik et al., 2021). De mismo modo, han sido investigadas por su cualidad de degradar colorantes con Pseudomonas putida (Aguayo-Villareal et al., 2016), siendo Pseudomonas aeruginosa ZM130 incluso capaz de lograr una elevada degradación de colorantes reactivos en medios con presencia de metales pesados, además de registrar la remoción de Cr6+ del medio (Maqbool et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó el Software Minitab ® 18, para el diseño de experimentos Taguchi L4, que consiste en 4 tratamientos con diferentes combinaciones de factores de interés, se variaron los siguientes parámetros: concentración de colorantes (100 y 500 ppm) y la concentración de inicial de glicerol (1 y 20 g/L). Durante el tratamiento, los matraces se agitaron a 300 rpm y se mantuvieron a una temperatura de 28 °C durante 144 h. Tomando muestras cada 4 h durante las primeras 24 h, y posteriormente, cada 12 h. El medio de cultivo utilizado contenía, por 100mL: 0.5 g de peptona de gelatina, 0.07 g de NH4H2PO4 y 0.5 g de NaCl. Para la medición de pH, se utilizó el potenciómetro Hanna Instruments® HI 2211 Bench pH/ORP. Se leyeron las muestras en un espectrómetro UV-Vis Perkin Elmer® Lambda 35 a 650 nm para el crecimiento celular por densidad óptica. Los picos de absorbancia de cada colorante fueron determinados mediante barrido de espectro. La degradación de colorantes fue cuantificada por la relación entre la absorbancia del medio sin inocular (A) y el medio inoculado (B), de acuerdo con Maqbool et al. (2016):

$$\%Decoloración = \frac{A - B}{A} \times 100$$

RESULTADOS. La matriz experimental utilizada se basó en un diseño de 4 tratamientos realizado con el *Software Minitab®18*, empleando 2 puntos centrales (**Tabla 1** y **Tabla 2**)

Tabla 1. Diseño Taguchi L4, matrices ortogonales para índigo carmín.

Tratamiento	Concentración de índigo carmín (ppm)	Concentración de glicerol (g/L)
1	100	1
2	100	20
3	500	1
4	500	20

Tabla 2. Diseño Taguchi L4, de matrices ortogonales para dicromato de potasio.

Tratamiento	Concentración de dicromato de potasio (ppm)	Concentración de glicerol (g/L)
5	100	1
6	100	20
7	500	1
8	500	20

***Tabla 1**. Diseño Taguchi L4, matrices ortogonales para índigo carmín.*

De acuerdo con los resultados obtenidos de la **Fig. 1**, se muestra el crecimiento de dos tratamientos (T1 y T5), medidos por densidad óptica a 650 nm durante 144 h. T1 presenta una fase de aumento inicial, seguido por un pico máximo a las 12 h. Posteriormente, el crecimiento desacelera y se estabiliza en la fase estacionaria a partir de las 36 h. T5 muestra un patrón más fluctuante, con incrementos y disminuciones leves en la densidad óptica a lo largo del tiempo. Aunque hay un crecimiento inicial, T5 parece entrar en una fase estacionaria. En el caso de T1, la lectura del crecimiento pudo verse afectada por la presencia de índigo carmín, con pico de absorbancia a 610 nm, cercano en extremo a la longitud de onda a la cual se realiza la lectura de densidad óptica (D.O.), 650 nm. Por otra parte, el cambio de pH a lo largo del tiempo también se ve afectado, ambos iniciando en 7, tendiendo a la alcalinidad conforme avanzaron los tratamientos. Por último, se observa el avance en la degradación de los colorantes, alcanzando un 52% para el T1 y 12% para el T5, siendo cuatro veces menor al T1, esta diferencia sugiere que la degradación para el T1 es más efectiva que en T5**.** La evidente diferencia en la degradación de índigo carmín contra dicromato de potasio en T1 y T5, respectivamente, puede relacionarse a la naturaleza de ambos colorantes. Dado que el índigo carmín es un colorante orgánico, puede ser decolorado por medio de oxidasas como es el caso de la lacasas, enzimas con ocurrencia reportada en *Pseudomonas* (Maqbool *et al.,* 2016). Los parámetros cinéticos de crecimiento calculados de este tratamiento se encuentran en la **Tabla 3** y los porcentajes de degradación logrado se observan en la **Tabla 4.**

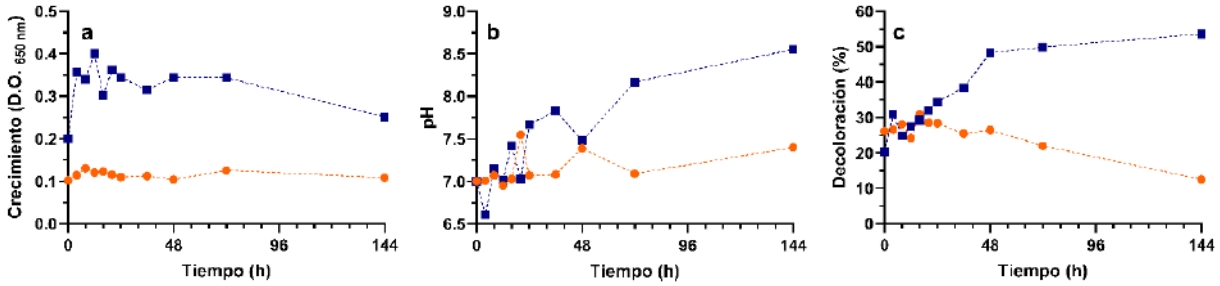


***Figura 1**. Evolución del crecimiento microbiano (**a**) mediante densidad óptica (D.O. 650.nm), pH del medio de cultivo (**b**) y porcentaje de decoloración (**c**) durante 144 h, empleando 100 ppm de dicromato de potasio (●) y 100 ppm de índigo carmín (■), ambos con 1 g/L de glicerol (n = 3).*

Tabla 3. Parámetros cinéticos calculados de T1 y T5.

Parámetro	Índigo carmín (T1)	Dicromato de potasio (T5)
μ (h^{-1})	0.140	0.031
t_g (h)	0.202	0.045
t_d (h)	4.941	22.441

Tabla 4. Porcentaje de degradación máximo logrado tras finalizar T1 y T5.

Colorante	λ_{max} (nm)	%Deg
Índigo carmín (T1)	610	53%
Dicromato de potasio (T5)	421	12%

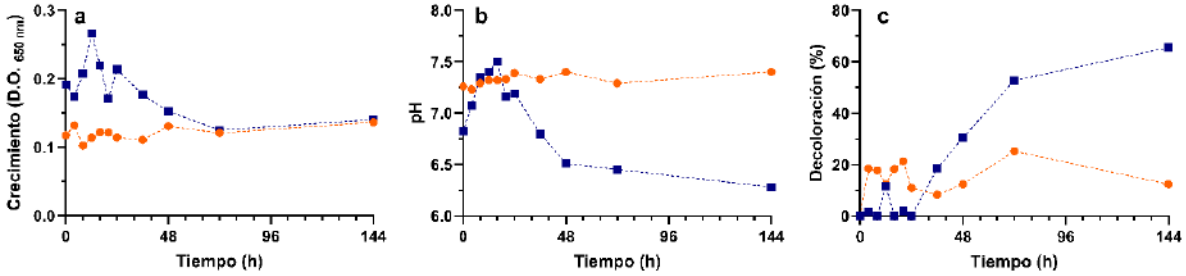


Figura 2. *Evolución del crecimiento microbiano (**a**) mediante densidad óptica (D.O. 650.nm), pH del medio de cultivo (**b**) y porcentaje de decoloración (**c**) durante 144 h, empleando 500 ppm de dicromato de potasio (●) y 500 ppm de índigo carmín (■), ambos con 20 g/L de glicerol (n = 3).*

De acuerdo con los resultados obtenidos de la **Fig. 2**, se muestra el crecimiento de dos tratamientos (T4 y T8), al inicio de los tratamientos, se evidenció un color claro y brillante, debido a la elevada concentración de los colorantes. A medida que avanzaron los tratamientos, aumentó la turbidez a causa del crecimiento bacteriano, lo cual fue evidente en T4. Se muestra el crecimiento bacteriano medido por densidad óptica a 650 nm, en T4 se observa un descenso en la densidad óptica a las 4 h, seguido por un pico máximo a las 12 h, alcanzando la fase estacionaria aproximadamente a las 36 h. En cambio, en T8 el crecimiento fue más irregular, con fluctuaciones leves en la densidad óptica, entrando en la fase estacionaria a partir de la 8 h. El comportamiento del pH, para T8 el pH se mantuvo relativamente constante, fluctuando entre 7.2 y 7.4. Por otro lado, en T4 se observó un incremento en el pH durante las primeras 24 horas, alcanzando un estado ligeramente alcalino, seguido de una disminución drástica las siguientes horas, volviéndose ácido, esto podría deberse a la producción y secreción de metabolitos ácidos resultantes del metabolismo del glicerol en *Pseudomonas* (Poblete-Castro *et al.,* 2020), la poca fluctuación de pH en T8 puede deberse a la elevada concentración de Cr^{6+}, que pudo inhibir su crecimiento o actividad celular. Por último, se observa el avance en la degradación de los colorantes, obteniendo un 66% para T4, mientras que para T8 solo se obtuvo un 12%. La nula diferencia entre la degradación de dicromato en T5 y T8 puede ser resultado de la poca capacidad de *P. reptilivora* B-6bs para reducir el estado de oxidación de Cr^{6+} a Cr^{3+}, a diferencia de los resultados reportados por Maqbool *et al.* (2016) con *P. aeruginosa* ZM130. Los parámetros cinéticos de crecimiento calculados para este tratamiento se presentan en la **Tabla 5**. Los porcentajes de degradación logrados se resumen en la **Tabla 6**.

Tabla 5. Parámetros cinéticos calculados del T4 y T8.

Parámetro	Índigo carmín (T4)	Dicromato de potasio (T8)
μ (h^{-1})	0.088	0.205
t_g (h)	0.126	0.296
t_d (h)	7.913	3.374

Tabla 6. Porcentaje de degradación logrando tras finalizar T4 y T8.

Colorante	λmax (nm)	%Deg
Índigo carmín (T4)	610	66%
Dicromato de potasio (T8)	421	12%

***Tabla 6**. Porcentaje de degradación logrando tras finalizar T4 y T8.*

CONCLUSIONES. P. reptilivora B-6bs demostró una mayor capacidad para degradar índigo carmín que dicromato de potasio. Esto destaca su potencial aprovechamiento biotecnológico en la biorremediación de efluentes con colorantes originados en la industria textil. No obstante, la eficiencia limitada frente a metales pesados como es el caso de Cr6+ destaca la necesidad de optimizar las condiciones de crecimiento de P. reptilivora B-6bs en futuras experimentaciones.

Agradecimientos
Se agradecen los donativos parciales del **Tecnológico Nacional de México** en la Convocatoria **2023** y **2024** de Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (**16432.23-P** y **19545.24**). A cargo del D. En C. Juan Carlos González Hernández, jefe de grupo de Laboratorio de Bioquímica donde se desarrolla la presente investigación.

REFERENCIAS.

1. Aguayo-Villarreal, I., Hernández-Montoya, V., Ramírez-López, E., Bonilla-Petriciolet, A., y Montes-Morán, M. (2016). Effect of surface chemistry of carbons from pine sawdust for the adsorption of acid, basic and reactive dyes and their bioregeneration using Pseudomonas putida. Ecological Engineering, 95, 112-118. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.056
2. Celik, S., Duman, N., Sayin, F., Akar, S. T., y Akar, T. (2021). Microbial cells immobilized on natural biomatrix as a new potential ecofriendly biosorbent for the biotreatment of reactive dye contamination. Journal of Water Process Engineering, 39, 101731. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101731
3. Maqbool, Z., Hussain, S., Ahmad, T., Nadeem, H., Imran, M., Khalid, A., Abid, M., y Martin-Laurent, F. (2016). Use of RSM modeling for optimizing decolorization of simulated textile wastewater by Pseudomonas aeruginosa strain ZM130 capable of simultaneous removal of reactive dyes and hexavalent chromium. Environmental Science and Pollution Research, 23(11), 11224-11239. https://doi.org/10.1007/s11356-016-6275-3
4. Poblete-Castro, I., Wittmann, C., y Nikel, P. I. (2020). Biochemistry, genetics and biotechnology of glycerol utilization in Pseudomonas species. Microbial Biotechnology, 13(1), 32-53. https://doi.org/10.1111/1751-7915.13400
5. Pramanik, K., Mandal, S., Banerjee, S., Ghosh, A., Maiti, T. K., y Mandal, N. C. (2021). Unraveling the heavy metal resistance and biocontrol potential of Pseudomonas sp. K32 strain facilitating rice seedling growth under Cd stress. Chemosphere, 274, 129819. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129819
6. Ruiz-Hernández, I. H., Madrigal-Pérez, L. A., y González-Hernández, J. C. (2023). Pseudomonas reptilivora: un potencial revolucionario para la generación de antibióticos. Milenaria Ciencia y Arte, 22, 16-19. https://doi.org/10.35830/mcya.vi22.365
7. Selvi, M. T., y Hussain, A. Z. (2022). An empirical analysis on the impact of metal contents on water quality. Materials Today Proceedings, 59(2), 1349-1356. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.005
8. Tortora, G. J., Funke, B. R., Case, C. L., Bair, W., y Weber, D. (2018). Microbiology: An Introduction (13.a ed.). Pearson.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324122

CARACTERIZACION Y EVALUACION DE MICROORGANISMOS AISLADOS DE SUELOS MICHOACANOS CON POTECIAL AGRICOLA

Fernando Espinosa Beltrán[1], Miguel Ángel Ramírez Ramírez[2], Guillermo Salas Razo[3], Mauricio Perea Peña[4], Enrique Pascual Alvarado[5]

1Laboratorio de Innovación Agropecuaria, IIAF, UMSNH. msc.fernando.espinosa@gmail.com

2Laboratorio de Innovación Agropecuaria, IIAF, UMSNH 1824527g@umich.mx

3Laboratorio de Innovación Agropecuaria, IIAF, UMSNH. Guillermo.salas@umich.mx

4Laboratorio de Innovación Agropecuaria, IIAF, UMSNH. mauricio.perea@umich.mx

5Laboratorio de Innovación Agropecuaria, IIAF, UMSNH. enrique.pascual@umich.mx

Palabras Clave: Endófitos, Hongos micorrícicos arbusculares, simbiosis, crecimiento.

RESUMEN. En la actualidad las actividades agrícolas están buscando alternativas sostenibles. El uso de microorganismos como los hongos es una respuesta viable debido a su tipo de interacción con las plantas. Algunos hongos micorrícicos tienen la capacidad de producir compuestos que proveen beneficios a las plantas. En este trabajo se aislaron alrededor de 10 hongos micorrícicos recolectadas de la región de Tarímbaro Michoacán. Se encontraron 2 especies de hongos micorrícicos agrupados en el mismo género. Se está evaluando el efecto de la interacción directa e indirecta (cepas inoculadas a los medios) de las cepas caracterizadas sobre el crecimiento y desarrollo de Lens culinaris. A los 15 días de su siembra se medirán biomasa de raíz y de parte área, así como longitud de raíz principal, número y densidad de raíces laterales. Se realizarán análisis estadísticos de comparación de medias y toma de fotografías. Se espera que la interacción de los microorganismos modifique el crecimiento de las plantas de manera positiva de acuerdo a lo reportado en la literatura, aumentando la biomasa de Lens culinaris. De igual manera se busca esclarecer si existen diferencias significativas entre una interacción directa o indirecta.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, existe la necesidad de obtener cultivos con altos rendimientos y calidad, en periodos de tiempo más cortos. Lo cual ha llevado al empleo de prácticas agroquímicas. Dichas prácticas pueden causar un impacto negativo sobre el suelo y con ello la degradación de los recursos naturales, la erosión genética y la contaminación ambiental. Además de un desequilibrio en las funciones de los microorganismos rizosférico que están involucrados en el crecimiento, desarrollo y nutrición vegetal, lo cual puede ocasionar la perdida de una productividad sostenida (Aguilar Ulloa et al., 2016; Muñoz Márquez et al., 2009). Además de un desequilibrio en las funciones de los microorganismos rizosférico que están involucrados en el crecimiento, desarrollo y nutrición vegetal, lo cual puede ocasionar la perdida de una productividad sostenida (Aguilar Ulloa et al., 2016; Muñoz Márquez et al., 2009). En la naturaleza existen interacciones que favorecen el desarrollo y adaptación de las plantas. Los hongos representan una de estas estrategias, ya que ayudan en la absorción de agua y nutrientes y aumentan la resistencia contra

diferentes tipos de estrés (Mapperson et al., 2014), estimulan la germinación y desarrollo de la plántula mediante la liberación de compuestos que actúan de diferente manera en la respuesta vegetal (Kusari et al., 2012). Por lo datos expuestos anteriormente resaltan lo necesario que es seguir estudiando las diferentes interacciones de los hongos micorrícicos con un enfoque agronómico. Con el fin de seguir modificando las practicas dichas, y en caminarlas a un enfoque más sustentable. Es por ello que este trabajo trata de constatar el efecto de 2 cepas de hongos micorrícicos agrupados en el género Glomus en el crecimiento y desarrollo de Lens culinaris

ANTECEDENTES. Trabajos como en el de Rubí Arriaga et al., y colaboradores (2009) demostraron que una inoculación de hongos pertenecientes al género Glomus en flores de Lilium sp., incrementan el diámetro del tallo, la longitud y el diámetro del botón, el peso seco y la vida de la flor. Así mismos trabajos como el de Romero Félix y colaboradores en el presente año encontraron que Glomus intraradices modifico de manera positiva el frijol en área foliar, altura de las plantas, materia seca de la hoja y área foliar total de la planta. Siendo en la materia seca total la que obtuvo los mejores resultados.

OBJETIVO. Identificar y caracterizar el efecto de dos cepas obtenidos de la zona de Tarímbaro Michoacán en el crecimiento y desarrollo de la lenteja (Lens culinaris).

MATERIALES Y MÉTODOS. Se trabajo con muestras de suelos obtenidas de Tarímbaro, de una zona dedicada a la producción agrícola. Para tomar las muestras se seleccionaron 6 puntos al azar de la zona de muestreo, donde se utilizó una pala para cavar a una profundidad de 15 a 25 cm de profundidad, 20 cm de ancho y 20 cm de largo. Se colecto un kilogramo de suelo por cada punto, los cuales se colocaron en bolsas y se desmenuzaron, para poder trasladarse al laboratorio para su posterior análisis. De las muestras obtenidas se pesaron 5 gramos de suelo los cuales se diluyeron con agua destilada estéril y se realizaron los cultivos en Medio PDA, preparado siguiendo las instrucciones del proveedor. Se dejo crecer a los microorganismos un total de 3 días, pasado ese intervalo de tiempo se procedió con el aislamiento de los microorganismos resembrando en nuevas placas. La técnica de tamizado y decantación propuesta por Gerdemann y Nicolson (1963) solo se usa con la finalidad de obtener e identificar los hongos micorrízicos arbusculares. Los hongos seleccionados se identificaron a genero siguiendo la morfología de sus esporas. Para analizar el efecto de los hongos identificados en el desarrollo de vegetal, se optó por utilizar semillas de la planta Lens culinaris. Donde se evaluó diferentes tipos de contacto de las cepas. Se germinaron semillas en recipientes germinadores especiales. Se conto con un a control, T1 Directo, T1 Indirecto, T2 Directo y T2 Indirecto. Las “T” corresponden a las 2 especies de hongos identificadas. En cuanto a una interacción directa corresponde a la inoculación de las semillas, mientras que corresponde a la inoculación del sustrato. Los recipientes con las semillas se mantuvieron a una temperatura 24°C, con un fotoperiodo de 16 h luz/ 8 h oscuridad y una humedad relativa del 80%. Se reporto la biomasa de la planta (peso fresco), longitud de raíz y altitud del tallo cada 3 días durante 15 días. Los resultados obtenidos se graficaron como valores promedio de 12 plantas por cada tratamiento.

RESULTADOS. De las muestras obtenidas se encontraron alrededor de 10 morfologías de hongos asociados a la rizosfera de las plantas, donde siguiendo la caracterización

morfológica de Gerdemann & Nicolson, (1963) donde describe los esporocargos irregulares, superficie algodonosa, de coloración blanquecina. Con esporas clamidosporoides de elipsoides y subglobosas, con un tamaño de entre 30 a 250 micras, con coloraciones amarillentas a parduscas. Que se generan al final de las hifas. Podemos agrupar a dos de las especies encontradas en el género *Glomus*. Estos hongos se les asigno el T1 para *Glomus* sp1 y T2 para *Glomus* sp2.

En cuanto al crecimiento y desarrollo vegetal, los resultados obtenidos mostraron que los hongos en los diferentes tipos de interacción provocan un incrementaron el tamaño de las plantas, comparadas con el control. Lo que se reflejó en un aumento en la biomasa en interacción con las dos cepas fúngicas (Fig. 1).

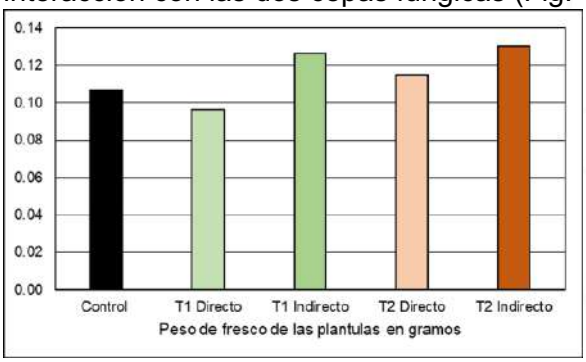


Figura 1. Biomasa de plántulas de Lens culinaris crecidas con las cepas fúngicas en diferente interacción. *A) Control, B) T1 Directo, C) T1 Indirecto, D) T2 Directo, E) T2 Indirecto. Las barras muestran el peso fresco de las plantas en un promedio de 12 plantas en gramos a los 3 días de su siembra.*

Para la tasa de crecimiento de las plantas en el área foliar (Fig2. A), se observa que los hongos fueron capaces de modificar el crecimiento de manera positiva con respeto al control. Sin embargo, una interacción indirecta (inoculación en el medio), promueve de mayor manera el creciente en las plantas lo cual se puede observar en la figura 3.
De igual manera en el área radicular se puede observar que una interacción indirecta genera mejores resultados que una interacción directa, siendo T2 con una interacción indirecta la mejor respuesta (Fig2. B).

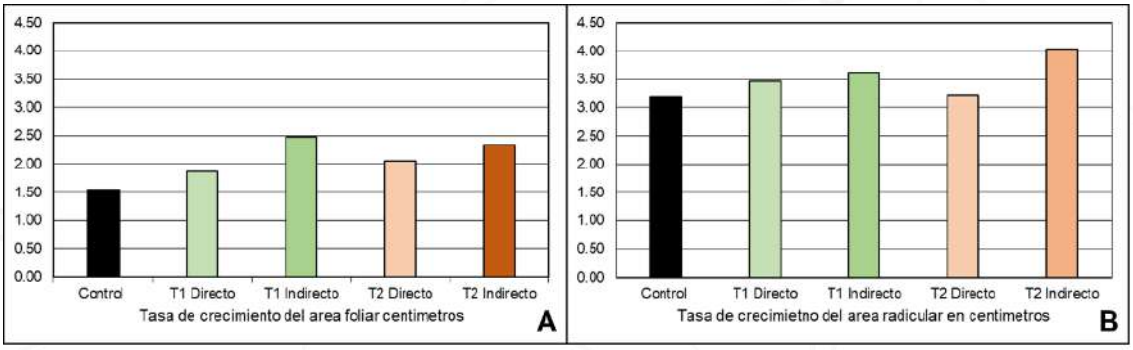


Figura 2. Tasa de crecimiento de las plántulas en diferentes tipos de contacto con las cepas fúngicas aisladas. *A) Crecimiento del área foliar y B) Crecimiento del área radicular. Las gráficas muestran el crecimiento de las plántulas a los 3 días de siembra en centímetros.*

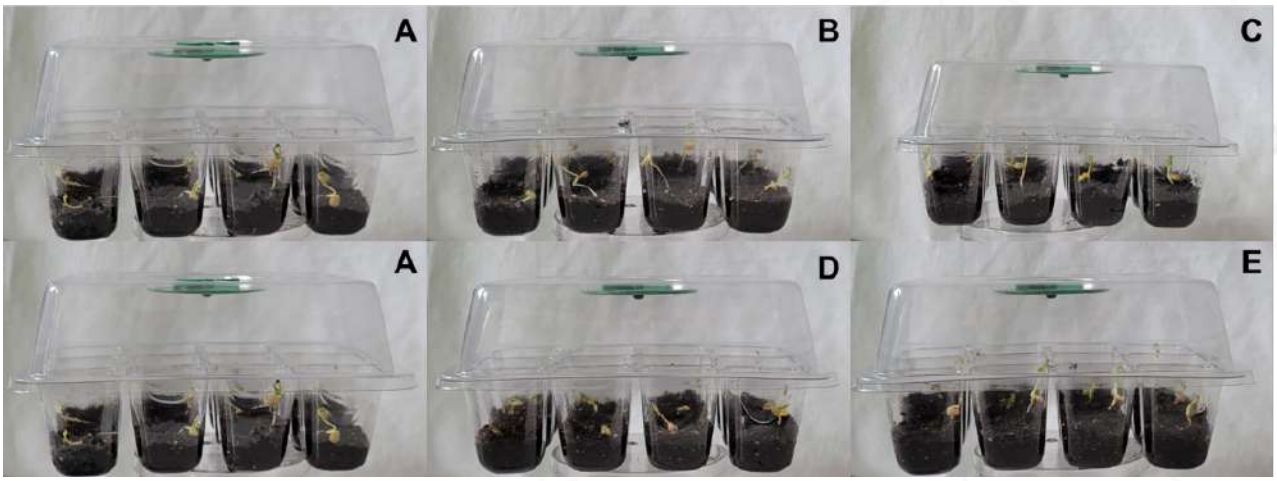


Figura 3. fotografía comparativa de plántulas de Lens culinaris crecidas con las especies de Glomus en diferente interacción. *A) Control, B) T1 Directo, C) T1 Indirecto, D) T2 Directo, E) T2 Indirecto.*

CONCLUSIONES. Una interacción de los hongos asociados al género Glomus modifica de manera positiva el crecimiento y desarrollo de Lens culinaris en una inoculación directa al medio.

REFERENCIAS.

1. Aguilar Ulloa, W., Arce Acuña, P., Galiano Murillo, F., & Torres Cruz, T. J. (2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. Tecnología En Marcha, 5–14.
2. Gerdemann, J. W., & Nicolson, T. H. (1963). Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol, 46, 235–244.
3. Kusari, S., Hertweck, C., & Spiteller, M. (2012). Chemical Ecology of Endophytic Fungi: Origins of Secondary Metabolites. Chemistry & Biology, 19(7), 792–798. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2012.06.004
4. Mapperson, R. R., Kotiw, M., Davis, R. A., & Dearnaley, J. D. W. (2014). The Diversity and Antimicrobial Activity of Preussia sp. Endophytes Isolated from Australian Dry Rainforests. Current Microbiology, 68(1), 30–37. https://doi.org/10.1007/s00284-013-0415-5
5. Muñoz Márquez, E., Macías López, C., Franco Ramírez, A., Sánchez Chávez, E., Jiménez Castro, J., & González García, J. (2009). Identificación y colonización natural de hongos micorrízicos arbusculares en nogal. Terra Latinoamericana, 27(4), 355–361. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400010
6. Rubí Arriaga, M., Olalde Portugal, V., Reyes Reyes, B. G., González Huerta, A., & Aguilera Gómez, L. I. (2009). Influencia de Glomus fasciculatum en el crecimiento y desarrollo de Lilium sp. cv orange pixie. Agricultura Técnica En México, 35(2), 201–210.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324123

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROMOTORA DE CRECIMIENTO DE AISLADOS DEL PHYLUM BACTEROIDOTA

José Luis Ávila Oviedo[1], Eduardo Valencia Cantero[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1355646g@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eduardo.cantero@umich.mx

Palabras Clave: Bacteroidota, aislamiento, endosfera.

RESUMEN. Los Bacteroidotas son uno de los phylum bacterianos más abundantes en la endosfera de plantas. Sin embargo, datos recolectados de la plataforma Scopus (2024) indican que con relación a las plantas y en contraste con otros phylum han sido pobremente estudiados. Por lo tanto, el estudio de estas bacterias resulta importante para a avanzar en la implementación de alternativas para la producción agrícola sustentable. En este trabajó se realizó la búsqueda de bacterias del phylum Bacteroidota en la endosfera de Triticum aestivum mediante la técnica de qPCR, como resultado se generó una colección bacteriana de once Bacteroidotas pertenecientes al género Flavobacterium, de estos aislados se evaluó su actividad promotora de crecimiento. Inicialmente se inocularon semillas de Triticum aestivum var Maya con el aislado bacteriano a evaluar (Abs 0.1), una vez germinadas se retiró la semilla y los ejes embrionarios de trigo se re inoculación con la bacteria (Abs 0.1). Las plántulas se colocaron en una cámara de crecimiento (16 h luz/ 8 h oscuridad a 22°C) durante 10 días, los datos morfométricos se sometieron a un análisis ANOVA de una vía, Duncan P≤ 0.05, n=18. La inoculación de los aislados bacterianos generó modificaciones diferenciales en el sistema radicular y foliar del trigo que incluyeron incremento de la longitud, peso y número de raíces, con valores porcentuales máximos del 39 % (diferente para cada aislado). Adicionalmente, el aislado UMJL46B fue el único que incrementó significativamente el peso de fresco de los brotes (22%). Sin embargo, esta no fue una característica ubicua en todos los aislados ya que algunas bacterias disminuyeron la longitud y el peso de la raíz de las hojas con respecto al tratamiento control. Estos datos resaltan la importancia del estudio de estas bacterias ya que a pesar de ser del mismo género presentan un efecto diferencial en las plantas.

INTRODUCCIÓN. Con la finalidad de incrementar los rendimientos productivos en plantas de interés agronómico se aplican productos químicos, no obstante, dadas las repercusiones que genera el uso constante de estos productos a los ecosistemas, no son una alternativa viable. Con el objetivo de contrarrestar dichas afectaciones con un enfoque de sustentabilidad, se opta por el uso de microorganismos que a través de mecanismos directos o indirectos promueven el crecimiento vegetal. Uno de los principales retos que enfrenta la aplicación de microorganismos rizosféricos es la diferente capacidad metabólica que tienen para adaptarse al medio donde son aplicados, la competencia por espacio y nutrientes con otros microorganismos y la falta de compatibilidad con el hospedantes de interés (Whipps 2001). En este punto, las bacterias endófitas al encontrarse dentro del tejido del hospedante, tienen un contacto permanente con la planta, esto les confiere menor

vulnerabilidad a los factores bióticos y abióticos y, permanecen en ventaja en la competencia por espacio y nutrientes (Santoyo et al. 2016) por lo tanto, el aislamiento y la utilización de bacterias endófitas se postulan como una mejor alternativa que los organismos rizosfericos para el mejoramiento de los rendimientos agrícolas.

ANTECEDENTES. Estudios realizados con herramientas metagenómicas (independientes de cultivo) muestran con claridad que los organismos endófitos más abundantes pertenecen a los phyla Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidotas, Verrucomicrobia, Acidobacteria y Firmicutes (Trivedi et al. 2020) en los estudios de diversidad que tienen un enfoque dependiente del cultivo de las bacterias endofíticas el phylum Bacteroidota, son pobremente estudiados. Sin embargo, se ha descrito que son degradadores de polisacáridos por lo que son considerados buenos reguladores del ciclo de carbono, así mismo, tienen una participación activa en el ciclo del nitrógeno mediante los procesos de desnitrificación (Zhu y McBride 2017) de manera específica contienen el sistema de secreción tipo IX (T9SS) (Johnston et al., 2018) lo cual les confiere la capacidad de colonizar una amplia variedad de hospedantes. Adicionalmente, *Flavobacterium johnsoniae* favorece el crecimiento vegetal mediante la solubilización de fosforo (Lidbury et al. 2021), Carrión et al. (2019.) reportan que al llevar a cabo la caracterización del microbiana en plantas de remolacha encontraron que el phylum bacteroidota (Quitinofaga y Flavobacteria) se enriquecieron durante la infección por *Rhizoctonia solani*. Subsecuentemente, al realizar el aislamiento de bacteroidotas, de manera individual y en consorció redujeron el índice de infección de *R. solani* en las plantas. Lo cual indica la importancia de estas bacterias para el desarrollo vegetal. La presente investigación propone el estudio de las capacidades de promoción del crecimiento de bacterias endofíticas del phylun bacteroidota, siendo este, el segundo grupo más representado (con 19% de abundancia) en la endosfera del trigo y de otros cultivos como la canola e incluso ha sido propuesto como un indicador biológico del uso agrícola del suelo canola (Acuña et al. 2023).

OBJETIVO. Evaluar la actividad promotora de crecimiento de aislados endófitos del phylum Bacteroidota sobre *T. aestivum.*

MATERIALES Y MÉTODOS.

Aislamiento de cepas bacterianas. Se realizó el aislamiento bacteriano de plantas de trigo en etapa de espigado, después de una desinfección superficial se realizaron diluciones seriadas y cada dilución se plaqueó en diferentes medios de cultivo. Posteriormente, se llevó a cabo la extracción del ADN de las bacterias aisladas con el kit (Promega, Madison, WI, USA, catalogo A1120), siguiendo las instrucciones del fabricante. Con base al resultado de una curva de disociación, donde se comparó el pico de una cepa tipo de *Flavobacterium johnsoniae* (control positivo) y cada pico de los aislados bacterianos, las bacterias con picos similares al control positivo, se seleccionaron para su posterior secuenciación del gen ribosomal 16s

Material vegetal. Se emplearon semillas de *Triticum aestivum* var Nana F2007, las cuales se desinfectaron superficialmente (cloro comercial 50 % por 10 minutos). Para la germinación, las semillas se sumergieron en una suspensión bacteria con absorbancia de 0.100 ($D.O._{620}$) por 24 horas. Después se colocaron en una cámara húmeda por 4 días, luego se extrajeron los ejes embrionarios.

Evaluación de la actividad promotora de crecimiento. Los ejes embrionarios fueron sumergidos en una suspensión bacteriana con absorbancia de 0.100 ($D.O._{620}$) por 30

minutos, subsecuentemente, los ejes embrionarios se colocarán en tubos de vidrio de 15 cm de alto y 2.5 cm de diámetro con 10 mL de medio de cultivo MS durante 10 días con fotoperiodos de 16 h luz/ 8 h obscuridad a 22°C (Egamberdiyeva 2007). Finalmente, se evaluaron parámetros morfométricos como longitud, peso, número de raíces y concentración de clorofila.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos de las determinaciones se sometieron a un análisis de varianza ANOVA de una vía, seguido de una prueba de Duncan *P≤0.05*.

RESULTADOS. En total se aislaron 345 bacterias de la endosfera de trigo (raíz, tallo y hojas), de las cuales como resultado de la qPCR 33 fueron candidatas a identificar, obteniendo solo 11 bacterias pertenecientes al phyum Bacteroidota. Derivado de un análisis filogenético las bacterias identificadas formaron 5 agrupamientos con diferentes especies de *Flavobacterium* (Figura 1). Como resultado de la inoculación de las bacterias, las plantas de trigo presentaron alteraciones diferenciales en el sistema radicular que incluyeron aumento o decremento en la longitud de la raíz y número de raíces. Así mismo, en el sistema foliar principalmente en el desarrollo de la segunda hoja verdadera (Figura 2).

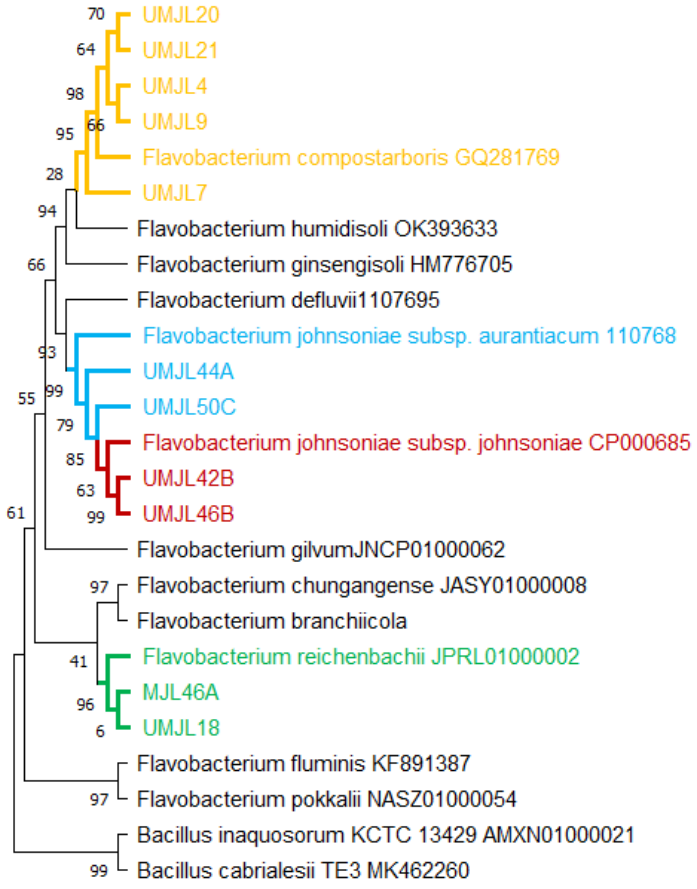


Figura 1. *El árbol se calculó con secuencias de ARNr 16s de cepas tipo. Las secuencias se sometieron a un análisis UPGMA utilizando el sofware MEGA 11.0.13. Los números en cada nodo representan el porcentaje de árboles replicados en los que los taxones asociados se agruparon en la prueba de inicio.*

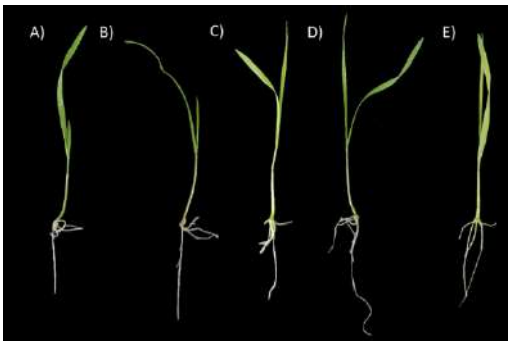


Figura 2. Imágenes representativas de la evaluación de la actividad de promoción de crecimiento de los aislados de Bacteroidotas durante la interacción con *T. aestivum* a los diez días de crecimiento. A) Control. B) UMJL46A. C) UMJL50C. D) UMJLL46B. E) UMJL42.

Al realizar las determinaciones cuantitativas (Figura 3). En el sistema foliar, las variables peso fresco y longitud foliar fue donde se generaron valores estadísticamente significativos por la inoculación de las bacterias UMJL46A y UMJL46B. El sistema radicular fue el que presentó mayores modificaciones, ya que en todas las variables hubo diferencia estadística (Figura 3). Adicionalmente, se determinaron valores porcentuales de las evaluaciones con respecto control, el mayor porcentaje de incremento lo generó la bacteria UMJL46B en el número de raíces laterales (Tabla 1), seguido por la longitud de la raíz y peso fresco de los brotes, si bien la promoción de crecimiento no fue una característica ubicua en todas las bacterias, ya que algunos aislados reprimieron el crecimiento, las bacterias UMJL4 y UMJL46A también promovieron el crecimiento del trigo (Tabla 1).

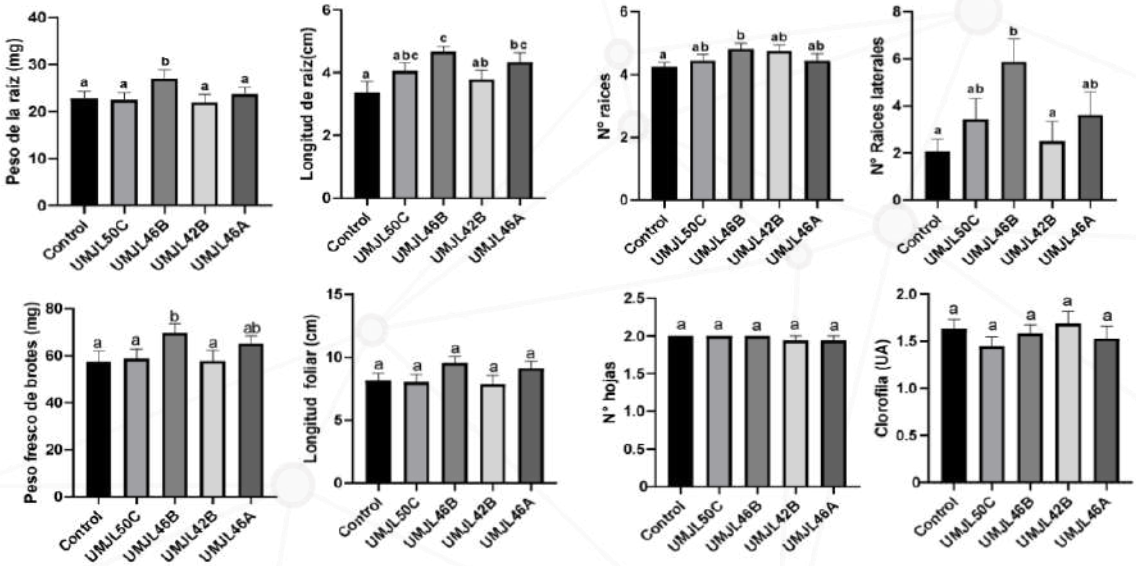


Figura 3- *Las barras representan el promedio ± error estándar (n = 18). Se realizó un ANOVA de una vía, Duncan P≤ 0.05. Las letras en las columnas representan diferencia significativa entre tratamientos. Los experimentos se realizaron dos veces de manera independiente.*

Bacteria	Peso fresco de raíz (%)	Peso fresco de brotes (%)	Longitud de raíz (%)	Longitud de hojas (%)	N° Raices (%)	N° Raices laterals (%)	N° Hojas (%)	Clorofila (%)
UMJL9	-1	-30*	-8*	2	5*	-29	0	8.5
UMJL7	-1	-31*	8	5	9*	-64	0	-1.5
UMJL20	1	-38*	2	11	2	-50	0	8.5
UMJL21	1	-30*	9	8	6*	-23	0	2.7
UMJL18	4	-26*	-5	3	15*	-42	0	6.5
UMJL4	14	12*	22*	10	12*	-3	0	0.7
UMJL50C	-2	2	20*	-2	4*	66*	0	-11
UMJL46B	15 *	22*	39*	16	13*	184*	0	-3
UMJL42B	-4	.4	12*	-3	11*	21	-3	3
UMJL46A	2	13*	29*	12	4*	75*	-3	-6
UMJL44A	12*	4	26*	10	4*	-6	0	-3

Tabla 1. *Valores porcentuales de la actividad promotora de crecimiento*
Los datos corresponden al valor porcentual de las medias con respecto al control (n= 18), los asteriscos representan tratamientos con diferencia significativa

CONCLUSIONES. Los aislados endófitos bacterianos de Flavobacterium spp. generaron efectos diferenciales en el sistema radicular y foliar de las plantas de T. aestivum siendo la cepa UMJL46B la que generó los mejores atributos de promoción de crecimiento, no obstante, aún se desconoce mediante que mecanismo puede estar generando esta actividad.

REFERENCIAS.

1. Acuña, J. J., Rilling, J. I., Inostroza, N. G., Manquian, J., Zhang, Q., Gupta, V. V., & Jorquera, M. A. (2023). Diversity, community structure, and potential functions of root-associated bacterial communities of different wheat (Triticum aestivum) cultivars under field conditions. Agronomy, 13(5), 1392.
2. Carrión, V. J., Perez-Jaramillo, J., Cordovez, V., Tracanna, V., De Hollander, M., Ruiz-Buck, D., ... & Raaijmakers, J. M. (2019). Pathogen-induced activation of disease-suppressive functions in the endophytic root microbiome. Science, 366(6465), 606-612.
3. Egamberdiyeva, Dilfuza. 2007. “The Effect of Plant Growth Promoting Bacteria on Growth and Nutrient Uptake of Maize in Two Different Soils.” Applied Soil Ecology 36(2–3):184–89. doi: 10.1016/j.apsoil.2007.02.005.
4. Johnston, J. J., Shrivastava, A., & McBride, M. J. (2018). Untangling Flavobacterium johnsoniae gliding motility and protein secretion. Journal of bacteriology, 200(2), 10-1128.
5. Lidbury, I. D., Borsetto, C., Murphy, A. R., Bottrill, A., Jones, A. M., Bending, G. D., ... & Scanlan, D. J. (2021). Niche-adaptation in plant-associated Bacteroidetes favours specialisation in organic phosphorus mineralisation. The ISME Journal, 15(4), 1040-1055
6. Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., del Carmen Orozco-Mosqueda, M., & Glick, B. R. (2016). Plant growth-promoting bacterial endophytes. Microbiological research, 183, 92-99.
7. Trivedi, P., Leach, J. E., Tringe, S. G., Sa, T., & Singh, B. K. (2020). Plant–microbiome interactions: from community assembly to plant health. Nature reviews microbiology, 18(11), 607-621.
8. Whipps, J. M. (2001). Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. Journal of experimental Botany, 52(suppl_1), 487-511.
9. Zhu, Y., & McBride, M. J. (2017). The unusual cellulose utilization system of the aerobic soil bacterium Cytophaga hutchinsonii. Applied microbiology and biotechnology, 101, 7113-7127.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324124

DESARROLLO DE UNA GOLOSINA TIPO GOMITA SIN AZÚCAR FORTIFICADA CON HARINA DE NOPAL Y ENDULZADA CON STEVIA

Aarón Hernández Huerta, José Octavio Rodiles López, Rafael Zamora Vega, Rocío Gabriela Maza Ponce, Miguel Ángel Gómez Ayala

Palabras Clave: Golosina, stevia, nopal.

RESUMEN. Las golosinas o dulces son una variedad de productos altamente consumidos en México, que se caracterizan por su alta concentración de azúcar, sin embargo, su alto consumo ha generado una alta tasa de obesidad y diabetes debido al incremento del índice glucémico al consumirlos. Eliminar o disminuir el consumo de las golosinas en la dieta del mexicano es una tarea utópica, por lo que una alternativa al problema sería ofrecer alternativas que no eleven el índice glucémico. En este trabajo se ha desarrollado una gomita sin azúcar y endulzada con estevia y fortificada con harina de nopal. La estevia es una planta originaria de Sudamérica y que se le considera un edulcorante de origen natural y que no afecta los índices glucémicos. Por otro lado, el nopal es fuente de fibra dietética, la cual favorece la digestión y salud intestinal, además disminuye el índice glucémico. Un rasgo importante para la aceptación del producto es el color y el sabor, ya que la estevia genera un ligero resabio amargo después de cierta concentración, y la harina de nopal un color verde poco apetecible, así que se optó por añadir un colorante y limón en polvo, para mejorar dichas características. Cabe señalar que la textura de esta golosina no es totalmente igual a la de una gomita tradicional por los motivos ya antes mencionados, la ausencia de sacarosa, así como la adición de harina de nopal, por lo que se añadió a la formulación inulina de agave, para aportar una mejor textura, y también con ello aumentar la fibra dietética.

INTRODUCCIÓN. La diabetes es una enfermedad crónico-degenerativa debido a la ausencia de insulina o su alta producción, y ligada directamente al consumo de glucosa, azúcar en alimentos (Sanz et al., 2013). Los edulcorantes alternos a la sacarosa pueden derivarse tanto como de origen natural como artificial. El término edulcorante, hace referencia a cualquier aditivo alimentario que es capaz de igualar la capacidad endulzante de la sacarosa o azúcar de mesa, y que al mismo tiempo tiene un menor aporte energético y sin afectar el índice glucémico (García et al., 2013). La Stevia rebaudiana Bertoni, estevia, es una planta nativa de Brasil y Paraguay, y que era utilizada por los pueblos nativos guaraníes para endulzar sus mates antes de la llegada de Colon a América. Hoy en día se considera un edulcorante natural, el cual funge como uno de los mejores sustitutos de la azúcar de mesa (González et al., 2015). El nopal, Opuntia, es un alimento endémico de México. Existen alrededor de 200 especies y 101 se encuentran en nuestro país. El componente principal de los cladodios de Opuntia spp. es el agua, 80-95%, seguido de carbohidratos, 3-7%, fibras, 1-2%, y proteínas, 0.5-1%. Los cladodios de Opuntia spp. son conocidos por su alto contenido de fibra que incluye pectina, lignina, mucílago, celulosa y

hemicelulosa, que son beneficiosos para el metabolismo de la glucosa y los lípidos (Ayadi et al., 2009). Otros compuestos que también se han relacionado con sus propiedades saludables son minerales, polifenoles, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados y aminoácidos esenciales (El-Mostafa et al., 2014). Se ha reportado que la adición de harina de nopal en la elaboración de panes ha otorgado una mejora en los aspectos organolépticos y nutricionales, además de reducción de costos de producción, la combinación de harina de nopal, 20%, con harina de trigo, 80%, (2:8), ha generado un producto de alta aceptación y que representa un aporte importante de fibra dietética en el producto (Berigüete et al., 2012). El uso de la estevia como sustituto de sacarosa en la industria alimentaria es de amplio espectro, usado no solo en golosinas, sino también en bebidas y otros alimentos, sin embargo, hablando de golosinas tipo gomitas, la adición de estevia suele generar una aceptación más baja que si se usara sacarosa en la formulación (Aranda et al., 2015).

OBJETIVO. Formular una golosina tipo gomita endulzada con estevia y fortificada con harina de nopal que funcionaría como un alimento funcional. Uso de una serie de aditivos químicos para estabilizar el producto. Realizar pruebas sensoriales para desarrollar la mejor formulación. Realizar estudios fisicoquímicos y bromatológicos de la nueva golosina. Pruebas de índice glucémico en humanos para valorar el efecto del nuevo producto sobre los niveles de glucosa a nivel sanguíneo por su consumo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la formulación de la golosina se utilizaron los siguientes aditivos:
Ácido cítrico, ácido tartárico, cera de abeja, cera de carnauba, colorante, estevia, fosfato de potasio, glicerina, grenetina, inulina, isomalt, limón en polvo, maltodextrina, harina de nopal, sorbitol, vinagre, y goma xantana, además de usar agua para la elaboración.
Se realizaron varias pruebas sensoriales para evaluar la aceptación del producto. Estas fueron pruebas hedónicas de 5 puntos y evaluada estadísticamente por la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0.05. También se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos y bromatológico.
Escala Hedónica de Prueba Panel:

1. No me gusta para nada
2. No me gusta
3. Normal
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

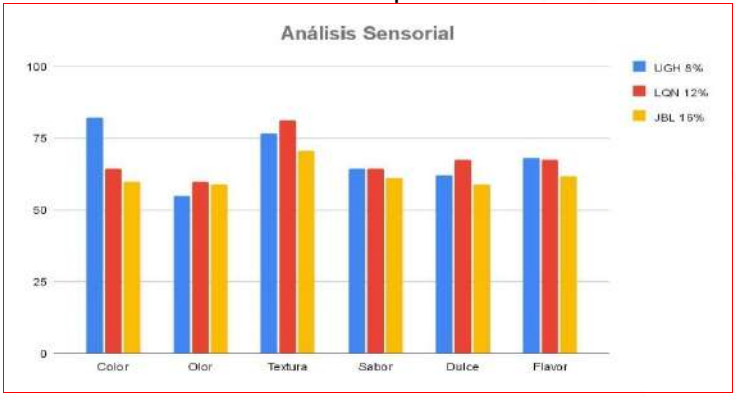
Análisis Fisicoquímicos:

- Acidez titulable (método AOAC 945.16)
- Valoración de pH (Potenciómetro)
- Grados Brix (Refractómetro)
- Actividad de agua (aw) (higrómetro)

Análisis Bromatológicos:

- Humedad (método AOAC 925.10, Secado de Estufa)
- Proteínas (
- Extracto etéreo (método AOAC 920.39, método Soxhlet)
- Cenizas (método AOAC 923.03, Cenizas por Incineración en Mufla)
- Fibra dietética (método enzimático, modificación de método Prosky)

RESULTADOS. Se realizaron varias pruebas de tipo sensoriales para ir progresivamente ajustando la formulación con mayor aceptación. La formulación incluyó una serie de aditivos químicos para estabilizar el producto terminado. Finalmente, se hicieron pruebas adicionando diferentes cantidades de la harina de nopal. La formulación final quedo: ácido cítrico, 0.5%; ácido tartárico, 0.5%; cera abeja, 0.5%; cera carnauba, 1.5%; colorante, **0.9%, estevia**, 3.2%; fosfatos, 1.0%; glicerina, 5.1%; grenetina, 36.3%; inulina, 10.1%; isomalt, 5.5%; limón en polvo, 5.1%; maltodextrinas, **11.1%; harina de nopal**, 12.4%; sorbitol, 5.1%; vinagre, 0.1%; goma xantana, 1.0%. Se probaron 3 concentraciones de la harina de nopal, 8%, UGH; 12%, LQN; y 16%, JBL. La prueba panel se realizó utilizando una escala hedónica de 5 puntos y evaluando los parámetros de color, olor, textura y sabor, y donde se sacó un promedio de estas y se reportó como Flavor. Se utilizaron 40 panelistas no entrenados con una edad promedio de 20 años, donde el 42% fueron hombres y el 58% mujeres. Se puede observar que la mejor puntuación la obtuvo la formulación JBL, la cual contiene 12% de harina de nopal.



Los resultados del análisis fisicoquímico realizado comparándolos con los análisis de una gomita comercial se muestran en la Tabla 1.

Análisis	Gomita Nopal	Gomita Comercial
Acidez	2.02	2.22
pH	6.47	3.66
°Brix	30.0	82.2
Aw	0.90	0.54

Tabla 1. *Resultados de Análisis Fisicoquímicos.*

	Gomita Nopal	Gomita Comercial
Humedad	66.21	9.00
Carbohidratos	11.99	80.5
Proteínas	19.30	2.80
Lípidos	0.45	0.10
Cenizas	2.05	7.60

Tabla 2. Resultados de Análisis Bromatológicos de gomitas de nopal.

CONCLUSIONES. El nuevo desarrollo tuvo una aceptación favorable acorde a los análisis sensoriales, y podría funcionar como un alimento funcional, ya que hay un aporte de fibra dietética mediante la incorporación de la harina de nopal, así como de proteinas. Además, este producto no contiene azúcar y tiene un sabor dulce por la incorporación de estevia, lo que muy probablemente bajaría el índice glucémico por su consumo y comparando con una

gomita tipo comercial endulzada con sacarosa. Cabe señalar que este producto podría ser la primera golosina tipo gomita introducida al mercado endulzada con estevia y fortificada con harina de nopal y con ausencia de azúcar. Quedan pendientes el análisis de fibra dietética en el bromatológico y las pruebas de índice glucémico.

REFERENCIAS.

1. Aranda-González, I., Tamayo-Dzul, Ó., Barbosa-Martín, E., Segura-Campos, M., Moguel-Ordoñez, Y., & Betancur-Ancona, D. (2015). Desarrollo de una golosina tipo "gomita" reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con Stevia rebaudiana B. Nutrición Hospitalaria. Órgano Oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral. 31(1), 334–340.
2. Ayadi, A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M., Attia, H. (2009). Cladodes from Opuntia ficus indica as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. Industrial Crops and Products, 30(1), 40-47.
3. El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M., Latrufe, N., Lizard, G., Naser, B., Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (Opuntia ficus-indica) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. Molecules, 19(9), 14879-14901.
4. García, J. M., Casado, G. M. & García, J. (2013) Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. Revista Nutrición Hospitalaria, 28(4): 1-12.
5. González, I., Tamayo, O., Barbosa, E., Segura, M., Moguel, Y. & Betancur, D. (2015). Desarrollo de una golosina funcional tipo "gomita" reducida en calorías mediante la sustitución de azúcares con Stevia rebaudiana B. Revista Nutrición Hospitalaria, 31(1): 334-340.
6. Sanz, A., Boj, D., Melchor, I. & Albero, R. (2013). Azúcar y diabetes: recomendaciones internacionales. Revista Nutrición Hospitalaria. 28(4).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324125

AGROFUNGO

Nancy Cambrón Muñoz[1], María Elena Aguiñiga Guadarrama[2], Urbano Sereno Vélez[3]

1 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; nanncy.cm@vmorelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; aguiniga.guadarrama.ma.elena@gmail.com

3 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; sereno.velez.urbano@gmail.com

Palabras Clave: Setas rosadas, residuos agrícolas, producción sostenible.

RESUMEN. Este proyecto ha implementado con éxito un plan integral para la producción de setas rosadas (Pleurotus ostreatus) en la ciudad de Morelia, Michoacán, México, específicamente en las instalaciones del Tecnológico del Valle de Morelia. Utilizando residuos de pozos de café y rastrojo de chícharo como sustrato, se ha logrado reducir significativamente el tiempo de producción de estas setas comestibles. La reducción en el tiempo de cultivo ha tenido un impacto positivo en la eficiencia del proceso, disminuyendo el tiempo necesario para la cosecha de las setas. Los hongos seta rosadas son apreciados por su alto valor nutricional y su costo de producción relativamente bajo. El proyecto ha demostrado que la utilización de residuos agrícolas como sustrato no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también mejora la rentabilidad del cultivo. Al optimizar las condiciones de cultivo y reducir los tiempos de producción, el proyecto ha logrado establecer una actividad económica sustentable con un notable impacto social. Además, se ha desarrollado una estrategia integral que promueve el desarrollo local al capacitar a los productores en técnicas avanzadas de cultivo y manejo de sustratos. Esto ha contribuido a mejorar el bienestar social en la región, generando oportunidades económicas y empoderando a las comunidades locales. Los resultados obtenidos subrayan la viabilidad de utilizar residuos orgánicos para la producción de setas, destacando la importancia de la innovación en prácticas agrícolas sostenibles y la generación de beneficios económicos y sociales. En resumen, el proyecto no solo ha alcanzado sus objetivos de eficiencia y sostenibilidad, sino que también ha tenido un impacto positivo en la comunidad, estableciendo un modelo replicable para futuras iniciativas en el ámbito agrícola.

INTRODUCCIÓN. La producción de hongos comestibles, como Pleurotus ostreatus, conocido comúnmente como seta ostra, ha experimentado un crecimiento significativo en popularidad en los últimos años. Este aumento se debe a varios factores, entre ellos su alto valor nutricional, que incluye proteínas de alta calidad, vitaminas del grupo B, minerales esenciales como el zinc y el hierro, y compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Sánchez, 2010). Además, la creciente demanda de alimentos sostenibles y saludables ha impulsado el interés en este tipo de cultivo, especialmente entre los consumidores conscientes de la salud y el medio ambiente. El cultivo de Pleurotus ostreatus es particularmente atractivo debido a su bajo costo de producción en comparación con otros productos agrícolas. Su capacidad para crecer en una amplia gama de sustratos orgánicos, incluyendo residuos agrícolas, le confiere una ventaja ecológica y económica significativa. Residuos como el bagazo de caña, pozos de café, rastrojo de chícharo y otros subproductos agrícolas que normalmente se considerarían desechos, pueden ser

reutilizados eficazmente para la producción de hongos (Patel & Goyal, 2012). Este enfoque no solo reduce los costos de producción, sino que también contribuye a la reducción de desechos y a la mejora de la sostenibilidad agrícola. En el contexto de México, la ciudad de Morelia, Michoacán, ha emergido como un escenario propicio para la implementación de proyectos innovadores que aprovechan los residuos agrícolas locales. Michoacán es un estado con una fuerte tradición agrícola, lo que genera una gran cantidad de subproductos que pueden ser reutilizados en procesos productivos como el cultivo de setas. En este sentido, el aprovechamiento de estos recursos no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también crea nuevas oportunidades económicas para las comunidades locales, fomentando un desarrollo económico inclusivo (Guzmán et al., 2013). El presente artículo se enfoca en explorar un enfoque innovador de cultivo de Pleurotus ostreatus utilizando residuos agrícolas como sustrato. Este enfoque no solo ofrece una solución sostenible para la producción de alimentos nutritivos, sino que también tiene el potencial de generar beneficios económicos y ambientales a largo plazo. El proyecto se ha desarrollado en la ciudad de Morelia, en colaboración con el Tecnológico del Valle de Morelia, utilizando materiales de desecho locales como el pozo de café y el rastrojo de chícharo, lo que ha demostrado ser un modelo viable para la producción de setas en regiones rurales.

ANTECEDENTES. El uso de residuos agrícolas como sustrato para la producción de hongos comestibles ha sido ampliamente investigado en diferentes partes del mundo. Diversos estudios han demostrado que los hongos, especialmente especies como Pleurotus ostreatus, tienen la capacidad de degradar una amplia variedad de materiales orgánicos debido a sus enzimas ligninolíticas y celulolíticas. Estas enzimas permiten la descomposición eficiente de residuos agrícolas como paja de trigo, bagazo de caña, aserrín y otros materiales ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina (Philippoussis et al., 2001). Este proceso no solo permite la producción de un alimento de alto valor nutricional, sino que también contribuye a la reducción de residuos agrícolas, un desafío ambiental significativo en muchas regiones agrícolas. En países como China, India y algunos en Europa, el uso de estos residuos ha permitido desarrollar sistemas agrícolas más sostenibles. Patel y Goyal (2012) destacaron que el cultivo de hongos comestibles en residuos agrícolas reduce la presión sobre los suelos agrícolas tradicionales, ya que no requieren terrenos fértiles y, además, aprovechan subproductos que, de otro modo, serían desechados o quemados, contribuyendo a la contaminación del aire y del suelo. Asimismo, este enfoque ha mostrado ser una solución efectiva para reducir la dependencia de insumos químicos y fertilizantes, lo que disminuye el impacto ambiental asociado a las prácticas agrícolas convencionales. En México, la producción de hongos utilizando residuos agrícolas ha sido menos explorada a gran escala, aunque algunos estudios preliminares han comenzado a mostrar resultados prometedores. Guzmán et al. (2013) destacaron que México, a pesar de ser un país con una amplia biodiversidad de hongos, no ha explotado plenamente su potencial en la producción sostenible de setas a partir de residuos orgánicos. Michoacán, en particular, es una región agrícola clave en el país, con una alta producción de cultivos como el café, maíz, y frijol, los cuales generan residuos que podrían ser aprovechados para la producción de setas. Estos residuos, como el pozo de café y el rastrojo de chícharo, son subproductos de gran volumen que, si no se reutilizan, suelen convertirse en fuentes de contaminación ambiental o costos adicionales para los agricultores por su eliminación (Sánchez, 2010). El pozo de café, por ejemplo, es un residuo generado en grandes cantidades por la industria del café y presenta características fisicoquímicas favorables para el cultivo de hongos, tales como un contenido significativo de celulosa, hemicelulosa y otros nutrientes esenciales para

el crecimiento micelial (Obodai et al., 2003). De manera similar, el rastrojo de chícharo, subproducto común en la agricultura de Michoacán, ha sido identificado como un material adecuado para el cultivo de hongos comestibles debido a su estructura fibrosa y contenido orgánico (Salmones et al., 2005). Estos materiales no solo proporcionan un ambiente óptimo para el crecimiento de los hongos, sino que también reducen significativamente los costos de producción, haciendo el cultivo de setas más accesible para pequeños y medianos productores. A pesar del potencial demostrado de estos residuos agrícolas, en Michoacán su implementación a gran escala aún es limitada. Las prácticas agrícolas tradicionales, la falta de acceso a tecnología y conocimientos sobre el cultivo de hongos, así como la falta de infraestructura adecuada, han sido obstáculos significativos para la adopción de estos métodos en la región (Vázquez et al., 2016). Este proyecto busca llenar ese vacío, demostrando la viabilidad del uso de residuos como los pozos de café y el rastrojo de chícharo para la producción de setas rosadas. Con ello, se pretende no solo mejorar la rentabilidad del cultivo, sino también promover prácticas agrícolas más sostenibles que contribuyan al desarrollo económico y social de las comunidades locales.

OBJETIVO. El proyecto tiene como objetivo principal evaluar la viabilidad del uso de residuos agrícolas locales, como el pozo de café y el rastrojo de chícharo, como sustratos en la producción de setas rosadas (Pleurotus ostreatus), en la región de Morelia, Michoacán. Además, busca optimizar el proceso de cultivo para reducir el tiempo de producción sin comprometer la calidad nutricional y organoléptica del producto final. Por último, se pretende generar un impacto positivo tanto social como económico en la comunidad local, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y la creación de oportunidades de empleo y desarrollo. Además, se espera evaluar la viabilidad del uso de residuos agrícolas locales como sustrato en la producción de setas rosadas, así mismo reducir el tiempo de producción sin comprometer la calidad del producto, finalmente generar un impacto social y económico positivo en la comunidad local.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proyecto de producción de setas rosadas (Pleurotus ostreatus) se desarrolló en el Tecnológico del Valle de Morelia, seleccionando esta ubicación por su proximidad a fuentes de residuos agrícolas y su infraestructura adecuada. Se utilizaron dos sustratos principales: pozo de café y rastrojo de chícharo, ambos generados en abundancia localmente. Antes de su uso, los residuos fueron pasteurizados mediante inmersión en agua caliente a 65 °C durante 45 minutos para eliminar microorganismos indeseados, siguiendo las recomendaciones de Salmones et al. (2005).
El diseño experimental consistió en preparar bolsas de cultivo con 1 kg de sustrato húmedo, inoculadas con micelio de Pleurotus ostreatus de alta calidad. Las bolsas se colocaron en una sala de crecimiento con temperatura controlada de 24 °C, 85-90% de humedad relativa y ciclos de luz de 12 horas, condiciones óptimas según Philippoussis et al. (2001). Se realizaron varios ciclos de producción, monitoreando variables como temperatura, humedad y desarrollo del micelio. Los tiempos de producción se midieron desde la inoculación hasta la primera cosecha, evaluando el rendimiento en términos de peso fresco de las setas. Se compararon los resultados obtenidos con sustratos tradicionales como la paja de trigo, aplicando un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas en tiempos de producción y rendimientos. Estos datos respaldarán investigaciones futuras y promoverán un modelo de producción agrícola más sostenible y rentable en Michoacán.

RESULTADOS. Los resultados preliminares del proyecto mostraron una notable reducción en el tiempo de cultivo de las setas rosadas (Pleurotus ostreatus), logrando cosechas un 25% más rápidas en comparación con los métodos tradicionales que utilizan sustratos convencionales como paja de trigo. Este hallazgo es de gran relevancia, ya que la velocidad de producción es un factor clave para la viabilidad comercial del cultivo de hongos. La reducción en el tiempo de fructificación se atribuye a la composición nutricional y la estructura física de los residuos agrícolas utilizados, particularmente el pozo de café y el rastrojo de chícharo, los cuales parecen favorecer un desarrollo micelial más rápido. Esto coincide con estudios previos que han destacado el potencial de residuos lignocelulósicos en la mejora de la eficiencia en cultivos de setas (Salmones et al., 2005).

Además de la reducción en el tiempo de cultivo, se observaron mejoras significativas en la calidad nutricional de las setas producidas con los nuevos sustratos. Los análisis de laboratorio indicaron un aumento en el contenido de proteínas, alcanzando un valor promedio de 23% en peso seco, lo que representa una mejora respecto a los niveles reportados en cultivos con sustratos tradicionales. Asimismo, se detectó una mayor concentración de micronutrientes esenciales como el potasio, magnesio y zinc, que son fundamentales para una dieta equilibrada y aportan beneficios adicionales para la salud humana (Patel & Goyal, 2012). Este incremento en la calidad nutricional no solo mejora el valor del producto en el mercado, sino que también responde a la creciente demanda de alimentos funcionales que ofrezcan beneficios más allá de la simple nutrición. En términos de rendimiento total, los cultivos con residuos de pozo de café y rastrojo de chícharo mostraron un peso fresco promedio por ciclo de producción de aproximadamente 400 gramos por kilogramo de sustrato. Aunque ligeramente inferior al rendimiento obtenido con paja de trigo en otros estudios, esta disminución en la cantidad de setas cosechadas fue compensada por la mejora en la calidad del producto y la reducción en el tiempo de producción. De este modo, el balance general es positivo, ya que permite obtener un producto más valioso en un menor tiempo, lo que potencialmente puede aumentar las ganancias económicas para los productores (Philippoussis et al., 2001). Estos resultados preliminares respaldan la viabilidad del uso de residuos agrícolas locales como sustrato alternativo para la producción de setas rosadas, mostrando beneficios tanto en términos de sostenibilidad como de calidad del producto final.

CONCLUSIONES. La utilización de residuos agrícolas como sustrato para la producción de setas rosadas ha demostrado ser una solución eficiente y sostenible. Los resultados obtenidos sugieren que este enfoque no solo es viable, sino que también tiene el potencial de replicarse en otras regiones. El impacto económico y social derivado de este proyecto subraya la importancia de la innovación en prácticas agrícolas para generar beneficios a largo plazo.

REFERENCIAS.

1. Beetz, A., & Kustudia, M. (2004). Mushroom cultivation and marketing. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. https://attra.ncat.org/attra-pub/mushroom.html
2. Chukwurah, P. N., Fasidi, I. O., & Jonathan, S. G. (2003). Nutritive value, mineral and heavy metal contents of some naturally grown Nigerian mushrooms. Food Chemistry, 85(1), 23-29. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00202-2
3. FAO. (2009). Mushroom cultivation for food security and rural development. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/a-i0529e.pdf

4. Philippoussis, A., Zervakis, G., & Diamantopoulou, P. (2001). Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms Agrocybe aegerita, Volvariella volvacea and Pleurotus spp.. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 17(2), 191-200. https://doi.org/10.1023/A:1016685530312
5. Patel, Y., & Goyal, A. (2012). Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics: a review. 3 Biotech, 2(1), 1-15. https://doi.org/10.1007/s13205-011-0036-2
6. Salmones, D., Mata, G., & Waliszewski, K. N. (2005). Comparative culturing of Pleurotus spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. Bioresource Technology, 96(5), 537-544. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.016
7. Zervakis, G. I., Koutrotsios, G., Katsaris, P., & Kalogeropoulos, N. (2013). Compositional changes in Pleurotus eryngii mushrooms during the fermentation process for the production of a novel food product. LWT - Food Science and Technology, 50(1), 351-357. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.010

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324126

DIAGNOSTICO INTEGRAL DE PLAGUICIDAS Y METALES EN LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO

Yesenia Fuerte Velázquez, Fernando Bahena Juárez, Helios Escobedo Cruz

Palabras Clave: Agricultura, contaminación, plaguicidas, metales, riesgos a la salud.

RESUMEN. Hoy en día, el uso de plaguicidas es una práctica comúnmente empleada en el sector agrícola, lo que deriva en un impacto negativo en el ecosistema, sobre todo por aquellos considerados Altamente Peligrosos. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es analizar el uso de plaguicidas e identificar metales en la cuenca del lago de Pátzcuaro. La metodología fue a través de la aplicación de encuestas a agricultores, proveedoras de agroquímicos y técnicos que atienden las regiones en estudio. Asimismo, se tomaron muestras de suelo, agua y sedimentos de varios sitios de la región que comprenden la cuenca para su posterior análisis en laboratorio. Como resultados se obtuvieron que, los agricultores emplean en mayor medida los herbicidas (98.6%). Las agroquímicas, tienen mayor demanda del Glifosato (80%) y Cipermetrina (73.3%). Los técnicos recomiendan mayormente el Paraquat (40%) y Cipermetrina (66.7%). En las muestras de suelo se identificó el Pentaclorofenol y Clorpirifós con una concentración promedio de 0.0236 y 0.0186 mg/L, respectivamente, y plomo con niveles superiores a lo que establece la NOM-147-Semarnat/SSA1-2024. En el agua del lago de Pátzcuaro se encontró Pentaclorofenol con una concentración promedio de 0.04067 mg/L, y en los sedimentos metales como el As, Cu, Cr, superiores a lo que establece mexicana para suelos. Se concluye que, el uso de plaguicidas altamente peligrosos sigue siendo una práctica común en la agricultura, por lo que se sugiere mejorar las prácticas agrícolas mediante un Manejo Integrado de Plagas, así como la restauración de aquellas zonas contaminadas por metales.

INTRODUCCIÓN. La agricultura es una actividad sumamente importante en el mundo, ya que, es proveedora de diversos servicios, entre los principales es la obtención de alimento para todos los seres vivos, por lo tanto, soporta la vida energética de estos (Fuerte-Velázquez et al., 2023). Por otro lado, desempeña un papel de valor económico, a la fecha es generadora de divisas, además, contribuye a la generación de fuentes de empleo (Molina & Victorero, 2015). La agricultura ha tenido una reconversión en los procesos de producción, la revolución verde ha sido uno de los acontecimientos que ha marcado este cambio en la historia del campo agrícola, el boom de los 60-70´s, con la introducción de los llamados paquetes tecnológicos, incluidos los agroquímicos, entre ellos fertilizantes y pesticidas químicos (Huerta et al., 2018). Si bien han contribuido a mitigar las problemáticas del campo agrícola, como el control de las plagas y aumentar los rendimientos de las parcelas, sin embargo, hoy en día están relacionados con diversas problemáticas ambientales, poniendo en riesgo la sustentabilidad agrícola y amenazado la salud humana y el medio ambiente (Yu & Wu, 2018). Hoy el uso de este tipo insumos es una práctica común en la agricultura, por lo que, conocer su uso en la cuenta del lago de Pátzcuaro fue

un objetivo de este trabajo, asimismo, determinar las concentraciones de metales pesados y pesticidas en suelo, agua y sedimentos. Dicho lo anterior se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles plaguicidas y metales fueron encontrados en la cuenca del lago de Pátzcuaro? Para responder a la interrogante anterior, se realizaron encuestas dirigidas a agricultores, casas proveedoras de agroquímicos y técnicos que atienden las regiones en estudio. También, se recolectaron muestras de suelo, agua y sedimentos de varios lugares que comprenden la región de la cuenca en estudio. Los resultados obtenidos indican un consecuente uso de plaguicidas, de los cuales, hoy en día se encuentran restringidos a nivel internacional, pero se siguen usando en la cuenca del lago de Pátzcuaro. También, se reportaron altas concentraciones de metales en algunas zonas muestreadas, resaltando el plomo de acuerdo con la NOM-147-Semarnat/SSA1-2024 (SEMARNAT), 2007), la cual establece límites máximos permisibles de metales en suelos. Se concluye que es necesario implementar una ruta de transición desde el enfoque agroecológico para que sea un referente en el desarrollo de políticas públicas para transitar al uso de técnicas que sean amigables con el medio ambiente y la salud pública.

ANTECEDENTES. La revolución verde masifico el uso de plaguicidas en los campos agrícolas, entre ellos, aquellos que se consideran altamente peligrosos, México no ha sido la excepción. Sin embargo, la presunción de sus consecuencias es cada día más eminente. Y a pesar de ello, existe un deficiente registro en cuanto a las intoxicaciones por parte del sector salud por regiones. Esto con lleva a un interés cada vez mayor sobre el tema por parte de las instituciones académicas y no gubernamentales.

OBJETIVO. Analizar integralmente los plaguicidas en la cuenca del lago de Pátzcuaro

OBJETIVOS PARTICULARES. Identificar los plaguicidas mayormente usados en la cuenca del lago de Pátzcuaro. Identificar los plaguicidas presentes en agua, suelo y sedimentos de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Identificar los metales presentes en agua, suelo y sedimentos de la cuenca del Lago de Pátzcuaro

MATERIALES Y MÉTODOS.

Ubicación del área de estudio. La cuenca del lago de Pátzcuaro, se ubica en el estado de Michoacán, abarca una superficie aproximada de 919.07 km^2 con un perímetro de 162.28 km. Pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago (RH12) y forma parte de la cuenca hidrográfica Lerma-Chapala, es una cuenca endorreica. Sus coordenadas geográficas extremas son 19° 27’ 23” y 19° 44’ 31” de latitud norte, mientras que longitud oeste 101° 26’ 33” y 101° 52’ 03”. La parte más alta de la cuenca se encuentra a 3 342 m.s.n.m en el cerro El Capen y la mínima en el lago de Pátzcuaro con 2 022 m.s.n.m (Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI], 2020).

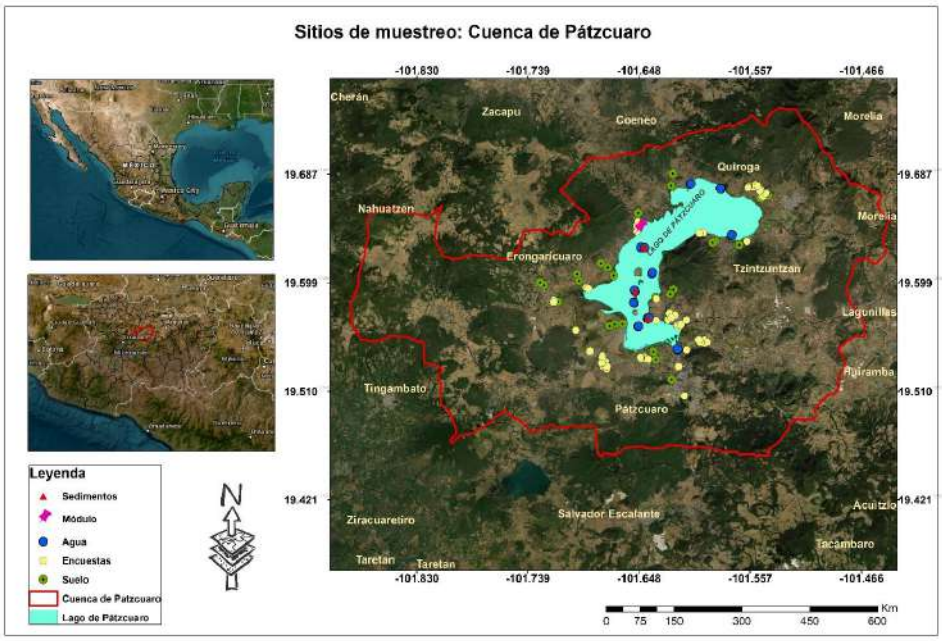


Figura 1. *Ubicación de la cuenca del lago de Pátzcuaro*

Aplicación de las encuestas. Se aplicaron 100 encuesta en diferentes municipios de la cuenca del lago de Pátzcuaro, 70 a agricultores, 15 a proveedoras de insumos químicos y 15 a técnicos que atienden a la región en estudio con la finalidad de elaborar un primer listado de los plaguicidas más usados en la cuenca.

Muestreo de suelo. Se recolectaron 30 muestras del Lago de Pátzcuaro durante el mes de noviembre de 2023 mediante barrenos muestreadores. En la mayoría de los predios de muestreo se presenció el cultivo de maíz. Como primer paso se delimitaron las áreas de muestreo. Se empleo la técnica aleatorizada mediante el método *Zig Zag* para la recolección de la muestra compuesta, incluyendo tipo de muestra; la profundidad de muestreo se efectuó de 0 a 30 cm. Se recolectaron de 10 a 15 sub-muestras por muestra compuesta; homogeneizando la muestra compuesta a partir de las sub-muestras, para tener solo 0.5 kg de cada muestra para el análisis de plaguicidas, cada muestra se almaceno en una bolsa de plástico, etiquetando la muestra con información de campo como ubicación, geolocalización, manejo agrícola o forestal, relieve y clima, condiciones específicas se las zonas de muestreo. La muestra compuesta se expuso a la sombra y temperatura ambiente para su desecación. Finalmente, se guardaron refrigeración a 4°C para su traslado al laboratorio del SENASICA, en Tecamac, Estado de México para su análisis.

Muestreo de agua y sedimentos. Este tipo de muestras fueron tomadas en diferentes puntos del lago de Pátzcuaro. En total se recolectaron 30 muestras de agua y 3 de sedimentos mediante un muestreo dirigido. El agua fue tomada de una parte relativamente superficial del lago con ayuda de la botella de Van Dorn, en donde, se colecto 0.5 L de agua. Los sedimentos se obtuvieron del fondo del lago con ayuda de una Draga tipo Ekman-Birge. La muestra se depositó en un recipiente tipo tarro de boca ancha, hasta tener 0.5 Kg de muestra. De manera general, las muestras se almacenaron en una hielera, tratando de mantener una temperatura de 4 °C para su conservación y sin presencia de luz hasta ser

trasladas al laboratorio del Campo Experimental de Uruapan y de ahí trasladarlas laboratorio de análisis de SENASICA.

RESULTADOS.

Información por parte de los agricultores. El cultivo que predomina en la región es maíz criollo. De acuerdo con las respuestas de los agricultores, se encontró que, el 82.9% de los encuestados conocen la función que tienen los plaguicidas, en su mayoría tienen la noción sobre la existencia de los insecticidas (37%) y fertilizantes foliares (23%), en el caso de otros hicieron mayormente referencia a los herbicidas.

El predominio de productos que se aplican con mayor frecuencia en la cuenca del lago de Pátzcuaro son herbicidas (98.6%), específicamente Glifosato (25.7%), Picloram + 2,4-D Amina (24.3%) y Dicamba + Atrazina (17.1%), los insecticidas en un 45.7%, resaltando la Cipermetrina (21.0%), los funguicidas en menor medida con un 5.7%. Las respuestas confirman que entre los productos mencionados existen varios que se han catalogado como Altamente Peligrosos y que en muchos países existen restricciones de uso y en algunos casos hasta prohibiciones. El 1.4% de los encuestados no usa ningún producto para controlar plagas, ni malezas, y el 17.1% no sabe cuál es el nombre comercial de los productos, solo mencionaron que usan herbicidas e insecticidas.

Los meses con mayor aplicación al uso de plaguicidas en la región son entre junio a septiembre, la Cipermetrina se usa mayormente de junio a agosto, el Glifosato de junio a septiembre y en otros casos Picloram + 2,4-D Amina de julio y agosto. Las mayores problemáticas a la que enfrentan los productores en la cuenca del lago de Pátzcuaro son malezas en un 75.7% y chapulín en un 65.7%, las cuales resaltan entre los meses de entre junio a septiembre con la mayor incidencia. El 64.0% de los agricultores de la cuenca del lago de Pátzcuaro aplican plaguicidas para controlar sus plagas, el 29.0% lo usan para controlar malezas, como preventivos, incluso los usan para ahorrar tiempo de trabajo.

El 65.6% de los síntomas mencionados pertenece al uso de Cipermetrina, el 12.5% al uso de Methomyl, el 9.4% al Clorpirifós, el 6.3% al ingrediente activo Diazinon, el 3.1% al Oxatiapiprolin + Mandipropamida, Lambda Cihalotrina, Dimetoato y Dicamba + Atrazina para cada uno de ellos. El 9.4% de los síntomas que se mencionaron fue por un insecticida, del cual, los encuestados no recordaron el nombre, mientras que el 3.1% de los síntomas mencionados lo atribuyen a un herbicida, pero, no recordaron tampoco el nombre. Y el 99.0% de los que manifestaron haber presentado algún síntoma no acudieron al médico para su respectiva revisión.

Información por parte de las proveedoras de agroquímicos. El 53.0% de las proveedoras de agroquímicas venden productos a granel. Es mayormente vendido el Glifosato (80.0%) en el caso de los herbicidas, y Cipermetrina (73.3%) para los insecticidas, mientras que los fungicidas son el Sulfato de Cobre, Oxiclururo de Cobrem y Azoxistrobin en un 20.0% para cada uno. El 60% de las tiendas conocen o han escuchado de casos de personas que han sufrido síntomas como irritación de piel, vomito, dolor de cabeza, diarrea y desmayo. El 45.7% sabe diferenciar entre una intoxicación aguda y crónica, entre los síntomas asociados para la intoxicación aguda mencionaron la presencia rápida y repentina de malestares como el caso de vomito, náuseas, dolor de cabeza y mareo. En una intoxicación crónica, lo relacionan con efectos a largo plazo y hospitalización.

Información de los técnicos extensionistas. El 80.0% de los técnicos encuestados que atienden la región de la cuenca del lago de Pátzcuaro pertenecen a una empresa privada. El 13.3% de los técnicos encuestados pertenecen al programa gubernamental Agrosano, mientras que el 6.7% al programa de Estrategia de Acompañamiento Técnico del Programa

Bienestar. Siendo el aguacate (66.7%) y el maíz (73.3%) lo que se atiende mayormente en la zona. Los mayormente recomendados son el Paraquat (40%) y la Cipermetrina (66.7%) y la Permetrina (53.3%), en menor medida los fungicidas, siendo el Mancozeb y Captan (26.6%). Regularmente, la recomendación del técnico es debido al monitoreo de plagas que hacen en campo (66.7%). Respecto al reingreso a parcela, lo más seguro es que sea al día siguiente de la aplicación (46.7%). El 87.0% de los técnicos han observado que los agricultores mezclan diferentes plaguicidas, tales insecticidas con los herbicidas (46.7%). 9 técnicos de los 15 encuestados expresaron que, si conocen de casos de malestares o intoxicaciones por el uso de plaguicidas con ingredientes activos como el Carbofuran, Metomilo, Metamidofos, Lambda Cihalotrina, Permetrina, Dimetoato, Abamectina, Cipermetrina, Imidacloprid y Paraquat.

Metales pesados y plaguicidas en la cuenca del lago de Pátzcuaro. De acuerdo con el análisis realizado en los elementos agua, suelo y sedimento con respecto a metales y plaguicidas, se encontraron plaguicidas en el agua del lago de Pátzcuaro, y metales en suelo y sedimentos. A continuación, se describe la situación anteriormente mencionada.

Metales pesados en suelos de la cuenca del lago de Pátzcuaro. De acuerdo con los análisis de laboratorio en cuanto a la determinación de metales en la cuenca del lago de Pátzcuaro, se encontró plomo (Pb) y cubre (Cu) con concentraciones que rebasan en el primer caso la NOM- NOM-147-Semarnat/SSA1-2024, la cual establece 400 mg/kg de este metal en los suelos, destacando las zonas de Erongaricuaro y Tzintzuntzan con valores de hasta 2 297 y 2 018 mg/kg, respectivamente. Es de resaltar que las concentraciones que se encontraron específicamente de plomo, cuadruplicaron su valor de referencia, estas concentraciones tan excesivas podrían estar relacionadas para el caso de Tzintzuntzan debido a que es una región que se caracteriza por la actividad alfarera. El Cu fue otro elemento que resulto en concentraciones mayores a lo referido por WHO (1996) y actualizado por Alengebawy et al. (2021) para todos los puntos de muestreo de los municipios de Tzintzuntzan, Erogarícuaro y Pátzcuaro. Como tal no existe un valor de referencia del Cu en la norma oficial mexicana.

Metales pesados en sedimentos del lago de Pátzcuaro. Se detectaron concentraciones de arsénico (promedio 29.6 mg/L, ref. 22 mg/L) y cromo (297.2 mg/L, ref. 280 mg/L) ligeramente por arriba de norma oficial mexicana NOM- NOM-147-Semarnat/SSA1-2024, mientras que cobre (promedio 226.8 mg/L, ref. 36 mg/L) muy por encima a lo que establece Alengebawy et al. (2021). Debido a que no existe una norma en el contexto mexicano, se consideró la NOM- NOM-147-Semarnat/SSA1-2024.

Plaguicidas en sedimentos y agua del lago de Pátzcuaro. Se identificó Pentaclorofenol en el lago de Pátzcuaro, la mayor concentración se encuentra en el lado del municipio de Tzintzuntzan con un valor de 0.0853 mg/L (Fig. 2). Esta es una sustancia que hoy en día se encuentra restringido su uso por sus graves efectos relacionados a largo plazo como mutagénico, causa alteraciones en los sistemas inmunológico y endocrino, aumenta la susceptibilidad a infecciones y altera las funciones reproductivas (Rojas-Fernández et al., 2019).

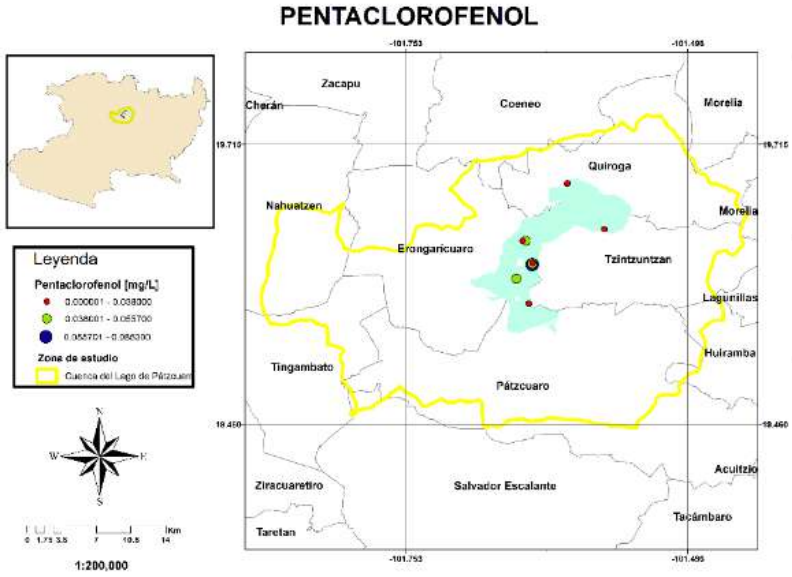


Figura 2. *Concentraciones de Pentaclorofenol en el lago de Pátzcuaro*

Actualmente existe la carencia de un marco normativo en materia de residuos de plaguicidas para la protección del medio ambiente. por lo que, es necesario una norma que establezca los límites máximos permisibles y que se desarrollen concentraciones de referencia sobre las dosis letales medias, efectos agudos y crónicos en especies asociadas al medio acuático y con ingredientes activos de uso común en el actual sistema de producción agrícola (Rodríguez Aguilar et al., 2019, p. 153).

CONCLUSIONES. Se concluye que, el uso, la recomendación de los técnicos y ventas de plaguicidas altamente peligrosos es práctica común en la cuenca del lago de Pátzcuaro, tal es el caso del Glifosato, la Cipermetrina y el 2,4-D Amina, principalmente, mientras que las medidas de protección en cuanto al uso de los plaguicidas son relativamente laxas, con predominio en el uso de cubrebocas, por lo que se han presentado problemas a la salud por parte de quienes los usan, resaltando en síntomas de rápida reacción (intoxicación aguda). Por otro lado, surgió la presencia de Pentaclorofenol en las muestras de agua, a pesar de que en las encuestas en ningún momento se mencionó el uso de este compuesto. El plomo fue el elemento con las mayores concentraciones en suelo, en donde su valor casi duplico a lo que establece la norma oficial mexica como límite máximo permisible. En cuanto a los sedimentos, hay presencia de As, Cu y Cr ligeramente superior a lo indicado por la norma oficial mexicana sobre suelo. Se recomienda continuar con un estudio más profundo en estos aspectos de plaguicidas en épocas del cultivo en donde predomine su uso, así como en el caso de los metales sobre todo

REFERENCIAS.

1. Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021). Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: Ecological risks and human health implications. Toxics, 9(42), 1–34. https://doi.org/10.3390/toxics9030042
2. Fuerte-Velázquez, Y., Solís-Navarrete, J. A., Romo de Vivar-Mercadillo. M. R. & Fuerte-Velázquez, D. J. (2023). Externalidades de la producción agrícola industrial y su impacto en la sustentabilidad. Geografía Agrícola, 71. https://doi.org/doi.org/10.5154/r.rga.2023.71.5

3. Huerta, S., Kleyla, K., Ayda, L., Martínez, C., Garcia, C., & Adelfa, P. (2018). La revolución verde. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 4(8). https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6717
4. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI]. (2020). Cuenca hidrológica Lago de Pátzcuaro. www.inegi.org.mx
5. Molina, E., & Victorero, E. (2015). La agricultura en países subdesarrollados. Particularidades de su financiamiento.
6. Rodríguez Aguilar, B. A., Martínez Rivera, L. M., Peregrina Lucano, A. A., Ortiz Arrona, C. I., & Cárdenas Hernández, O. G. (2019). Analysis of pesticide residues in the surface water of the Ayuquila-Armeria river watershed, Mexico. Terra Latinoamericana, 37(2), 151–161. https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.462
7. Rojas-Fernández, J. A., Benítez-Díaz, P. R., Rivas-Rojas, E. A., & Miranda-Contreras, L. (2019). Residuos de plaguicidas en suelos de uso agrícola y riesgos de exposición en la microcuenca los Zarzales, municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 35(2), 307–315. https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.04
8. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2007). NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. In Diario Oficial de la Federación. http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/147ssa16.html
9. Yu, J., & Wu, J. (2018). The Sustainability of Agricultural Development in China: The Agriculture–Environment Nexus. Sustainability, 10, 1776. https://doi.org/10.3390/SU10061776

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324127

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE UCHUVA (Physalis peruviana L.)

Durán-Mendoza Erandeni[1]*, Trujillo-Pahua Verónica[1], López Ojeda María Marisela[1], Romero Bautista Alejandro[1]

1Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Carretera Morelia Salamanca km 6.5, Colonia Los Ángeles, Morelia, Michoacán, México. C.P. 58100.

Palabras Clave: Giberelinas, tiempo de remojo, germinación, Physalis peruviana

RESUMEN. En México, la uchuva (Physalis peruviana) representa un cultivo alternativo que ha generado interés a nivel comercial y en la investigación, no solamente por ser un fruto exótico con propiedades nutracéuticas, sino también por su valor comercial. En la producción agrícola, la propagación se realiza por medio de semillas, por lo que es importante tener uniformidad y alto porcentaje de germinación, así como reducción en el tiempo en el que se realiza este proceso. En esta investigación el objetivo fue evaluar tratamientos pregerminativos en semillas de P. peruviana y determinar con cual se aumenta el porcentaje de germinación. Se aplicaron cinco tratamientos pregerminativos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, se midió el porcentaje de germinación, y el índice de velocidad de germinación medidos en diferentes tiempos. El mayor porcentaje de germinación fue 11 dds, con un 69.8% en promedio, y uniforme en todos los tratamientos. El índice de velocidad de germinación fue de 5.4 plántulas/día. No se identificó una diferencia entre los tratamientos aplicados a la semilla de uchuva, sin embargo 4 dds, el tratamiento testigo presentó el mayor porcentaje de germinación comparado con el resto de los tratamientos, por lo que las semillas no necesitan el estímulo de algún tratamiento para acelerar la germinación, lo anterior probablemente se atribuye a que las semillas fueron extraídas recientemente de frutos maduros y su capacidad de germinación y vigor se encuentran en su máximo potencial.

INTRODUCCIÓN. La uchuva (Physalis peruviana) es una especie de origen peruano perteneciente a la familia Solanaceae y al género Physalis. El fruto es una baya carnosa, redondo de color amarillo que está protegido por un cáliz y presenta entre 150 y 300 semillas aproximadamente (Fisher y Miranda, 2021; Calvo-Villegas, 2009). El fruto de la uchuva es exótico, y es apreciado por su contenido nutrimental, con altos aportes de vitaminas (A, B, C) (Fisher y Miranda, 2021). El cultivo de uchuva se ha desarrollado principalmente en países sudamericanos como Colombia, Perú, Ecuador, Brasil y Chile y en algunos países europeos y asiáticos (Espinosa-Rodríguez, 2020; Fisher, 2014). Entre los principales países consumidores de este fruto están: Holanda, Alemania, Francia, Inglaterra, entre otros, se consume en fresco, y deshidratado en ensaladas y postres. En México, la producción aún es limitada y se ha realizado con fines de investigación en pequeños invernaderos y su uso es en la gastronomía gourmet (Espinosa-Rodríguez et al., 2020). La producción de esta especie en México es una alternativa económica por su alto consumo a nivel mundial (Hernández-Castro y Ruíz Suárez, 2020).

ANTECEDENTES. La reducción en el tiempo y la uniformidad de germinación son características importantes para la producción comercial de uchuva. El tiempo que tarda una semilla en germinar está determinado por procesos fisiológicos internos y factores externos, que aceleran o retrasan este proceso; la latencia es uno de los principales fenómenos que impiden la germinación de una semilla durante un periodo específico de tiempo como un mecanismo de defensa bajo condiciones poco favorables (Varela y Aparicio, 2010; Finch-Savage y Leubner Metzger, 2006). Para la reducción del tiempo de germinación, romper la latencia de las semillas, y aumentar la uniformidad en la germinación, existen tratamientos pregerminativos que inducen este proceso. Entre los tratamientos pregerminativos más comunes, se encuentran la lixiviación, que consiste en el remojo de las semillas para remover inhibidores químicos presentes en la cubierta y remojar la testa para ablandarla (Varela y Aparicio, 2010), otro tratamiento es el uso hormonas como el ácido giberélico (GA3) que es un promotor de germinación y rompe la latencia, se aplica en diferentes concentraciones y tiempos de exposición (Varela y Aparicio, 2010). En especies de la familia Solanaceae, Fraile-Robayo et al. (2013) reportan a los 8 días germinación en semillas de Solanum lycopersicum en 400 mg/l con el 100% de las semillas germinadas. En P. angulata se han probado tratamientos pregermiantivos, con 0.05% GA3, 0.4% KNO3 y 1.0% de estimulante con ácido indolbutírico y cinetina, con una germinación arriba del 90% (Santiago, et al., 2019).

OBJETIVO. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de germinación en semillas de uchuva (Physalis peruviana) bajo tratamientos pregerminativos de remojo durante 6 y 24 h con ácido giberélico (GA3) y agua. Lo anterior se planteó bajo la hipótesis de que el remojo con agua y ácido giberélico aumenta la uniformidad y reduce el tiempo de germinación de las semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material vegetal. Las semillas de uchuva (*Physalis peruviana*) se extrajeron de frutos de una plantación en invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (ITVM), localizado en el municipio de Morelia, Mich. 19°44’ 55.90’’ N y 101°09’ 51.90’’ a 1900 msnm. La obtención de las semillas fue de frutos maduros de reciente cosecha, se lavaron y secaron al aire libre y a temperatura ambiente, posteriormente se almacenaron en una bolsa de plástico en un lugar fresco y protegidas de la luz. El experimento de germinación se realizó en el laboratorio de Ciencias del Agua y la Tierra del ITVM.

Diseño del experimento. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, la unidad experimental fue de 50 semillas, se aplicaron cinco tratamientos con tres repeticiones, se evaluaron los factores tiempo y remojo. Los tratamientos fueron: 1) testigo, semillas sin remojo; 2) remojo GA3 por 6 h; 3) remojo en agua destilada por 6 h; 4) remojo GA3 por 24 h; y 5) remojo agua por 24 h. El ácido giberélico (GA3) en el que se remojaron las semillas de *P. peruviana*, tuvo una concentración de 250 ppm (250 mg/l). En el tratamiento testigo las semillas se sembraron de manera directa en el sustrato. Después de los tiempos de remojo de cada tratamiento, las semillas fueron sembradas en cajas de Petri con un sustrato formado por peat moss, vermiculita y perlita (1:1:1) y se colocaron en una cámara de cultivo a 25 °C ±2.

Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (PG) e índice de velocidad de germinación (IVG). El porcentaje de germinación se determinó en distintos tiempos, 4, 6, 11, 13 y 15 días después de la siembra (dds), con la fórmula descrita a continuación:

PG=SG/M X 100

En donde: **PG**= Porcentaje de germinación; **SG**= Semillas germinadas; **M**= No. de semillas sembradas.

Y el índice de velocidad de germinación se obtiene con el número de semillas emergidas, considerando la salida de la radícula como semilla emergida y se calcula mediante la expresión propuesta por Maguire (1962):

IVE=Σn Xi/Ni

En donde: **IVE =** índice de velocidad de emergencia; **Xi=** Número de plántulas emergidas por día; **Ni=**Número de días después de la siembra; **n=** Número de conteos 1, 2 …, n conteos.

Análisis estadístico. Las variables porcentaje de germinación e índice de velocidad de germinación, se analizaron con un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía y comparación de medias con la prueba de Tukey al 95 % de confianza utilizando el programa estadístico R y la librería agricolae (R Core Team, 2021; de Mendiburu, 2021).

RESULTADOS.

Porcentaje de germinación (PG). El porcentaje de germinación 15 dds fue en promedio de 93.7% para todos los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas de *P. peruviana* (P=0.366). El análisis del porcentaje de germinación medido en diferentes tiempos después de la siembra, mostró únicamente diferencia 4 dds (Cuadro 1), el tratamiento testigo y los de remojo con agua 6 y 24 h tuvieron un 12, 6 y 5% de germinación respectivamente, quedando por debajo de estos los tratamientos donde se aplicó remojo con GA3. El mayor porcentaje de germinación se observó 11 dds para todos los tratamientos, proceso que fue uniforme (Fig. 1). La semilla de uchuva que se utilizó provino de frutos maduros, lo cual se relaciona directamente con la maduración de la semilla, en *P. peruviana*, la semilla obtenida de frutos maduros, muestran altos porcentajes de germinación y vigor en la emergencia de las plántulas (Diniz, *et al*., 2019; Barroso, *et al*., 2022).

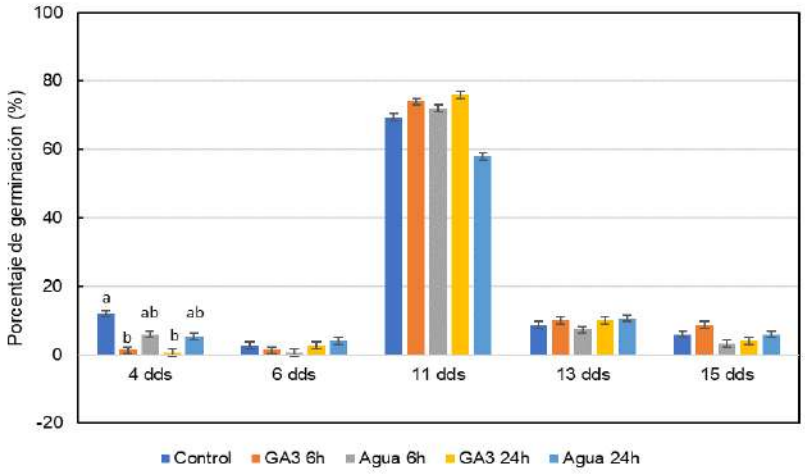


Figura 1. *Porcentaje de germinación a través del tiempo en semillas de P. peruviana con distintos tratamientos pregerminativos. dds: días después de siembra. Control: siembra sin remojo; GA3: Ácido giberélico (250 ppm). Letras diferentes indican diferencia estadística (P<0.05).*

Tiempo (dds)	P valor (0.05)
4	0.0277*
6	0.28
11	0.917
13	0.967
15	0.932

*Indica diferencia estadística.

Cuadro 1. *Análisis de varianza (ANOVA) para los tratamientos pregerminativos en los diferentes tiempos de medición.*

Velocidad de germinación. En cuanto al índice de velocidad de germinación, se presentó una diferencia estadística (P=0.0306) entre los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas. En la prueba de medias de Tukey, el grupo control y el tratamiento de 6h de remojo con GA3 tuvo un promedio de 5.4 y 4.3 plántulas/día respectivamente. Sin embargo, el índice fue similar también al tratamiento con remojo de 6h en agua, ya que pertenecen al mismo grupo estadístico, y no es evidente un patrón o tendencia específica hacia alguno de los tratamientos. Lo anterior, probablemente se debió a que las semillas fueron de reciente extracción de los frutos y tanto el vigor como la capacidad de germinación eran altas, por lo que las semillas respondieron mejor a la imbibición y la activación de los procesos fisiológicos sin el estímulo del remojo previo o la aplicación de giberelinas, este fenómeno también se puede atribuir a que la concentración endógena de giberelinas en las semillas es adecuado para que realice de manera eficiente sus procesos fisiológicos, y aun aplicando GA3 no se ve una respuesta favorable en la germinación, incluso se pueden ver afectados el vigor y la germinación de las semillas (Taiz, *et al*., 2017).

Cuadro 2. Medidas de porcentaje de germinación (PG) a los 15 días de la siembra y Índice de Velocidad de Germinación (IVG) en semillas de *Physalis peruviana* en diferentes tratamientos pregerminativos.

Tratamiento	PG 15 días	IVG (plántulas/día)
Control	98.66 a*	5.40 a
Agua 6h	95.33 a	5.47 ab
Agua 24h	92.00 a	4.24 b
GA3 6h	95.33 a	4.31 a
GA3 24h	93.33 a	4.27 b

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos permiten establecer un protocolo de germinación del cultivo de uchuva. En el caso de semillas obtenidas de frutos recientemente cosechados no es necesario aplicar tratamientos pregerminativos, ya que, debido probablemente al alto vigor y viabilidad de la semilla, el proceso de germinación es uniforme y se obtienen porcentajes de arriba del 90% 11 dds, llegando casi al 100% 15 dds. La siembra directa puede resultar una buena estrategia para los productores de uchuva, ya que si utilizan semilla reciente (no mayor a 6 meses de cosechada), obtendrán un porcentaje elevado de germinación después de 11 días, y podrán planificar sus ciclos de cultivo sin tener que invertir tiempo y dinero adicional. Se sugiere realizar estudios de germinación en semillas con mayor tiempo de almacenamiento y aplicar tratamientos pregerminativos para entender el comportamiento de las semillas de Physalis peruviana.

REFERENCIAS.

1. Barroso, ND; Fonseca, JST; Ramos, CAD; do Nascimento, MN; Soares, TL; Pelacani, CR. (2022). Impact of the maturity stage on harvest point of fruits and physiological quality of Physalis peruviana L. sedes. Revista Brasileira de Fruticultura. 44:2. DOI10.1590/0100-29452022848
2. Calvo, I. (2009). El cultivo de la Uchuva (Physalis peruviana L.) Manejo integrado de cultivos / frutales de altura. San José Costa Rica. Disponible en http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0984.pdf
3. De Mendiburu Felipe (2021). Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-5. https://CRAN.R-project.org/package=agricolae.
4. Diniz, FO. (2019). Maturation of Physalis peruviana L. seeds according to flowering and age of the fruit. Revista Ciencia Agronómica. 50(3):447-457. DOI10.5935/1806-6690.20190053.
5. Espinosa-Rodríguez, Mariana, Manuel Sandoval-Villa, Oscar Antúnez Ocampo, Rafael Pérez-Pacheco, y Juan E. Sabino-López. (2020). «El Mercado De La Uchuva En México». Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 11(8): 1789-1802 https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2228.
6. Finch-Savage, W.E. y G. Leubner-Metzger. (2006). Seed dormancy andthe control of germination. New Phytologist 171, 501-523
7. Fischer, G.; Almanza-Merchán, P.; Miranda, D. (2014). Importancia y Cultivo de la Uchuva (Physalis peruviana L.). Revista Brasilera Fruticola Jaboticabal 36(1): 1-15.
8. Fischer, G.; Miranda, D.; Magnitskiy, H.E. Balaguera-López y Z. Molano (2021). Avances en el cultivo de las berries en el trópico. Avances tecnológicos en el cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia. (eds.). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá (Colombia) 14-36. Doi: https://doi.org/10.17584/IBerries.
9. Fraile-Robayo R. D. Álvarez-Herrera J. G. y Deaquiz Oyola Y. A. (2013) Efecto de las giberelinas en la propagación del tomate (Solanum lycopersicum L) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 6(1): 41-54. https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i1.1280
10. Hernández-Castro E. y Ruíz Suárez (2020). Effect of Glomus mosseae and Entrophospora colombiana on plant growth, production, and fruit quality of 'Maradol' papaya (Carica papaya L.). Scientia Horticulturae 128(3):255-260. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030442381100046X
11. Maguirre, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2(2):176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x
12. Mazorra, M. F.; A.P. Quintana; D. Miranda; G. Fischer y B. Chaves. (2003). Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (Physalis peruviana L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). Agronomía Colombiana, 21(3): 175-189.
13. R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical. Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.
14. Santiago, WR; Gama, JSN; Torres, SB; Leite, MD; Leite, TD; Neto, FAN. (2019). Physiological performance of Physalis angulata L. sedes treated with chemical promoters. Revista CAATINGA. 32(3): 834-840. 10.1590/1983-21252019v32n328rc.
15. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. and Murphy, A. (2017) Plant Physiology and Development. 6° edición, Artmed, Porto Alegre.
16. Varela, S. A. y Aparicio, A. 2010. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Bariloche, Argentina, Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Instituto Nacional de Tecnología. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados". 10 p

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324128

TIEMPO DE DESARROLLO Y SUPERVIVENCIA DE NINFAS DE LA CHINCHE DEPREDADORA ENGYTATUS VARIANS, CON TRES DIETAS DISTINTAS

Jaime Alejandro Ramírez Jiménez[1], Jesús Alejandro Álvarez Villaseñor[2], Luis Jesús Palma Castillo[3], Samuel Pineda Guillermo[4], Ana Mabel Martínez Castillo[5], Juan Manuel Chavarrieta Yañez[6], Selene Ramos Ortiz[7] y José Isaac Figueroa De la Rosa[8].

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH; 1635144x@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH; 1635262d@umich.mx

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH; ljpalmac@gmail.com

5 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH; samuel.pineda@umich.mx

7 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH; ana.martinez@umich.mx

8 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH; manuel.chavarrieta@umich.mx

Palabras Clave: Chinche depredadora, ciclo biológico, alimento, ninfas.

RESUMEN. Se evaluó la duración de los instares ninfales de Engytatus varians con las siguientes dietas: huevos de Sitotroga cerealella + foliolo de jitomate (D1), huevos de S. cerealella + algodón con agua + disco de papel bond (D2) y algodón con agua (D3). Se requirieron de 90 ninfas recién emergidas (< 12 h de edad), mismas que se repartieron equitativamente en las tres dietas y se individualizaron en cajas Petri (9 cm de diámetro x 1.5 cm de altura). Las ninfas se revisaron cada 24 h para registrar la duración de cada instar ninfal hasta que perecieron o alcanzaron el estado adulto. Los datos se analizaron a través de un procedimiento de modelo lineal generalizado (PROC GLM) y la separación de medias se hizo con la metodología de mínimos cuadrados (LSMEANS test) con un nivel de probabilidad de $P \leq 0.01$. El 63.3% de las ninfas alimentadas con las dietas D1 y D2 alcanzaron el estado adulto, mientras que las ninfas mantenidas únicamente con algodón humedecido (D3) solo el 6.6% de ellas sobrevivieron hasta el segundo instar y ninguna alcanzó el estado adulto. Las ninfas que continuaron su desarrollo a adulto tuvieron cinco instares, la duración de cada instar fue diferente ($F= 44.5$; $gl=10,194$; $P=<.0001$) entre las dietas D1 y D2, excepto en el primero y cuarto instar que fueron similares. El tiempo de desarrollo total entre hembras/machos fue muy similar entre los individuos alimentados con la dieta D1 y D2 (21.3/21.8 y 20.7/20.6 días, respectivamente) sin diferencia significativas entre sexos de una misma dieta. Los machos alimentados con la dieta D1 tuvieron el tiempo de desarrollo total significativamente ($F= 3.47$; $gl=3,34$; $P=0.02$) más largo (21.8 días) que los machos alimentados con la dieta D2 (20.6 días).

INTRODUCCIÓN. A nivel mundial, Anthocoridae y Miridae representan a dos de las familias de insectos que más se ha utilizado en programas de control biológico de insectos plaga en cultivos de invernadero (Urbaneja et al. 2005). En México, se conoce a Engytatus varians (Distant), (Hemiptera: Miridae), como una especie de chinche depredadora que se alimenta de ninfas de Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en plantas de jitomate, Solanum lycopersicum L. (Martínez et al. 2014). Este insecto no solo se encuentra en la

República Mexicana, sino también en Brasil (Bueno et al. 2013), Estados Unidos (Illingworth 1937), Guatemala y Nicaragua, así como en las islas Caribeñas de Cuba, Puerto Rico y República Dominicana (Hernández y Henry 2010). Entre las especies plagas registradas como presa de este depredador están las larvas de Tuta absoluta (Bueno et al. 2013) y Heliothis virescens (Fabricius), así como ninfas de Bemisia tabaci (Gennadius) (Castineiras 1995). De igual manera, están los huevos de pulgones y cochinillas de la piña (Illingworth 1937). De E. varians, en los últimos años, se le ha estudiado mucho sobre su biología, a tal grado que se conoce muy bien algunos aspectos relacionados con su ciclo de vida (Pineda et al., 2016), parámetros demográficos con dietas suplementadas (Palma-Castillo et al., 2019ab), así como su potencial en el control de B. cockerelli bajo condiciones de invernadero (Pérez-Aguilar et al. 2018, 2019). Sin embargo, aún quedan algunos aspectos importantes por evaluar con respecto al comportamiento de este depredador. Por ejemplo, no se conoce si este depredador puede completar su desarrollo de huevo a adulto alimentándose con o sin material vegetativo.

ANTECEDENTES. Engytatus varians es un depredador que se alimenta de diversas plagas agrícolas. Presenta hábitos mixtos o zoofitófago, lo que indica que tiene la capacidad de alimentarse tanto de plantas como de los insectos que viven en ellas para completar su ciclo de vida. Por su parte Martínez et al. (2014) mencionaron que es un insecto que posee una metamorfosis incompleta pasando por los estados de vida de huevo, ninfa y adulto. En general, los machos completan su ciclo de vida en 17.00 ± 1.5 días, mientras que las hembras en 22.16 ± 1.16 días (Pineda et al. 2016). Olea-Serrato et al. (2020) consideran que la calidad del alimento tiene un efecto significativo en la supervivencia y tiempo de desarrollo de los individuos de E. varians. De igual manera, estos autores observaron que cuando se les proporciona solo un foliolo de jitomate a las ninfas en desarrollo de E. varians pocos individuos logran sobrevivir, puesto que la ingestión de presas resulta fundamental para el desarrollo de los individuos. Según Slansky y Rodríguez (1987) una nutrición inadecuada puede implicar un incremento en el tiempo de desarrollo de las ninfas o larvas de los insectos. A este respecto, en el Laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) se tiene establecida la cría de E. varians en plantas de jitomate, misma que completa su alimentación con ninfas de B. cockerelli o huevos de Sitotroga cerealella Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae). El presente estudio es una evaluación del tiempo de desarrollo y la supervivencia de las ninfas de E. varians bajo tres dietas distintas.

OBJETIVO. Determinar la duración de los instares ninfales y la sobrevivencia de las ninfas E. varians con tres dietas distintas.

MATERIALES Y MÉTODOS. El experimento se realizó con 90 ninfas de E. varians ≤ 12 h de edad, mismas que se repartieron equitativamente para evaluar tres tipos de alimento (=tratamientos): huevos de S. cerealella + foliolo de jitomate (D1), huevos de S. cerealella + algodón con agua + disco de papel bond (D2), y solo algodón con agua (D3). La evaluación se efectuó con ninfas individualizadas en cajas de Petri (9 cm de diámetro x 1.5 cm de altura). El foliolo de jitomate, los huevos de S. cerealella, así como el algodón humedecido con agua se remplazaron cada 72 horas. Para registrar la duración de cada instar ninfal de E. varians se realizaron observaciones cada 24 h, bajo el campo de visión de un estereoscopio de 40X, hasta que los individuos perecieron o alcanzaron el estado

adulto. Los datos del tiempo de desarrollo de los diferentes instares ninfales, así como el desarrollo total, se analizaron a través de un procedimiento de modelo lineal generalizado (PROC GLM) y la separación de medias se hizo con la metodología de mínimos cuadrados (LSMEANS test) con un nivel de probabilidad de $P \leq 0.01$. Por otra parte, las curvas de sobrevivencia de ninfas de E. varians se analizaron con el método Kaplan-Meier y se compararon con la prueba de Bonferroni ($P < 0.05$) (SAS/STAT versión 8,1; SAS Institute, Cary, NC, USA).

RESULTADOS. El tipo de alimento tuvo un efecto significativo (X^2 = 47.32; gl = 2; P = <0.0001) en la supervivencia de las ninfas de *E. varians* (Fig. 1). El 6.6% de las ninfas alimentadas con la dieta D3 lograron sobrevivir solo hasta el segundo instar, por lo que ninguna ninfa alcanzó el estado adulto. Por otra parte, las ninfas de segundo instar que se alimentaron con la dieta D1 y D2 mantuvieron una supervivencia respectiva del 90% y 63.3%, aunque ambas dietas al finalizar el quinto instar registraron una supervivencia del 63.3% (= porcentaje de ninfas que alcanzaron el estado adulto), sin diferencias significativas entre ellas.

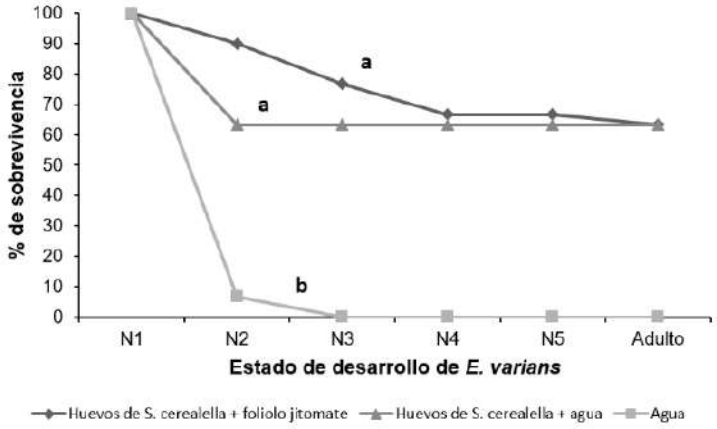


Figura 1. *Supervivencia ninfal de E. varians con tres dietas distintas. Curvas de supervivencia con letras similares no difieren significativamente (P≤ 0.05; LSMEANS).*

Las ninfas que continuaron su desarrollo al estado adulto tuvieron cinco instares, pero la duración de cada instar fue significativamente (F= 44.5; gl=10,194; P=<.0001) diferente entre las dietas D1 y D2 (Fig. 2), excepto para el primero y cuarto instar, los cuáles fueron similares (4.20 ± 0.22 vs. 4.26 ± 0.10 y 4.22 ± 0.19 vs. 4.15 ± 0.17 días, respectivamente). Las ninfas alimentadas con solamente agua tuvieron una duración de su primer instar de 3.25 ± 0.25 días, posteriormente perecieron. En contraste, la duración del segundo, tercero y quinto instar de ninfas alimentadas con la dieta D1 y D2 fue estadísticamente diferente al compararlos con individuos de un mismo instar. Las ninfas de segundo y tercer instar que se alimentaron con la dieta D1 tuvieron una duración más larga que las ninfas alimentadas con la dieta D2 (3.47 ± 0.14 vs 2.73 ± 0.10 y 3.77 ± 0.17 vs 2.63 ± 0.11 días, respectivamente). En cambio, las ninfas de quinto instar que se alimentaron con la dieta D2 tuvieron una duración más larga que las ninfas alimentadas con la dieta D1 (6.0183 ± 0.23 vs 5.78 ± 0.17 días).

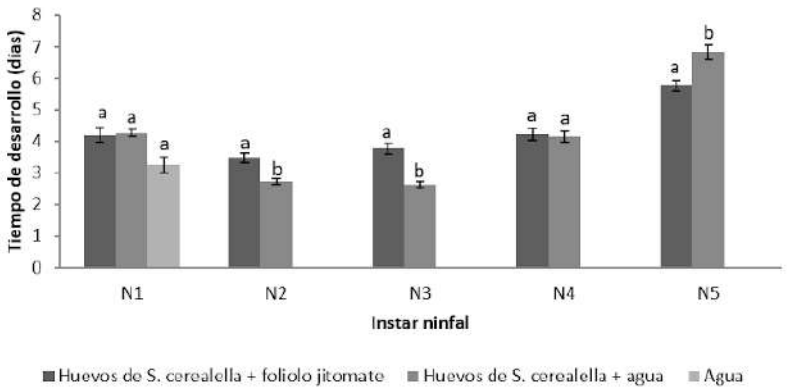


Figura 2. *Tiempo de desarrollo ninfal de E. varians con tres dietas distintas. Medias seguidas con la misma letra no difieren significativamente dentro de cada instar ninfal (P≤ 0.05; LSMEANS).*

El tiempo de desarrollo total entre hembras/machos fue muy similar entre los individuos alimentados con la dieta D1 y D2 (21.3/21.8 y 20.7/20.6 días, respectivamente) sin diferencia significativas entre sexos de una misma dieta. Los machos alimentados con la dieta D1 tuvieron el tiempo de desarrollo total significativamente (F= 3.47; gl=3,34; P=0.02) más largo (21.8 días) que los machos alimentados con la dieta D2 (20.6 días) (Fig. 3).

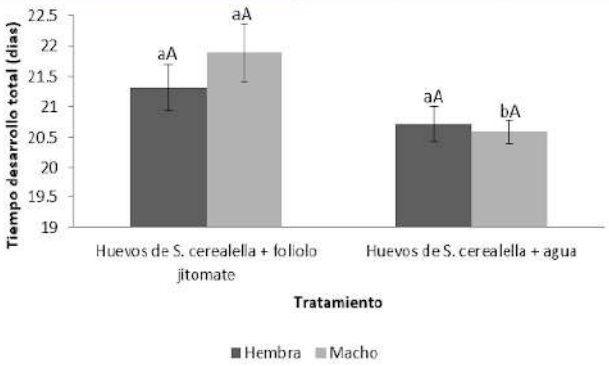


Figura 3. *Tiempo de desarrollo total de hembras y machos con dos dietas distintas. Medias seguidas con la misma letra mayúscula dentro de cada dieta (D1 o D2) y letras minúsculas en dietas distintas y entre individuos del mismo sexo no difieren significativamente (P≤ 0.05; LSMEANS).*

CONCLUSIONES. Las ninfas de E. varians completaron su desarrollo a adulto únicamente cuando se incluyó en su dieta a huevos de S. cerealella. No hubo diferencias significativas en la sobrevivencia de las ninfas alimentadas con la dieta D1 y D2, lo que indica que el foliolo de jitomate no es necesario para que las ninfas de E. varians completen su desarrollo a adulto. No hubo diferencias significativas en el tiempo desarrollo total entre hembras de dietas distintas, en cambio entre machos si lo hubo.

AGRADECIMIENTOS. A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán por el financiamiento y los recursos de Apoyo para el Fortalecimiento de las Capacidades Científicas, Humanísticas, Tecnológicas y de

Innovación en Michoacán, en su modalidad Mantenimiento de equipo científico y/o tecnológico.

REFERENCIAS.

1. Bueno V. H. P., J. C. van Lenteren, J. C. Lins Jr, A. M. Calixto, F. C. Montes, D. B. Silva, L. D. Santiago y L. M. Pérez. 2013. New records of Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) predation by Brazilian Hemipteran predatory bugs. Journal of Applied Entomology. 137: 29-37.
2. Castineiras A. 1995. Natural Enemies of Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae) In Cuba. Florida Entomologist. 78 (3): 538-540.
3. Hernández L. M. y T. J. Henry. 2010. The plant bugs, or Miridae (Hemiptera: Heteroptera) of Cuba. Pensoft Series Faunistica No. 92, Sofia and Moscow. pp. 212.
4. Illingworth, J. F. 1937. Observations on the predaceous habits of Cyrtopeltis varians (Dist.) (Hemiptera). Proceedings of the Hawaiian Entomological Society. 9: 448-449.
5. Martínez A. M., M. Baena, J. I. Figueroa, P. Del Estal, M. Medina, E. Guzmán Lara y S. Pineda. 2014. Primer registro de Engytatus varians (Distant) 44 (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en México y su depredación sobre Bactericera cockerelli (Šulc) (Hemiptera: Triozidae): una revisión de su distribución y hábitos. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie). 30 (3): 617- 624.
6. Olea-Serrato, R. I., L. J. Palma-Castillo, A. M. Martínez-Castillo, S. Pineda-Guillermo, J. M. Chavarrieta Yañez y J. I. Figueroa-De la Rosa. 2020. Supervivencia y tiempo de desarrollo de ninfas de Engytatus varians (Distant 1884)(Hemiptera: Miridae) en ausencia de presas.
7. Palma-Castillo, L. J., L. V. Mena-Mociño, A. M. Martínez, S. Pineda, B. Gómez-Ramos, L. M. Chavarrieta-Yáñez, y J. I. Figueroa. 2019. Diet and growth parameters of the zoophytophagous predator Engytatus varians (Hemiptera: Miridae). Biocontrol Science and Technology, 1-11.
8. Pérez-Aguilar, D. A., A. M. Martínez, E. Viñuela, J. I. Figueroa, B. Gómez, S. I. Morales, A. Tapia y S. Pineda. 2019. Impact of the zoophytophagous predator Engytatus varians (Hemiptera: Miridae) on Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae) control. Biological Control. 132: 29-35.
9. Pineda, S., M. Medina, J. I. Figueroa, T. J. Henry, L. V. Mena-Mociño, J. M. Chavarrieta, B. Gómez, J. M. Valdez, P. Lobit y A. M. Martínez. 2016. Life history, diagnosis, and biological aspects of Engytatus varians (Hemiptera: Miridae), a predator of Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae). Biocontrol Science and Technology. 26 (8): 1073-1086.
10. Slansky, F. and J. G. Rodriguez. 1987. Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates: An overview. In F. Slansky and J.G. Rodriguez (Eds.). Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. Wiley, New York, pp. 1-69. ISBN - 047180617X y 9780471806172.
11. Urbaneja A., J. L. Ripollés, R. Abad, J. Calvo, P. Vanaclocha, D. Tortosa, J. A. Jacas y P. Castañera. 2005. Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España. Boletín Sanidad Vegetal Plagas, 31: 209-223.

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324129

EFECTO DE PSEUDOMONAS FLUORESCENS UM270 SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Zea mays L.*, EN UN AGROECOSISTEMA DE MILPA

Blanca Rojas Sánchez[1], Gustavo Santoyo Pizano[1]
1Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México;
1159358B@umich.mx

Palabras Clave: PGPR, agroecosistema, Zea mays, milpa.

RESUMEN. El sistema milpa tradicional, un policultivo originario de Mesoamérica, se centra en el maíz (Zea mays L.), asociado a calabaza (Cucurbita sp.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.). La aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) bajo un agrosistema milpa ha sido poco explorada. En este estudio, un cultivo de maíz en un sistema milpa fue fertilizado con la PGPR P. fluorescens UM270 durante las temporadas 2021 y 2023, y se evaluaron diversos fitoparámetros (altura de la planta, longitud de la raíz, concentración de clorofila, peso seco de raíz y peso seco total de planta) y producción total. Los resultados mostraron que UM270 mejoró la concentración de clorofila y aumentó la altura de la planta, la longitud de la raíz y el peso seco en las plantas de maíz. La cofertilización con UM270 y fosfato diamónico (DAP) mejoró significativamente el peso de las plantas y de las mazorcas de maíz en comparación con los controles con fertilizaciones simples tanto en la temporada 2021 como en la 2023. Cabe destacar que la producción de maíz aumentó en más del 40% en el monocultivo de maíz inoculado con UM270 en comparación con las plantas no inoculadas. La cofertilización UM270 + DAP en el monocultivo también se incrementó en más del 50% en ambos ciclos. En conclusión, la milpa es un modelo adecuado para la bioinoculación con PGPR, demostrando su potencial para aumentar el rendimiento del maíz y beneficiar a otros cultivos asociados.

INTRODUCCIÓN. El incremento constante de la población viene acompañado de una alta demanda sobre la productividad agrícola, con el fin de abastecer los nutrientes removidos del suelo a través de la cosecha de los cultivos se ha implementado el uso excesivo de fertilizantes químicos, además para contrarrestar los daños ocasionados por factores bióticos y abióticos se aplican fungicidas, plaguicidas y herbicidas que incrementen la producción y calidad de los productos agrícolas (Glare & Moran-Diez, 2016). Sin embargo, los beneficios inicialmente observados en los agroquímicos se han visto opacados por estudios que demuestran los efectos negativos del uso excesivo de estos productos sobre el medio ambiente y los seres vivos (Zahid et al., 2015). Dentro de los efectos negativos se encuentran baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, alteraciones climáticas, resistencia de plagas y enfermedades, bajo estas condiciones se disminuye la producción e incluso se ha logrado perder la producción total. Uno de los cultivos que se ha visto seriamente afectado es el maíz, que en promedio incrementan sus costos de producción anual en un 30 a 40 por ciento para contrarrestar los efectos ocasionados ante la presencia de los factores bióticos o abióticos (Prasad et al., 2018). Los perjuicios ocasionados por el uso

excesivo de agroquímicos requieren el desarrollo e implementación de tecnologías que impacten mínimamente al ambiente y deben ser diseñados para mantener y conservar la productividad de los suelos, además de dar un valor agregado a los productos agrícolas cosechados al estar libres de químicos para el consumo de los seres humanos (Moreno Reséndez et al., 2018). Una alternativa para controlar los patógenos, y a su vez contrarrestar la aplicación de productos sintéticos son los agentes biológicos, como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal. La cepa UM270 de Pseudomonas fluorescens ha demostrado in vitro ser excelente promotora del crecimiento vegetal y antagonista de patógenos fúngicos. Sin embargo, se desconocen sus efectos benéficos en maíz. Por lo tanto, explorar tales efectos en campo brindaría un conocimiento relevante, con el fin de proponer soluciones sustentables para la producción del maíz como en agro-ecosistemas como la milpa (Hernández-León et al., 2015; Hernández-Salmerón et al., 2018a).

ANTECEDENTES. Desde la llegada de la revolución verde, el maíz fue uno de los cultivos que se estableció de forma excesiva como monocultivo y la semilla utilizada para su establecimiento fue de origen híbrido, el uso excesivo de agroquímicos y la alta tecnología repercutieron directamente en la fertilidad del suelo ocasionando contaminación y dejando los suelos totalmente infértiles sin dejar a un lado el incremento en la resistencia de las plagas y enfermedades ante la aplicación de dichos agroquímicos (Gastélum & Rocha, 2020). Una de las alternativas para mitigar el uso de agroquímicos es la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal que radican en la zona de la rizosfera y establecen una estrecha relación con las plantas logrando promover su crecimiento mediante la producción de fitohormonas como auxinas, citoquininas, etileno, giberelinas y ácido abscísico además de promover la adquisición de nutrientes esenciales e incrementar la biosolubilización de fosfatos y reducción de hierro. Además de contar con mecanismos de biocontrol ante la presencia de patógenos mediante la producción de antibióticos, sideróforos, enzimas líticas y producción de metabolitos (Molina-Romero et al., 2015). Dentro de este grupo se encuentra la cepa de Pseudomona fluorescens UM270 que fue previamente aislada de suelo cerca de las raíces de plantas de alfalfa en un campo agrícola ubicado en Morelia, Michoacán. Dentro de sus cualidades se encuentran que produce antibióticos como 2,4-diacetilfloroglucinol, fenazinas, ácido cianhídrico y sideróforos. Ha presentado promoción de crecimiento en plantas de Medicago truncatula y tomate, ha mitigado la presencia de patógenos como Botrytis cinérea, Fusarium spp., y Rhizotocnia solani (Hernández-León et al., 2015; Hernández-Salmerón et al., 2016, 2018b).

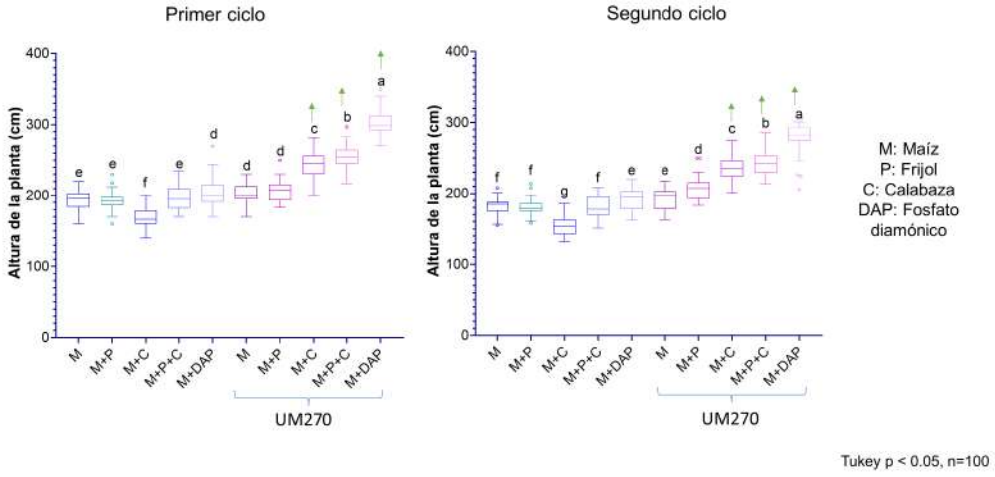
OBJETIVO. Evaluar la inoculación de P. fluorescens UM270 sobre el crecimiento y producción de maíz bajo un modelo milpa.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo del experimento se llevó a cabo la desinfección de la semilla de maíz y posteriormente se inoculó con la cepa UM270 a una concentración de 1x106 UFC, la siembra de maíz se estableció en el mes de mayo de los años 2021 y 2023. A los tratamientos fertilizados con DAP se agrego 2g de fertilizante por planta, el manejo arvense se realizó de forma manual, y la cosecha de maíz se realizó en el mes de diciembre, en el caso del frijol y calabaza se cosecharon al alcanzar la madurez fisiológica. La evaluación de los análisis fotométricos altura y clorofila se realizó en la etapa vegetativa y los parámetros de promoción de crecimiento de raíz y producción, se realizaron

al termino de la etapa reproductiva. El análisis de composición de la mazorca se realizó en el INIFAP Celaya y se evaluaron los elementos N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn y Zn. La distancia de plantación fue maíz de 50 X 80 cm, frijol de 100 X 80 cm y calabaza de 80 X 300 cm. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza y las variables que presentaron diferencias significativas se analizaron mediante la prueba de Tukey ($P<0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2.

RESULTADOS. Dentro de los parámetros evaluados se logró determinar que con la inoculación de la cepa UM270 incrementan los parámetros fitométricos de las plantas de maíz. La cofertilización con UM270 y fosfato diamónico (DAP) mejoró significativamente el peso de las plantas y mazorca de maíz en comparación con los controles con fertilizaciones simples tanto en la temporada 2021 como en la 2023, y de forma general se pudo determinar el efecto de promoción por parte de la cepa UM270 en todos los parámetros fitométricos (Figura 1).

Promoción del crecimiento vegetal en plantas de maíz inoculadas con *P. fluorescens* UM270 bajo un sistema milpa en campo



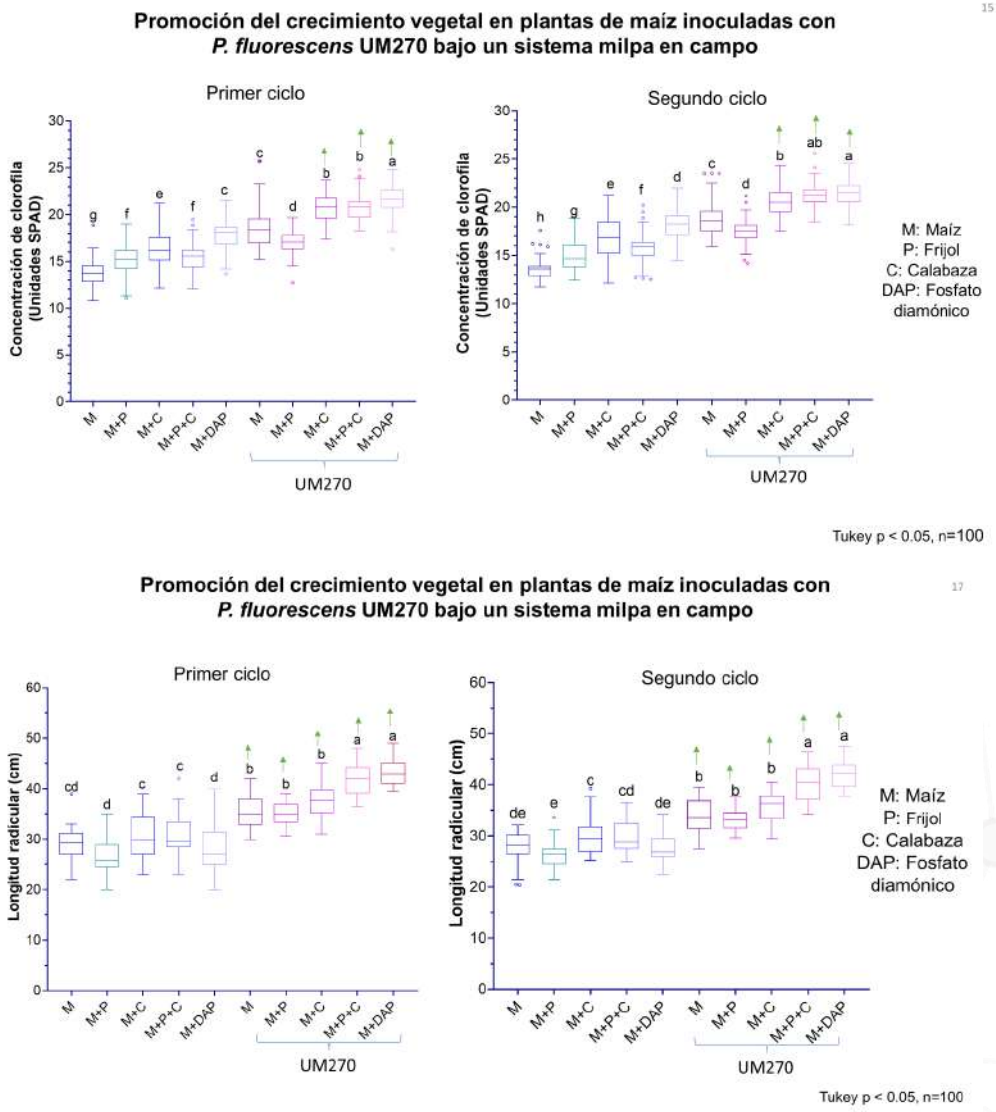


Imagen 1. *Promoción del crecimiento vegetal de plantas de maíz durante dos ciclos de cultivo (2021 y 2023)*

La producción de maíz aumentó en más del 40% en el monocultivo de maíz inoculado con UM270 en comparación con las plantas no inoculadas. La cofertilización UM270 y DAP en el monocultivo también se incrementó en más del 50% en ambos ciclos (Tabla 1).

Tratamientos	Rendimiento Maíz (Kg/ha) Ciclo 1	Rendimiento Maíz (Kg/ha) Ciclo 2
Maíz	2817.11 e	2598.07 f
Maíz + Frijol	3329.88 cd	3022.13 cde
Maíz + Calabaza	3270.50 cd	2818.02 ef
Maíz +Frijol+ Calabaza	3171 de	2751.86 ef
Maíz + DAP	3104.52 cd	**3263.93 c**

Maíz + UM270	**3999.27 b**	**3690.20 b**
Maíz + UM270 + Frijol	**3614.01 bc**	3210.40 cd
Maíz + UM270+ Calabaza	2795.92 e	2909.45 de
Maíz + UM270 + Frijol + Calabaza	2939.83 cd	2977.42 cde
Maíz + UM270 + DAP	**4454.92 a**	**4068.54 a**

Tabla 1. *Rendimiento de maíz*

CONCLUSIONES. La inoculación de biofertilizantes en modelos milpa, como la cepa P. fluorescens UM270, aumenta los parámetros de promoción vegetal y producción de plantas de maíz. No se encontró correlación entre la inoculación de la bacteria P. fluorescens UM270 y la concentración química de los macro y microelementos de la mazorca.

REFERENCIAS.

1. Gastélum, G., & Rocha, J. (2020). La milpa como modelo para el estudio de la microbiodiversidad e interacciones planta-bacteria. TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas, 23, 1–13. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.254
2. Glare, T. R., & Moran-Diez, M. E. (2016). Microbial-based biopesticides : methods and protocols. In Methods molecular biology, (Issue 1477).
3. Hernández-León, R., Rojas-Solís, D., Contreras-Pérez, M., Orozco-Mosqueda, M. del C., Macías-Rodríguez, L. I., Reyes-de la Cruz, H., Valencia-Cantero, E., & Santoyo, G. (2015). Characterization of the antifungal and plant growth-promoting effects of diffusible and volatile organic compounds produced by Pseudomonas fluorescens strains. Biological Control, 81(September), 83–92. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.11.011
4. Hernández-Salmerón, J. E., Hernández-Flores, B. R., Rocha-Granados, M. del C., Loeza- Lara, P. D., & Santoyo, G. (2018a). Hongos fitopatógenos modulan la expresión de los genes antimicrobianos phlD y hcnC de la rizobacteria Pseudomonas fluorescens UM270. Biotecnia, 20(2), 110–116. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i2.609
5. Hernández-Salmerón, J. E., Hernández-Flores, B. R., Rocha-Granados, M. del C., Loeza- Lara, P. D., & Santoyo, G. (2018b). Hongos fitópatogenos modulan la expresión de los genes antimicrobianos phlD Y hcnC de la rizobacteria Pseudomonas fluorescens UM270. Biotecnia, 20(2), 110–116. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i2.609
6. Hernández-Salmerón, J. E., Hernández-León, R., Orozco-Mosqueda, M. D. C., Valencia-Cantero, E., Moreno-Hagelsieb, G., & Santoyo, G. (2016). Draft Genome Sequence of the Biocontrol and Plant Growth-Promoting Rhizobacterium Pseudomonas fluorescens strain UM270. Standards in Genomic Sciences, 11(1). https://doi.org/10.1186/s40793-015-0123-9
7. Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, M. del R., Rodríguez-Andrade, O., Morales-García, Y. E., Santiago-Saenz, Y., Castañeda-Lucio, M., & Muñoz-Rojas, J. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias , aislamientos en América y potencial biotecnológico. Biológicas, 17(2), 24–34.
8. Moreno Reséndez, A., García Mendoza, V., Reyes Carrillo, J. L., Vásquez Arroyo, J., & Cano Ríos, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. Revista Colombiana de Biotecnología, 20(1), 68–83. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707
9. Prasad, R., Gunn, S. K., Rotz, C. A., Karsten, H., Roth, G., Buda, A., & Stoner, A. M. K. (2018). Projected climate and agronomic implications for corn production in the Northeastern United States. PLoS ONE, 13(6), 1–20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198623
10. Torres-Calderón, S., Huaraca-Férnandez, J., Peso, D.-L., & Calderón, R.-C. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 4(1), 15–22. https://doi.org/10.4067/s0718-34292018000100123
11. Zahid, M., Kaleem Abbasi, M., Hameed, S., & Rahim, N. (2015). Isolation and identification of indigenous plant growth promoting rhizobacteria from Himalayan region of Kashmir and their effect on improving growth and nutrient contents of maize (Zea mays L.). Frontiers in Microbiology, 6(MAR), 1–11. https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00207

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324130

RECICLAJE DE FÓSFORO EN SUELOS VOLCÁNICOS DE REDUCIDA FERTILIDAD

Selene Salazar Mejia[1], Jeannette Sofía Bayuelo Jiménez[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 0935802q@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, bayuelo@umich.mx

Palabras Clave: Leguminosa, gramíneas, fósforo inorgánico, fósforo orgánico.

RESUMEN. La gestión integral de nutrientes puede reducir la demanda de fertilizantes inorgánicos y favorecer la disponibilidad de fósforo (P) mediante mineralización de los componentes orgánicos. En esta investigación se planteó la hipótesis de que la adición de residuos vegetales al suelo incrementa la disponibilidad de formas lábiles de P inorgánico (Pi) después de que sus formas orgánicas se mineralizan. Para probar esta hipótesis, se realizó un experimento durante cuatro semanas consecutivas en un suelo ácido de baja fertilidad. Los tratamientos se establecieron como un diseño de bloques al azar de parcelas divididas, considerando tres tratamientos con residuos vegetales, RV [sin residuo, con residuos de maíz y frijol] y dos profundidades de 0 a 5 y 5 a 20 cm, analizados mediante fraccionamiento Hedley P. En el suelo sin RV, las fracciones de P lábil y moderadamente lábil fueron menores que en el suelo con RV. Cuando se aplicaron los RV, la cantidad de depósitos de P lábil y moderadamente lábil en el mantillo del suelo fue mayor entre 5 a 20 cm de profundidad. En ambos perfiles, el P total estuvo representado mayormente por la forma inorgánica (50 a 82 %). Las formas lábiles de P (Bic-Pi y Bic-Po) y moderadamente lábiles (NaOH-Pi) incrementaron con la adición de RV (de 23 a 35 y de 67 a 84 mg kg-1). Sin embargo, la fracción orgánica (NaOH-Po) disminuyó, a partir de los 14 ddi, en el mantillo del suelo (0-5 cm). La adición de RV no incrementó de inmediato el P biodisponible, pero el suministro de P fue constante debido a la mineralización del Po lábil, particularmente en los primeros 5 cm. Los resultados mostraron que el suelo arable desprovisto de cobertura afecta el ciclaje de P en Andisoles y confirma el papel de la capa orgánica en la conservación y biodisponibilidad de P.

INTRODUCCIÓN. Los suelos ácidos (Andosoles) se caracterizan por niveles bajos de fósforo (P) total y disponible y por la alta capacidad de adsorción a compuestos minerales de hidro/óxidos de aluminio y hierro (Bayuelo-Jiménez et al., 2019). Las entradas de P son esenciales para aumentar y sostener la producción agrícola, aunque a menudo son inaccesibles o poco rentables para los agricultores de comunidades rurales. Además, el P aplicado al suelo entra en reacciones que gradualmente lo inmovilizan a los cultivos. La adquisición de P por las plantas rara vez excede el 20% del total de fertilizante de P aplicado así que la posibilidad de mejorar la eficiencia de P es inmensa (Maranguit et al., 2017). La clave está en utilizar genotipos eficientes en el uso de P, los cuales reciclen el nutriente eficazmente, aumenten la recuperación de P de formas menos accesibles en el suelo y promuevan el ciclaje del nutriente mediante procesos de mineralización (Damon et al., 2014). De esta manera, los sistemas agrícolas podrían incrementar la eficiencia en el uso

del recurso y reducir la adsorción del fosfato hacia acervos recalcitrantes. La comprensión de los procesos de reciclaje es crucial para diseñar sistemas e intervenciones de manejo que minimicen los flujos indeseables de P fuera del ciclo (a través de reacciones de adsorción) y maximizar los flujos de P directos a fuentes lábiles al que tengan acceso las raíces de las plantas.
La hipótesis de investigación es que los cultivos que son más eficientes para la extracción de P podrían ser capaces de absorber P de la solución del suelo en concentraciones mucho más bajas, así como movilizar menos formas de P disponibles y reciclar el P adquirido de componentes menos eficientes en sistemas de cultivo. En la primera parte de esta investigación se analizaron las diferencias en la dinámica y el reciclaje de P entre fuentes orgánicas e inorgánicas en un Andosol de la Meseta Purhépecha.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Sitio de estudio. El ensayo se realizó en el año 2024, en un suelo Andisol (Soil Survey Staff, 1999), ubicado en la localidad de Comachuén, municipio de Nahuátzen, Michoacán. La región corresponde a un ecosistema de clima templado subhúmedo, con una temperatura promedio de 19 °C. Los suelos volcánicos son moderadamente ácidos (5.2), con bajos contenidos de fósforo (< 8 mg kg-1) disponible. El suelo se obtuvo de un muestreo de 40 puntos a una profundidad de 0-5 cm y de 5-20 cm. Posteriormente, las muestras compuestas se secaron, tamizaron e incubaron por 1, 7, 14 y 28 días para cuantificar las fracciones de P en el suelo.
Material vegetal. Se utilizaron dos cultivos de cobertura como residuos vegetales, los cuales fueron seleccionados por su contenido de N (4.9 y 3.6 mg g-1) y relación C/N (13, 12) (Zea mays L (ZM) y Phaseolus vulgaris L. (PV), respectivamente. Como testigo para la comparación de las variables evaluadas se usó un suelo sin residuos (SR).
Fraccionamiento secuencial del suelo. Se utilizó el método de fraccionamiento secuencial de P (Hedley et al., 1982) para cuantificar las formas y distribución de P en el suelo, después de 14 d de incubación. En este método se utilizan diversos extractantes, los cuales separan secuencialmente cada forma de P en el suelo. El P inorgánico (Pi) lábil se extrajo con NaHCO3 0.5M (Bic-Pi). El P unido a sesquióxidos Fe/Al se separó con NaOH 0.1 M (NaOH0.1-Pi) y NaOH 0.5 M (NaOH0.5-Pi) (Hedley et al., 1982). El P unido al calcio se extrajo con HCl 1M (HCl-Pi). El P residual se obtuvo con H2SO4 + H2O2 concentrado. Con la sustracción del P residual y los extractos obtenidos con NaHCO3 0.5 M, NaOH 0.1 M y NaOH 0.5 M, se obtuvo la forma de P orgánico (Po). Se utilizaron los métodos de Murphy y Riley (1962) y Dick y Tabatabai (1977), para cuantificar el P obtenido de los extractos ácidos y alcalinos, respectivamente.
Análisis estadístico. Se implementó un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas y tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó un análisis de varianza para todas las variables de Pi y Po incluidas. Con la prueba de Tukey $P \leq 0.05$ (SAS, 2000), se probaron las diferencias entre las medias de cada una de las variables.

RESULTADOS. En general, las fracciones lábiles (Pi-resina y Pi-Bic) y moderadamente lábiles (NaOH-Pi) en ambas localidades fueron las más sensibles a la aplicación de residuos vegetales (Figura 1). Las fracciones de Po fueron, en general, estables durante las primeras dos semanas. Posteriormente, hubo variaciones significativas ocurridas solamente en los residuos de maíz (ZM) y frijol (PV) en forma de un simultáneo descenso en las concentraciones de Bic-Po. Las concentraciones de NaOH-Po se movieron en un

rango estrecho durante los primeros días y sólo se observaron diferencias significativas en la dinámica de P hasta después de 14 días.

En general, los efectos de los residuos en la distribución de las fracciones de P durante los 28 días siguieron tendencias similares entre éstos, fluyendo dentro las fracciones lábiles de Pi (Fig. 1). Las únicas formas lábiles de Po afectadas significativamente fueron las extraídas por NaOH. En términos relativos (porcentaje de P total) se observaron incrementos en Pi-Bic y fracciones de Pi-NaOH-Pi, mientras que NaOH-Po disminuyó en relación con el suelo sin residuo. Como era de esperar, la diferencia considerable en las tasas de liberación de P entre los tipos de residuos dependió de la composición inicial diferente en términos de concentración de N% y P%. Los cambios relativos en los tamaños de las formas observadas en el curso de este estudio sugieren que el P fluyó preferentemente dentro de las fuentes de Pi lábil y luego, más lentamente, dentro de las fuentes orgánicas (Po) (Takahashi & Dahlgren, 2016). Esto sugiere que, a corto plazo, el P puede ser redistribuido de las fuentes inorgánicas lábiles a fuentes inorgánicas menos lábiles a través de los procesos de reciclaje.

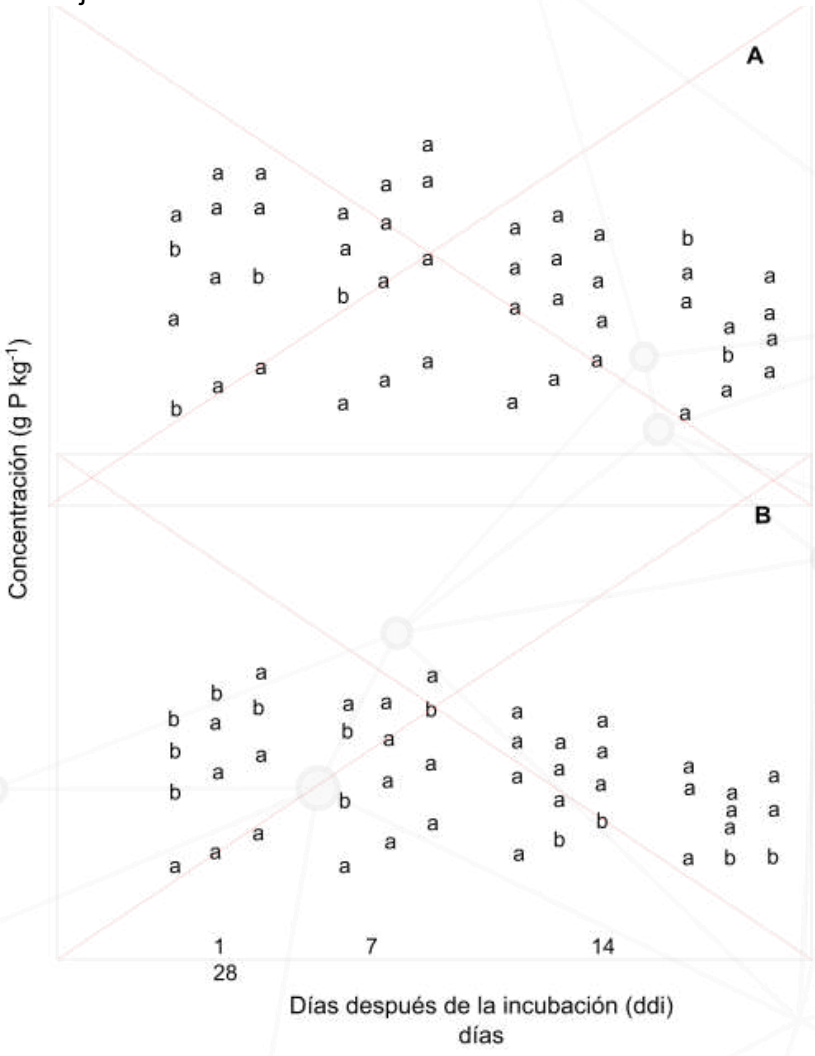


Figura 1. *Dinámica de fósforo a las profundidades evaluadas (A: 0-5 cm y B: 5-20 cm) y bajo los diferentes tipos de cobertura en el ensayo ubicado en Comachuén, Michoacán. SR: sin residuo vegetal; ZM: Zea mays L.; PV: Phaseolus vulgaris L. Las medias seguidas de diferente letra entre días difieren significativamente según la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).*

CONCLUSIONES. Los residuos vegetales

fueron importantes en el reciclaje de fósforo y constituyeron un componente crítico para el suministro de P lábil (Bic-Pi, Bic-Po) potencialmente disponible para las plantas. Otras formas de P de menor labilidad (NaOH-Pi y NaOH-Po) fueron inmovilizadas por los microorganismos del suelo y adsorbidas temporalmente a complejos minerales, pero al ser altamente reactivas a la actividad microbiana son una fuente potencial de P lábil en suelos volcánicos de uso agrícola en Michoacán. Los resultados conjuntos de este estudio implican que el tiempo de residencia de P en formas orgánicas más lábiles es muy corto y que, en consecuencia, el reciclaje de P a través de ellas sucede rápidamente.

AGRADECIMIENTOS. La presente investigación se realizó con el apoyo financiero de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Proyecto 6.1/ 2023 y del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación ICTI-PICIR23-096.

REFERENCIAS.

1. Bayuelo-Jiménez, J. S., Muraoka, T., de la Cruz-Torres, E., Quintero-Ponce, E., Paredes-Gutiérrez, L.C, y Zaman, M. (2019). Phosphorus fractions and dynamics as affected by land-use changes in the Central Mexican highlands. Soil Use and Management, 36, 240–249.
2. Damon, P. M., Bowden, B., Rose, T., y Rengel, Z. (2014). Crop residue contributions to phosphorus pools in agricultural soils: A review. Soil Biology & Biochemistry, 74, 127-137.
3. Dick, W. A., Tabatabai, M. A. (1977). Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. Journal of Environmental Quality, 6, 82-85.
4. Hedley, M. J., Stewart, J. W. B., Chauhan, B. S. (1982). Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Science Society of America Journal, 46, 970-976.
5. Maranguit, D., Guillaume, T., Kuzyakov, Y. (2017). Land-use affects phosphorus fractions in highly weathered tropical soils. Catena, 149, 385-393.
6. Murphy, J. & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in nature waters. Analytica Chimica Acta, 27, 31-36.
7. SAS Institute. 2000. SAS/SAT user´s guide: statistics. SAS Institute. Cary, NC, USA. Soil Survey Staff. (1999).
8. Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for marking and interpreting soil survey*. Agriculture Handbook 436. United Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington, D. C. United States.
9. Takahashi, T., y Dahlgren, R. A. (2016). Nature, properties and function of aluminum-humus complexes in volcanic soils. Geoderma, 263, 110-121.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324131

LA IMPORTANCIA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL CICLAJE DE NITRÓGENO EN SUELOS VOLCÁNICOS

Alexa Yarini Quinto Medina[1], Selene Salazar Mejia[1], Jeannette Sofía Bayuelo Jiménez[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2213646e@umich.mx
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 0935802g@umich.mx
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, bayuelo@umich.mx

Palabras Clave: Leguminosa, gramíneas, nitrógeno mineralizable.

RESUMEN. La aplicación de residuos vegetales como fuente de fertilización orgánica es una práctica común en sistemas agrícolas cuyos suelos ácidos limitan la disponibilidad de nutrientes esenciales como el nitrógeno (N). La estructura de los componentes orgánicos de dichos residuos, sin embargo, deben mineralizarse a la forma inorgánica para que el cultivo los aproveche. Se evaluó la cinética de liberación de N-NO3 y N-NH4 proveniente de los residuos de maíz y frijol adicionadas a un suelo ácido proveniente de Comachuén y Pomacuarán, Michoacán. El suelo se incubó a capacidad de campo y temperatura ambiente por 14 días. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres tratamientos (dos residuos orgánicos y un testigo), dos profundidades (0- 5 cm y de 5 a 20 cm) y tres repeticiones. La medición se realizó en intervalos diarios durante 8 días después de la incubación del suelo. En general, los residuos de maíz y frijol propiciaron la mineralización del N en el suelo. Independientemente de la profundidad, el suelo incubado con residuo de maíz liberó, en promedio, 21 y 20 mg·kg-1 N/NO3. Con la adición de frijol, el aporte fue menor, de 15 y 13 mg·kg-1. Las mediciones secuenciales de las concentraciones de N-mineral en el perfil del suelo de Comachuén y Pomacuarán mostraron una alta acumulación del contenido de amonio (N/NH4) a 20 cm de profundidad, siendo tres veces mayor que la forma de nitrato (N/NO3). Con la adición de residuo de maíz, la concentración de N/NH4 varió de 48 y 54 mg·kg-1 mientras que, con la adición de frijol, osciló entre 46 y 43 mg·kg-1, respectivamente. Se concluye que, la adición de residuos vegetales de maíz y frijol como fertilizantes orgánicos es una alternativa eficaz y sostenible para incrementar el ciclaje de nitrógeno en el suelo ácido y garantizar la disponibilidad continua del nutriente.

INTRODUCCIÓN. La agricultura convencional es un componente importante del sector agropecuario en Michoacán y proveedor de alimentos, materias primas y mano de obra al sector agroindustrial y de servicios (Bakhshandeh et al., 2019). Sin embargo, depende de una intensiva labranza, uso de monocultivos, alta aplicación de fertilizantes inorgánicos, uso del riego, control químico de competidores bióticos y manipulación genética de los cultivos. Este tipo de sistema productivo detona la pérdida, desaparición o desplazamiento de especies autóctonas de sus nichos ecológicos; acelera los procesos de degradación del suelo y la pérdida de los recursos hídricos mediante deforestaciones e implantación de explotaciones agrícolas y pecuarias; debilita las condiciones sociales que permiten la conservación de los recursos; propicia la desaparición de la agricultura campesina y aumenta los costos de producción y dependencia de insumos externos (Schmith et al.,

2016). Por su parte, la agricultura sostenible se basa en: i) uso de especies y cultivares más adaptados a las condiciones de producción; ii) rotación de cultivos; iii) sistemas diversificados; iv) manejo integrado de competidores bióticos de los cultivos; v) conservación de suelos y aguas mediante el manejo de los residuos de cosecha o cultivos de cobertura y labranza de conservación; y vi) la gestión integral de nutrientes e insumos, entre otros (Damon et al., 2014). En Michoacán se cuenta con una gran variabilidad de suelos, entre éstos, los suelos de origen volcánico (Andosoles), con características y cualidades que determinan la existencia de una gran diversidad biológica, lo que le confiere a su vez una amplia gama de potencialidades y aptitudes para su utilización (Krasilnikov et al., 2013), pero que, bajo condiciones de uso intensivo convencional, se han generado diferentes procesos de degradación, por lo que es necesario ofrecer opciones para su manejo sostenible. En particular, los suelos de la Meseta Purhépecha han sido sometidos a una agricultura dedicada al cultivo intensivo de aguacate, altamente mecanizados, sin medidas de conservación de suelos y la presencia de suelos susceptibles a la degradación, que ha traído como consecuencia el deterioro progresivo de sus cualidades físicas, químicas y biológicas. Los procesos de deterioro, generalmente, se evidencian con descensos en los niveles de materia orgánica y de la actividad biológica, con efectos desfavorables en la dinámica de nitrógeno (N). El deterioro de estos atributos se manifiesta con una alta pérdida de N mineral y N asimilable, lo que limita el desarrollo del cultivo (Magdoff & Van Es, 2021). Entre las alternativas de manejo sugeridas para superar las limitaciones y aprovechar las potencialidades de los suelos de esta región se destacan: i) incorporación de residuos de cosecha para aumentar los contenidos de materia orgánica y para favorecer la aireación; ii) rotación de cultivos y siembra e incorporación de abonos verdes (leguminosas), lo que permite aumentar la actividad biológica del suelo; iii) siembra directa o labranza reducida, para mantener o mejorar la estructura del suelo y vi) uso de cultivos asociados y de cobertura, lo que reduce las pérdidas de agua por evaporación (Pérez et al., 2023). Con el objetivo de evaluar sistemas de manejo mejorados con la introducción de especies vegetales de Mayor calidad como fuentes de residuos para la siembra directa del cultivo de maíz (Zea mays L.) y su efecto en la dinámica de N, se realizó un ensayo, a corto plazo, en un Andisol.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Sitio de estudio. El ensayo se realizó en el año 2024, en un suelo Andosol (Soil Survey Staff, 1999), ubicado en las localidades de Pomacuarán y Comachuén, Michoacán. La región corresponde a un clima templado subhúmedo, con una precipitación promedio anual de 1000 a 1500 mm y una temperatura promedio de 12 a 18 °C. Los suelos volcánicos son moderadamente ácidos (pH 5.2), con bajos contenidos de nitrógeno (< 40 mg kg^{-1}) y fósforo (< 8 mg kg^{-1}) disponibles.

Material vegetal. Se utilizaron dos cultivos de cobertura como residuos vegetales, los cuales fueron seleccionados por su contenido de N (4.9 y 3.6 mg g^{-1}) y relación C/N (13, 12) (*Zea mays L.* (ZM) y *Phaseolus vulgaris* L. (PV), respectivamente. Como testigo para la comparación de las variables evaluadas se usó un suelo sin residuos (SR).

Muestreo del suelo. Para la evaluación del efecto de los tratamientos de residuos vegetales sobre la dinámica de N, se realizaron muestreos en dos primeros horizontes del suelo: Mantillo (0 - 5 cm) y suelo (5 - 20 cm). Las evaluaciones incluyeron cinco etapas desde el inicio del ensayo hasta culminar los ocho días después de la incubación del suelo. En cada uno de los tratamientos, tiempo de incubación y profundidades se incluyeron tres repeticiones. Las muestras compuestas fueron inmediatamente

extractadas con KCl 1 M (Keeney y Nelson, 1982). Se determinó el contenido de nitrógeno disponible (NO_3, NH_4) usando un autoanalizador.

Análisis estadístico. Se implementó un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas y tres repeticiones por tratamiento. Se utilizó un análisis de varianza para todas las variables de nitrato y amonio. Con la prueba de Tukey $P \leq 0.05$ (SAS, 2000), se probaron las diferencias entre las medias de cada una de las variables.

RESULTADOS. Las plantas herbáceas se han utilizado tradicionalmente como coberturas que restauran la fertilidad y controlan las arvenses en sistemas de cultivo (Magdoff & Van Es, 2021). La selección de las mejores coberturas depende de las concentraciones de los nutrientes, ya que estos afectan la tasa de descomposición de la biomasa y su liberación al suelo (Poeplau & Don, 2015). La calidad de los residuos de la gramínea *Zea mays* L. (ZM) y la leguminosa *Phaseolus vulgaris* L. (PV), que se usaron como residuos vegetales en los sistemas de manejo propuestos presentaron un contenido de 4.9 y 3.6 mg g^{-1}, respectivamente. La relación C/N en frijol y maíz fue de 12 y 13. Según las relaciones C/N, los residuos son de alta calidad (Magdoff & Van Es, 2021) y, por tanto, de rápida descomposición. Sin embargo, a pesar de que la liberación de nutrientes es lenta en ambos residuos, predominan los procesos de mineralización sobre los de inmovilización. Los materiales derivados de residuos de maíz y frijol resultaron mejores para el proceso de mineralización de N. Independientemente de la profundidad, el suelo incubado con residuo de maíz liberó, en promedio, 21 y 20 mg·kg^{-1} N/NO3. Con la adición de maíz, la concentración de N/NH4 varió de 48 y 54 mg·kg^{-1} mientras que, con frijol, la concentración osciló entre 46 y 43 mg·kg^{-1} de N/NH4 (Fig. 1).

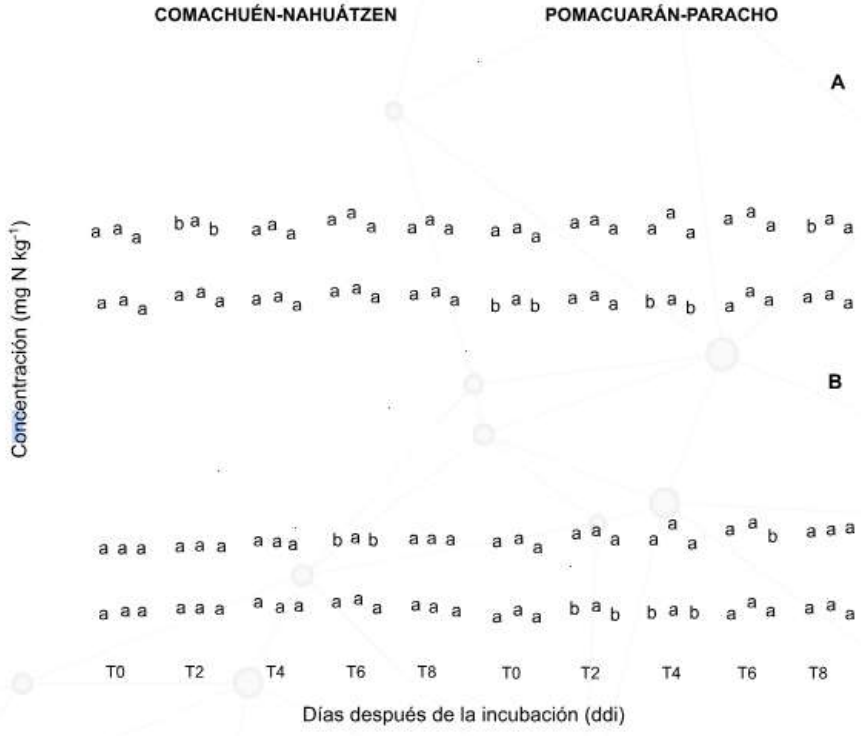


Figura 1. *Cinética del nitrógeno mineral (N/NO - y NH +) a las profundidades evaluadas (A: 0-5 cm y B: 5-20 cm) y bajo los diferentes tipos de residuos vegetales en el ensayo ubicado en Comachuén y Pomacuarán, Michoacán. SR: sin residuo vegetal; ZM: Zea mays L.; PV: Phaseolus vulgaris L. Las medias seguidas de diferente letra entre días*

La calidad de los residuos afectó la dinámica del N. Los residuos de ZM, resultaron más mineralizables que los de PV, lo que se pudo relacionar con su contenido de N. Estos resultados coinciden con lo reportado por Pérez et al. (2023). La Figura IA muestra que en la profundidad de 0 - 5 cm, el N mineral ($NH_4 + NO_3$) en ZM > PV superó ($p < 0,05$) al suelo sin residuo vegetal (RV), esto podría ser consecuencia del aporte de N al suelo, lo que promueve una cobertura más vigorosa y mayor entrada de residuos sujetos a la mineralización.

CONCLUSIONES. Los suelos ácidos de uso agrícola de Comachuén y Paracho presentan fuentes de nitrógeno inorgánico mayormente en la forma de $N\text{-}NH_4$. Independientemente de la profundidad del suelo, las formas amoniacales predominan sobre las formas de nitrato ($N\text{-}NO_3$). Además, la adición de residuos vegetales (maíz > frijol) promueve una mayor mineralización de N mineral en el suelo, lo que podría constituir una valiosa fuente de N biodisponible para el cultivo.

AGRADECIMIENTOS. La presente investigación se realizó con el apoyo financiero de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Proyecto 6.1/ 2023 y del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación ICTI-PICIR23-096.

REFERENCIAS.

1. Bakhshandeh, E., Hossieni, M., Zeraatpisheh, M., & Francaviglia, R. (2019). Land use change effects on soil quality and biological fertility: A case study in northern Iran. European Journal of Soil Biology, 95, 1-10.
2. Damon, P. M., Bowden, B., Rose, T. & Rengel, Z. (2014). Crop residue contributions to phosphorus pools in agricultural soils: A review. Soil Biology & Biochemistry, 74, 127-137.
3. Keeney DR; Nelson DW. 1982. Nitrogen—Inorganic forms. En: Page AL; Miller RH; Keeney DR, eds. Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties. Agronomy 9, Part 2. 2nd ed. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI, Estados Unidos. p 643–698.
4. Krasilnikov, P., Gutiérrez-Castorena, M. C., Ahrens, R. J., Cruz-Gaistardo, C. O., Sedov, S., & Solleiro-Rebolledo, E. (2013). The soils of Mexico. (pp. 127-129). Springer
5. Magdoff, F. & Van Es, H. (2021). Building Soils for Better Crops. Sustainable Soil Management. IV Ed, Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) Program, National Institute of Food and Agriculture, (USDA).
6. Pérez, C., Landínez-Torres, A., & Silva, A. (2023). Carbono orgánico y su dinámica en suelos tropicales: una revisión, Cultura Científica. 21. https://doi.org/10.38017/1657463X.820
7. Poeplau, C. & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment 200, 33-41.
8. Schmidt, M. W. I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I.A., Kleber, M., Kogel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, S., & Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature 478, 49–56
9. SAS Institute. 2000. SAS/SAT user´s guide: statistics. SAS Institute. Cary, NC, USA.
10. Soil Survey Staff. (1999). Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for marking and interpreting soil survey. Agriculture Handbook 436. United Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington, D. C. United States.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324133

CONTROL DEL APETITO EN UN PEZ AGÁSTRICO DE INTESTINO CORTO (ATHERINOPSIDAE): PRIMERA APROXIMACIÓN

Mitzi Ernestina Juárez Gutiérrez[1], Pamela Navarrete-Ramírez[2], Carlos Antonio Martínez-Palacios[1], María Gisela Ríos-Durán[1], Carlos Cristian Martínez-Chávez[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

2 Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT); pamela.navarrete@umich.mx

Palabras Clave: transcriptoma, orexigénicos, anorexigénicos.

RESUMEN. Las especies de teleósteos agástricos de intestino corto, como los aterinópsidos, son potenciales candidatos para la diversificación y sostenibilidad de la acuicultura regional. Sin embargo, una consideración importante para el cultivo de estas especies, es la frecuente demanda de alimento, ya que carecen de estómago e intestino largo. Los mecanismos moleculares del control del apetito en especies agástricas de intestino corto, como el pez blanco de Pátzcuaro (Chirostoma estor), se desconocen hasta el momento. En este trabajo, se realizó un análisis in silico de transcriptomas secuenciados de larvas completas y diferentes tejidos de organismos juveniles (cabeza e hígado) de C. estor, para identificar genes de péptidos reguladores del apetito. Algunos genes reguladores del apetito, como la grelina, no se expresaron en ninguno de los tres transcriptomas, lo que puede deberse a la ausencia de estómago, ya que es el principal sitio de expresión de este péptido en especies gástricas. Otros genes solo se expresaron en uno o dos de los transcriptomas, debido al tipo de tejido analizado. Algunos péptidos mostraron una expresión típica de retroalimentación con sus receptores, aunque en general, hubo variabilidad de expresión entre transcriptomas. Con los resultados obtenidos, se elaboraron dos esquemas conceptuales preliminares de la regulación del apetito (larvas y juveniles) para esta especie. La información sobre la regulación neuroendocrina del apetito en peces es escasa y difícil de comparar debido a la diversidad de especies, sus hábitos alimenticios, su configuración digestiva, diseños experimentales, etc. Por lo tanto, esta investigación generará información valiosa sobre las principales vías involucradas en la regulación del apetito de este novedoso modelo digestivo, lo cual es crucial para desarrollar estrategias de alimentación ad hoc para optimizar el cultivo de peces de esta y otras especies similares.

INTRODUCCIÓN. El pez blanco (Chirostoma estor) es una especie endémica del lago de Pátzcuaro de Michoacán, México, con una configuración digestiva particular, al ser agástrico (sin estómago) y tener un intestino corto (<1 LRI; Longitud Relativa Intestinal). Dicha configuración digestiva larval, la conserva a lo largo de toda su vida (Ross et al., 2006). Hasta donde se tiene conocimiento, no existen especies en la acuicultura comercial que mantengan esta configuración digestiva, lo que resalta la importancia de C. estor como un nuevo modelo digestivo que pudiera servir para estudios larvales en otras especies. Una consideración importante para el cultivo de este y otros aterinópsidos, así como las larvas de otros peces, es la frecuente demanda de alimento. La regulación de la alimentación puede verse influenciada por diversos factores tanto endógenos como exógenos, además

de requerir estímulo del apetito (Bertucci et al., 2019). El control del apetito en peces es un mecanismo fisiológico que está regulado por diversos péptidos que estimulan el apetito (orexigénicos) y que inhiben el apetito (anorexigénicos) así como sus receptores. Estos se producen en distintos órganos como el cerebro, pero también están involucradas otras vías de señalización periféricas y órganos (como el intestino e hígado), todos en constante retroalimentación regulando la ingesta del alimento (Rønnestad et al., 2017). Las investigaciones enfocadas al estudio del control del apetito, destacan que los cambios en la ingesta de alimento, suelen ser a través de cambios en la expresión de estos genes de los péptidos orexigénicos y/o anorexigénicos. La secuenciación de RNA (RNAseq) es una herramienta con gran potencial para los estudios de regulación alimentaria, ya que permite una aproximación a la expresión global de genes bajo un régimen alimenticio específico, así como los diversos procesos biológicos y vías de señalización asociadas (Rise et al., 2019).
Por lo tanto, esta investigación generará información valiosa sobre las principales vías involucradas en la regulación del apetito de C. estor que es un novedoso modelo digestivo, lo cual contribuirá a un manejo adecuado que permita un desempeño óptimo y rentable de ésta y otras especies de peces con características similares.

ANTECEDENTES. Se han realizado diversos estudios dirigidos al control del apetito en distintas especies de peces como el pez cebra, el pez dorado, la carpa, el fugu, entre otros; encontrando resultados variables en cuanto a la expresión de péptidos reguladores del apetito, a asociados a las características fisiológicas y hábitos de cada especie (Volkoff et al., 2010; Hoskins et al., 2012). En investigaciones recientes de C. estor, se evaluaron diferentes frecuencias alimenticias (4, 8 y 12 veces al día) en juveniles de C. estor, donde se observó que a mayor frecuencia de alimentación, los organismos presentan mayor crecimiento (70% respecto a la menor frecuencia) (Melo et al., 2023). En otra investigación, juveniles de C. estor mostraron mayor peso (66%) y longitud (17.95%) cuando se cultivaron bajo fotoperiodo de luz continua (24L:0O) (Corona-Herrera et al., 2022). Y en una tercera investigación, larvas de C. estor presentaron un mejor desempeño al alimentarse con alimento vivo (5.28 mg vs 1.66 mg) a diferencia de larvas alimentadas con alimento artificial (Juárez-Gutiérrez et al., 2021). De cada una de estas investigaciones mencionadas se tiene una base de datos transcriptómica a partir de las cuales se realizó el presente trabajo. Los resultados zootécnicos de estas investigaciones destacan la plasticidad y el desempeño (peso y longitud) logrados por C. estor en dichas circunstancias. Sin embargo, actualmente se desconocen los mecanismos moleculares detrás del control del apetito de C. estor bajo las variables ambientales y alimenticias antes mencionadas (fotoperiodo, frecuencia alimenticia y tipo de alimento). Esto resulta relevante al ser C. estor un modelo digestivo novedoso (agástrico y de intestino corto) y fisiológicamente diferente al resto de las especies evaluadas hasta el momento.

OBJETIVO. Analizar el efecto de distintas variables ambientales y alimenticias sobre la expresión de genes reguladores del apetito en un modelo agástrico de intestino corto.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó una búsqueda in silico (a través de softwares y herramientas bioinformáticas) en los diferentes transcriptomas de C. estor secuenciados en investigaciones previas bajo distintas condiciones: organismos juveniles bajo diferentes fotoperiodos, organismos juveniles alimentados con diferentes frecuencias y larvas

alimentadas con alimento vivo y artificial, para identificar péptidos orexigénicos y anorexigénicos reguladores del apetito, previamente reportados en peces y los posibles cambios en sus niveles de expresión. A través de la plataforma digital IDEAMEX (http://www.uusmb.unam.mx/ideamex/) y las matrices de conteos de abundancia de transcritos de cada transcriptoma y sus respectivos tratamientos, se determinó el nivel de expresión de cada péptido bajo las distintas condiciones.

RESULTADOS. Dentro de los tres transcriptomas analizados, se identificaron transcritos correspondientes a genes de péptidos orexigénicos como: el neuropéptido Y, la orexina, la galanina, la proteína relacionada a agoutí, la apelina, entre otros. Algunos transcritos de péptidos anorexigénicos también fueron identificados: la leptina, la colecistoquinina, el transcrito regulado por cocaína y anfetamina, la urocortina, la nucleobindina, entre otros (Fig. 1 y Fig 2).

Péptido	Nombre del transcrito	Frecuencia alimenticia (juveniles)	Fotoperiodo (juveniles)	Tipo de alimento (larva)
Apelin	Apelin receptor B Apelin receptor A Apelin	⇑ FF12 - ⇓ FF4 ⇓ FF12 - ⇑ FF4 ⇑ FF12 - ⇓ FF4	⇑ SC - ⇓ CL ⇓ SC - ⇑ CL -	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Ghrelin	N/A	-	-	-
Orexin	N/A	-	-	-
Galanin	Galanin receptor type 1 Galanin peptides Galanin receptor type 2	⇓ FF12 - ⇑ FF4 ⇓ FF12 - ⇑ FF4 -	N/E N/E -	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Secretoneurin	Secretogranin-1	- -	- ⇑ SC - ⇓ CL	
Melanin concentrating hormone	Pro-MCH Pro-MCH 2 Melanin-concentrating hormone receptor 1	-	⇑ SC - ⇓ CL - -	⇓ Rot - ⇑ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Agouti-related protein	Agouti-related protein	⇑ FF12 - ⇓ FF4	⇑ SC - ⇓ CL	⇑ Rot - ⇓ Micro
Neuropeptide Y	Pro-neuropeptide Y Neuropeptide Y receptor type 1 Neuropeptide Y receptor type 2	⇓ FF12 - ⇑ FF4 ⇑ FF12 - ⇓ FF4 -	N/E N/E N/E	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro

⇓ : Regulado a la baja (*down-regulated*)
⇑ : Regulado a la alta (*up-regulated*)
FF4: 4 alimentaciones al día; FF12: 12 alimentaciones al día; CL: Fotoperiodo de luz continua; SC: Fotoperiodo simulado control; Rot: Rotífero; Micro: Microdieta
N/A: No se encontró en el reporte de anotación
N/E: Sin expresión

Figura 1. *Expresión de péptidos orexigénicos involucrados en la regulación del apetito en juveniles y larvas de C. estor*

Péptido	Nombre del transcrito	Frecuencia alimenticia (juveniles)	Fotoperiodo (juveniles)	Tipo de alimento (larva)
Leptin	Leptin receptor	N/E	N/E	⇓ Rot - ⇑ Micro
Nesfatin-1 / Nucleobindin-2	Nucleobindin-1 Nucleobindin-2	N/E	N/E ⇑ SC - ⇓ CL	⇓ Rot - ⇑ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Spexin	Spexin	N/E	⇓ SC - ⇑ CL	⇑ Rot - ⇓ Micro
Amylin	N/A	-	-	-
Cholecystokinin	Cholecystokinin Cholecystokinin receptor type A	⇓ FA12 - ⇑ FA4 ⇑ FA12 - ⇓ FA4	⇑ SC - ⇓ CL N/E	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro
Gonadotropin-releasing hormone	Gonadotropin-releasing hormone II receptor Gonadotropin-releasing hormone II receptor	N/E	-	⇓ Rot - ⇑ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro
Melanocyte-stimulating hormone	N/A	N/E	-	⇓ Rot - ⇑ Micro
Neuromedin U	Neuromedin-B Neurotensin/neuromedin N Neuromedin-U Neuromedin-K receptor Neuromedin-S	⇓ FA12 - ⇑ FA4 N/E N/E N/E	N/E N/E N/E N/E	⇓ Rot - ⇑ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro
Octadecaneuropeptide	N/A	-	-	-
Arginine-vasotocin	[Arg8]-vasotocin receptor Vasotocin-neurophysin VT 1	N/E	N/E	⇓ Rot - ⇑ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro
Prolactin	Prolactin receptor Prolactin receptor Prolactin-releasing peptide receptor Prolactin-releasing peptide	⇓ FA12 - ⇑ FA4	⇑ SC - ⇓ CL ⇓ SC - ⇑ CL	⇑ Rot - ⇓ Micro - ⇓ Rot - ⇑ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Corticotropin-releasing factor	Corticotropin-releasing factor receptor 2 Corticotropin-releasing factor receptor 1 Corticotropin-releasing factor receptor	N/E	N/E	⇓ Rot - ⇑ Micro - ⇓ Rot - ⇑ Micro
Urocortin	Urocortin-3 Urocortin-3	N/E	N/E	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Cocaine- and amphetamine-regulated transcript	Cocaine- and amphetamine-regulated transcript protein	N/E	N/E	⇑ Rot - ⇓ Micro
Pro-opiomelanocortin	Pro-opiomelanocortin Pro-opiomelanocortin B Pro-opiomelanocortin-2	-	-	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro ⇑ Rot - ⇓ Micro
Gastrin-releasing peptide / Bombesin	Gastrin-releasing peptide receptor Gastrin-releasing peptide	N/E	-	⇑ Rot - ⇓ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro
Glucagon-like peptide	Glucagon-like peptide 2 receptor Glucagon-like peptide 1 receptor	⇓ FA12 - ⇑ FA4 ⇑ FA12 - ⇓ FA4	N/E	⇓ Rot - ⇑ Micro
Tachykinins	Protachykinin	⇓ FA12 - ⇑ FA4	⇑ SC - ⇓ CL	⇑ Rot - ⇓ Micro
Urotensins	Urotensin-2B Urotensin-2 Urotensin-2 receptor	-	-	⇓ Rot - ⇑ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro ⇓ Rot - ⇑ Micro

⇓ : Regulado a la baja (*down-regulated*)
⇑ : Regulado a la alta (*up-regulated*)
FF4: 4 alimentaciones al día; FF12: 12 alimentaciones al día; CL: Fotoperiodo de luz continua; SC: Fotoperiodo simulado control; Rot: Rotífero; Micro: Microdieta
N/A: No se encontró en el reporte de anotación
N/E: Sin expresión

Figura 2. *Expresión de péptidos anorexigénicos involucrados en la regulación del apetito en juveniles y larvas de C. estor*

Algunos péptidos reguladores del apetito no se expresaron en ninguno de los transcriptomas, como la orexina, la grelina, la amilina y el octadecaneuropéptido. En el caso puntual de la grelina, puede deberse a la ausencia de estómago de *C. estor*, ya que es el principal sitio de expresión de este péptido en especies gástricas. Otros péptidos solo se expresaron en uno o dos de los transcriptomas analizados, posiblemente debido al tipo de tejido secuenciado (hígado, cerebro y larva completa), ya que ciertos péptidos pueden mostrar baja o nula expresión dependiendo el tejido. Algunos péptidos mostraron una expresión típica de retroalimentación con sus receptores: al expresarse el receptor a la baja en una condición, el péptido correspondiente se encontró regulado a la alta. En general, la regulación de la expresión de los péptidos orexigénicos y anorexigénicos fue muy variada en cada uno de los transcriptomas (Fig. 1 y Fig. 2)

Con los resultados obtenidos *in silico*, se filtraron aquellos péptidos que mostraron expresión tanto a la alta como a la baja en cada uno de los transcriptomas analizados, así como en los tres transcriptomas en conjunto, específicamente en aquellos donde los resultados de desempeño mostraron un fenotipo de rápido crecimiento (organismos alimentados 12 veces al día, organismos mantenidos bajo fotoperiodo de luz continua y larvas alimentadas con alimento vivo). Lo anterior, permitió crear una primera aproximación a dos esquemas conceptuales (juveniles y larvas) de la regulación del apetito en esta especie (Fig. 4 y Fig. 5).

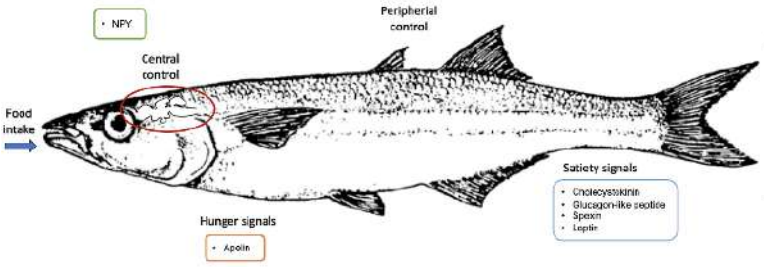


Fig. 3. *Esquema preliminar de regulación del apetito en juveniles de C. estor*

En ambos esquemas se plantea una regulación central (cerebro-hipotálamo) y una regulación periférica mediada por la interacción de péptidos orexigénicos y anorexigénicos reguladores del apetito, así como señales de hambre.

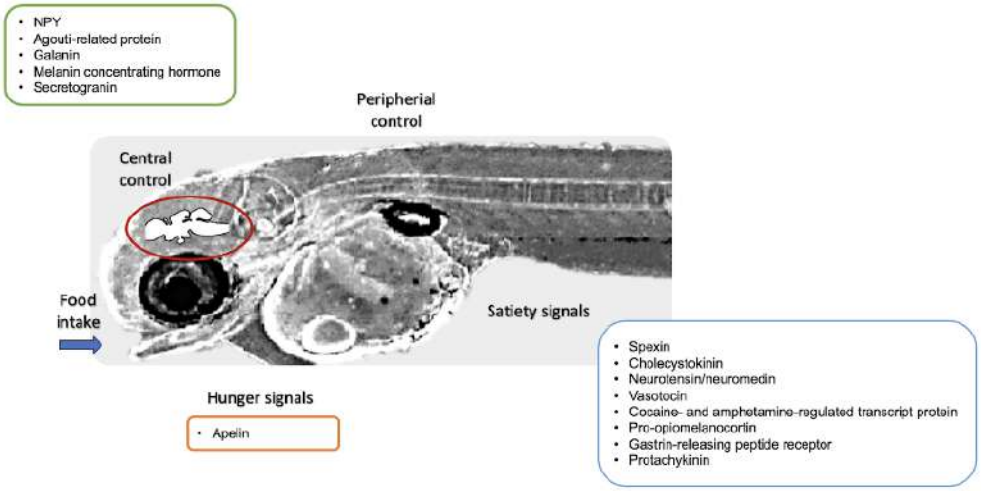


Fig. 4. *Esquema preliminar de regulación del apetito en larvas de C. estor*

La información sobre la regulación del apetito en peces es escasa y difícil de comparar debido a la diversidad de especies, sus hábitos alimenticios, su configuración digestiva, el estado fisiológico y nutricional de los organismos, la interacción y co-expresión de los péptidos, el diseño y técnicas experimentales, etc. Actualmente se están diseñando experimentos *in vivo* tomando en cuenta las fuentes de variación importantes en estudios de control del apetito para observar los cambios dinámicos en la expresión de los péptidos durante el proceso de alimentación de *C. estor*.

Esta investigación generará información valiosa sobre las principales vías involucradas en la regulación del apetito de este novedoso modelo digestivo, lo cual es crucial para desarrollar estrategias de alimentación *ad hoc* para optimizar el cultivo de peces de esta y otras especies similares.

REFERENCIAS.

1. Bertucci, J.I., Blanco, A.M., Sundarrajan, L., Rajeswari, J.J., Velasco, C., Unniappan, S. 2019. Nutrient Regulation of Endocrine Factors Influencing Feeding and Growth in Fish. Front. Endocrinol, 10, 83. doi:10.3389/fendo.2019.00083
2. Corona-Herrera, G.A., Arranza, S.E., Martínez-Palacios, C.A., Navarrete-Ramírez, P., Toledo-Cuevas, E.M., Valdez-Alarcón, J.J. y Martínez-Chávez, C.C. 2018. Experimental evidence of masculinization by

continuous illumination in a temperature sex determination teleost (Atherinopsidae) model: is oxidative stress involved?. Journal of Fish Biology. 93, 229-237. DOI: 10.1111/jfb.13651

3. Hoskins, L.J., Volkoff, H. 2012. The comparative endocrinology of feeding in fish: insights and challenges. Gen. Comp. Endocrinol, 176, 327-335. doi:10.1016/j.ygcen.2011.12.025
4. Juárez-Gutiérrez, M.E., Navarrete-Ramírez, P., de la Peña, F.A.M., Llera-Herrera, R.A., Martínez-Chávez, C.C., Ríos-Durán, M.G., Martínez-Palacios, C.A. 2021. Using nutrigenomics to evaluate microdiet performance in pike silverside larvae. Aquaculture Nutrition. 27, 1659–1670. https://doi.org/10.1111/anu.13305.
5. Melo, N., Moreira-Konig, I.F., Ríos-Durán, M.G., Navarrete-Ramírez, P., Martínez-Palacios, C.A., Solis-Murgas, L.D., Martínez-Chavez, C.C. 2023. Feeding frequency has a determinant role in growth performance, skeletal deformities, and body composition in the Mexican pike silverside (Chirostoma estor), an agastric short-intestine fish (Teleostei: Atheriniformes). Aquaculture. 562(15), https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738766
6. Rise, M.L., Martyniuk, C.J., Chen, M. 2019. Comparative physiology and aquaculture: Toward Omics-enabled improvement of aquatic animal health and sustainable production. Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics, 100603. doi:10.1016/j.cbd.2019.100603
7. Rønnestad, I., Gomes, A.S., Murashita, K., Angotzi, R., Jönsson, E., Volkoff, H. 2017. Appetite-Controlling Endocrine Systems in Teleosts. Front. Endocrinol, 8, 73. doi:10.3389/fendo.2017.00073
8. Ross, L.G., Martínez-Palacios, C.A., Aguilar Valdez, M. del C., Beveridge, C.M., Chávez Sánchez, M.C. 2006. Determination of feeding mode in fish: the importance of using structural and functional feeding studies in conjunction with gut analysis in a selective zooplanktivore Chirostoma estor Jordan 1880. Journal of Fish Biology, 68, 1782–1794. DOI:10.1111/j.1095-8649.2006.01061.x
9. Volkoff, H., Hoskins, L.J., Tuziak, S.M. 2010. Influence of intrinsic signals and environmental cues on the endocrine control of feeding in fish: potential application in aquaculture. Gen. Comp. Endocrinol, 167, 352-359. doi:10.1016/j.ygcen.2009.09.001 X

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324136

AISLAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS DE PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN BACTERIAS ENDÓFITAS DE NÓDULOS DE FRIJOL

Esmeralda Yazmin Garfias Zamora[1], Blanca Rojas Sanchez[1], Gustavo Santoyo Pizano[1]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1703153e@umich.mx, 1159358b@umich..mx, gustavo.santoyo@umich.mx

Palabras Clave: Agroecosistemas, PGPR, nódulos de frijol, biocontrol.

RESUMEN. El uso intensivo de insumos químicos ha ocasionado la pérdida de la fertilidad del suelo, por ende disminuye la producción agrícola e incrementa la vulnerabilidad de los cultivos ante fitopatógenos. Una alternativa al uso de fuentes sintéticas es la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal y para garantizar su efecto en la aplicación a los cultivos, de preferencia es necesario aislar microorganismos que sean autóctonos de los lugares donde serán aplicados. En este estudio, se aislaron bacterias endófitas de nódulos de frijol obtenidos de un modelo milpa (maíz-frijol-calabaza) ubicado en el municipio de Salvador Escalante. Los nódulos colectados fueron sometidos a un proceso de desinfección, maceración e inoculación en agar nutritivo. De 143 morfotipos bacterianos aislados, se seleccionaron tres por su capacidad de biocontrol; B2, B17 y B67 para su posterior evaluación en los parámetros de promoción; producción de sideróforos mediante la exposición a cromo-azurol-S (CAS), producción de ácido indolacético empleando el reactivo de Salkowsky y biocontrol ante la cepa fitopatógena BC1 bajo un bioensayo de cultivo dual. Los resultados mostraron un porcentaje de inhibición de 75.5, 78.9 y 73.8%, respectivamente, siendo el aislado B17 el que presentó mayor porcentaje de inhibición. Asimismo, los tres aislados resultaron ser productores de sideróforos y con respecto a la producción de ácido indol acético el aislado B2 presentó la mayor concentración, con 17.9µg/mL, seguido del aislado B67 con 15.1µg/mL y por último el aislado B17 con 5.4µg/mL. Estos resultados muestran que los tres morfotipos bacterianos seleccionados tienen efectos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal y actividad de biocontrol ante fitopatógenos, por lo que se plantea su posible aplicación en sistemas agroecológicos.

INTRODUCCIÓN. El uso excesivo de insumos químicos en los agroecosistemas ha provocado una degradación considerable del suelo y el agua, amenazando la disponibilidad de tierras fértiles y la producción de alimentos. Para contrarrestar estos efectos, las prácticas agrícolas sostenibles han emergido como una solución viable, destacándose entre ellas las enmiendas microbianas derivadas de bacterias endófitas de leguminosas, que ofrecen múltiples beneficios en la mejora del agroecosistema (De Bedout-Mora et al., 2022). Las leguminosas, con más de 750 géneros y 18,000 especies, juegan un papel fundamental en los sistemas agrícolas globales gracias a su capacidad de adaptarse a diversos climas y suelos. Además, estas plantas establecen asociaciones simbióticas con microorganismos, como los de la familia Rhizobiaceae, que incrementan la disponibilidad de nutrientes esenciales y protegen contra fitopatógenos, permitiendo el cultivo en suelos deficientes y

fomentando la sostenibilidad del agroecosistema (Vera-Loor et al., 2021). La palabra endófito deriva del griego endon (dentro) y phyton (planta) y se refiere a microbiomas que se alojan en el tejido interno de una planta (raíz, flor, tallo, frutos o semillas) y que establecen una variedad de interacciones biológicas: patógenos latentes, mutualistas, comensales, residentes temporales o saprófitos latentes con su fitohospedero (Rodríguez-Mendoza et al., 2021). Tienen la capacidad de inducir el crecimiento vegetal mediante la producción de nutrientes, fitohormonas y agentes antimicrobianos, además de fortalecer la inmunidad de las plantas frente a patógenos y estrés abiótico. Su uso como enmiendas microbianas ofrece una alternativa prometedora para reducir el uso de agroquímicos, contribuyendo así a una gestión agrícola más responsable y sostenible (Rodríguez-Mendoza et al., 2021).

ANTECEDENTES. Castro-del ángel y colaboradores (2021), evaluaron el efecto de bacterias endofíticas en la inducción de resistencia contra Rhizoctania solani y Fusarium oxysporum, dos fitopatógenos que afectan significativamente los cultivos de frijol. Los resultados mostraron que los microorganismos endofíticos promueven los mecanismos de defensa en frijol, pudiendo propiciar a la resistencia contra estos fitopatógenos (Castro de Ángel et al., 2021). Por otro lado, Rojas-Sanchez y colaboradores (2022), evaluaron los efectos de compuestos difusibles y volátiles producidos por cuatro endófitos bacterianos de Bacillus sobre del crecimiento de plántulas de tres variedades de zarzamora (Rubus subgénero Eubatus). De manera general, los resultados mostraron que las bacterias endófitas de Bacillus spp. promovieron diferencialmente el crecimiento de plántulas de los cultivares de zarzamora (Rojas-Sánchez et al., 2022). De igual manera, Barboza-García y colaboradores (2023), evaluaron la actividad promotora de crecimiento vegetal de bacterias endófitas aisladas de cultivos de arroz (Oryza sativa L.). En este trabajo se evaluó cualitativamente la capacidad de fijación de nitrógeno, solubilización de fosfato y producción de sideróforos. De 107 morfotipos bacterianos aislados, seleccionaron 22 , de los cuales 11 mostraron tener capacidad de solubilizar fosfato, 6 de producir sideróforos y 5 de fijar nitrógeno. Adicionalmente secuenciaron, comprobando la identidad de Bacillus cereus y B. thuringiensis, los cuales tienen la capacidad de promover el crecimiento en cultivo de arroz mediante estos mecanismos de acción (Barboza-García et al., 2023).

OBJETIVO. Aislar y evaluar los mecanismos de promoción del crecimiento vegetal en bacterias endófitas de nódulos de frijol obtenidos de un modelo milpa (maíz-frijol-calabaza).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material biológico. Se recolectaron de forma aleatoria plantas de frijol criollo obtenidos de un modelo milpa (maíz-frijol-calabaza) ubicado en el municipio de Salvador Escalante. Se tomaron los nódulos de la raíz para el llevar a cabo el aislamiento de bacterias endófitas.

Aislamiento de bacterias endófitas de nódulos de frijol. Se desinfectaron los nódulos y se colocó 1g de estos en un mortero de porcelana estéril. Se maceraron las muestras con agua destilada estéril hasta homogenizar la mezcla. Cada homogenizado se colocó en medio nutritivo y se incubaron a 30°C por 24 horas. Se seleccionaron las colonias que se distinguían en cuanto a forma, aspecto de la superficie, color y tamaño. Los aislados se purificaron y fueron mantenidos en agar nutritivo.

Evaluación de los mecanismos de promoción del crecimiento vegetal. Producción de ácido indolacético. La producción de ácido indolacético se determinó utilizando el Reactivo de Salkowsky. Las muestras se dejaron incubar por 30 minutos con el reactivo de

Salkowsky, el cual en presencia de indoles adquirió una coloración fucsia, que indica la presencia de AIA. La cuantificación de AIA producido se realizó midiendo la absorbancia a una longitud de onda de 530nm. Las lecturas obtenidas se compararon con una curva patrón de AIA, que se construyó usando AIA a diferentes concentraciones: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50 y 60 µg/mL de AIA.

Producción de sideróforos. La producción de sideróforos se determinó mediante el medio cromo-azurol-S (CAS). La capacidad de las bacterias para producir sideróforos fue evidenciada por la formación de un halo transparente alrededor de cada una de las colonias. Esta prueba se hizo por triplicado.

Evaluación de los mecanismos de control biológico de fitopatógenos fúngicos in vitro.Se empleo la metodología de cultivo dual. Las cepas bacterianas se colocaron en cajas de Petri con agar nutritivo y papa-dextrosa (50-50 %) y discos de 6mm de micelio de cada patógeno por separado. Se colocó un control positivo del cada hongo. Cada bioensayo se puso por triplicado.

Análisis estadísticos. Los resultados se analizaron con ANOVA seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p<0.05$) utilizando el programa estadístico GraphPad.

RESULTADOS.

Determinación cualitativa y cuantitativa de la producción de ácido indolacético. Los resultados de la determinación cualitativa, mostraron una reacción positiva para las tres cepas: B2, B17 y B67 con un cambio de color fucsia que nos indica presencia de indoles. Para la determinación cuantitativa, se obtuvo que el aislado B2 presentó la mayor concentración, con 17.9µg/mL, seguido del aislado B67 con 15.1µg/mL y por último el aislado B17 con 5.4µg/mL. Los resultados se resumen en la **tabla 1** y se ilustra en la **imagen 1**.

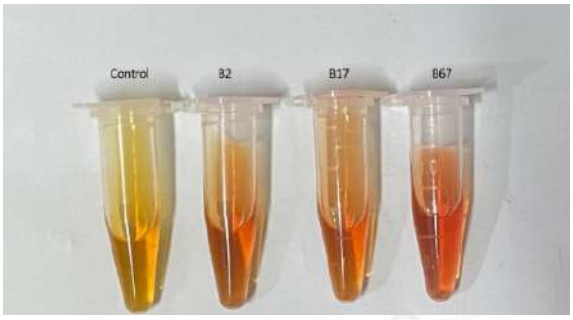


Imagen 1. *Determinación cualitativa mediante el reactivo de Salkowsky.*

Tabla 1. Producción de ácido indolacético por cepas endófitas bacterianas.

Aislados	Método cualitativo	Concentración de AIA (µg/mL)
Control	-	0
B2	+	17.9
B17	+	5.4
B67	+	15.1

Determinación de la producción de siderófos en medio CAS. El hierro es un nutriente esencial para las plantas porque actúa como cofactor en varias enzimas esenciales de procesos fisiológicos importantes, como la respiración, la fotosíntesis y la fijación de nitrógeno. Las tres cepas seleccionadas produjeron sideróforos (B2, B17 y B67) con respecto al control *P. fluorescens* UM270, tal y como se muestra en la **imagen 2.**



Actividad antagónica sobre hongos fitopatógenos *in vitro*. De los aislados bacterianos evaluados, B2, B17 y B67 mostraron un mayor porcentaje de inhibición de crecimiento de la cepa fitopatógena BC1. Los resultados mostraron un porcentaje de inhibición de 75.5, 78.9 y 73.8%, respectivamente, siendo el aislado B17 el que presentó mayor porcentaje de inhibición. En la **gráfica 1** se muestra el crecimiento radial de la cepa BC1 y se representa con la **imagen 3**.

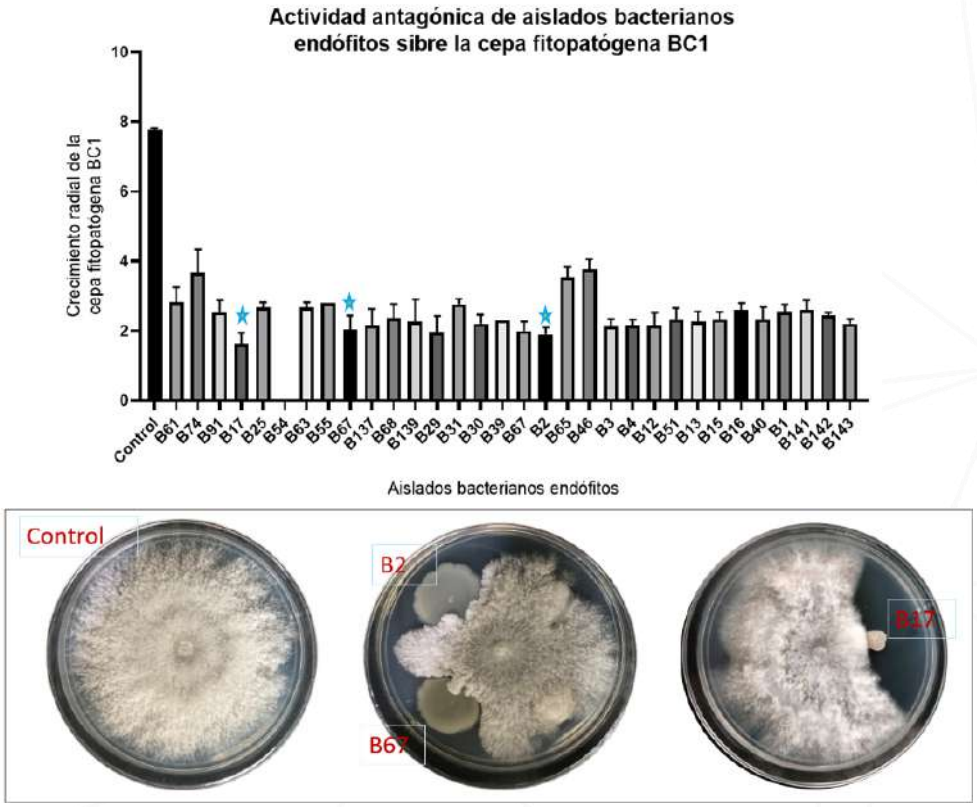


Imagen 3. *Actividad antagónica in vitro de aislados bacterianos endófitos sobre la cepa fúngica BC1.*

CONCLUSIONES. Este trabajo demuestra que las bacterias endófitas de nódulos de frijol presentan diversos mecanismos de promoción del crecimiento vegetal y de control biológico, siendo candidatos promisorios para su estudio y aplicación en sistemas agroecológicos.

REFERENCIAS.

1. Barboza-García, A., Pérez-Cordero, A., & Chamorro-Anaya, L. (2023). Bacterias endófitas aisladas de cultivo de arroz (Oryza sativa L.) con actividad promotora de crecimiento vegetal. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial, 21(1), 28–38. https://doi.org/https://doi.org/10.18684
2. Castro de Ángel, E., Hernández-Castillo, F. D., Gallegos-Morales, G., & Ochoa-Fuentes, Y. M. (2021). Actividad antifúngica de bacterias endófitas para el control de Fusarium verticillioides en maíz. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8(2), 9. https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2790
3. De Bedout-Mora, M., Laura, Solis-Ramos, Y., Valverde-Barrantes, O., & Rojas-Jiménez, K. (2022). Capacidad de nodulación en especies forestales leguminosas (Fabaceae) según su filogenia y características morfológicas. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 19(45), 8. https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i45.6315
4. Rodríguez-Mendoza, C. A., Hernández, L. R., Pérez-Armendáriz, B., & Juárez, Z. N. (2021). Bacterias y hongos endófitos de la familia Cactaceae y sus aplicaciones. TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas, 24, 1–14. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.328
5. Rojas-Sánchez, B., Santoyo, G., Delgado-Valerio, P., & Rocha-Granados, M. D. C. (2022). Bacillus spp. ENDÓFITOS PROMUEVEN DIFERENCIALMENTE EL CRECIMIENTO DE TRES VARIEDADES DE ZARZAMORA (Rubus subgénero Eubatus). Bioagro, 34(2), 99–110. https://doi.org/http://www.doi.org/10.51372/bioagro342.1
6. Vera-Loor, M. A., Bernal-Cabrera, A., Vera-Coello, D., Leiva-Mora, M., Rivero-Aragón, A., & Lisbeth, M. D. de V. (2021). ÁRBOL FILOGENÉTICO Y DIVERSIDAD DE BACTERIAS ENDÓFITAS ASOCIADAS A Theobroma cacao L. EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS, ECUADOR. Bioagro, 33(3), 223–228. https://doi.org/10.51372

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324138

PROMOCIÓN DE PRIMORDIO DE RAÍZ DE PINO USANDO NANOMATERIALES DE CARBONO

Juan Luis Ignacio-De la Cruz[1], Francisco Gabriel Granados Martínez[2], David Ricardo Poiré-De la Cruz[3], Juan Manuel Sánchez-Yáñez[4], Lada Domratcheva Lvova[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.ignacio@umich.com

2 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; 1231893h@umich.com

3 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; 1920697h@umich.com

4 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; syanez@umich.com

5 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; lvova@umich.com

Palabras Clave: Esferas de carbono, pino, crecimiento vegetal.

RESUMEN. Los avances en la nanotecnología son esenciales para abordar problemas a los que se enfrenta el sector agrícola y forestal, como el crecimiento de plántulas y la eficiencia de nutrientes, dado que nanomateriales de carbono (NMC) presentan una gran área de superficie o alta capacidad de absorción. El objetivo de esta investigación fue inducir la promoción de primordio de raíz de pino tratado con NMC in vitro. El experimento se realizó en condiciones controladas bajo un diseño experimental de bloques al azar con un control, un tratamiento y cinco repeticiones, evaluados mediante las variables de repuesta: días de emergencia, porcentaje de germinación y longitud del primordio de raíz. Los datos experimentales se validaron con ANOVA/Tukey ($p<0.05$). Los resultados mostraron un 70% de germinación a los 9 días, cuando las semillas de pino fueron tratadas con 10 ppm de NMC y agua desionizada estéril (ADE). Así como un primordio de raíz más largo. Datos numéricos que presentaron diferencia estadística con respecto al control absoluto, es decir, las semillas de pino irrigadas solo con ADE. Lo anterior indica, que la concentración de 10 ppm de NMC es suficiente para promover la raíz primaria del pino. Por lo que se concluye, los NMC pueden ser una opción de aplicación en semillas forestales nativas de Michoacán.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, la nanotecnología en el sector agrícola ha proporcionado novedosas herramientas para abordar problemas en los cultivos vegetales a través de nanofertilizantes, nanoplaguicidas y nanosendores, que permiten el crecimiento sano de los cultivos, así como un aumento en el rendimiento. Actualmente existen distintos tipos de nanomateriales, los cuales pueden ser de carbono (NMC) u metales. Dentro de los NMC más estudiados se encuentra el grafeno, los fullerenos, los nanotubos de pared simple (SWCNT) y de pared múltiple (MWCNT), que tienen características únicas y destacadas, como mecánicas, físicas y químicas que los hacen competitivos en el sector agrícola (Marchiol et al., 2020; Ray et al., 2020).

ANTECEDENTES. Autores como González-García et al., 2019 y Verma et al., 2019, reportan que distintos NMC tienen efectos benéficos en los cultivos vegetales, pues influyen en el aumento de la germinación, o bien, incrementar la capacidad a la tolerancia al estrés

biótico y abiótico. Otros como Abd-Elsalam et al., 2020, indican que algunos NMC, pueden llegar a generar efectos negativos como inhibir el crecimiento de las plántulas. Por lo que, en el presente trabajo se propuso usar NMC para inducir el primordio de raíz de pino en condiciones controladas.

OBJETIVO. Inducir la promoción de raíz de pino tratado con nanomateriales de carbono (NMC) in vitro.

MATERIALES Y MÉTODOS. En este experimento se utilizaron semillas de Pino, las cuales al inicio fueron escarificadas mecánicamente con unas tijeras estériles, luego se lavaron con agua potable estéril. Posteriormente, las semillas se desinfectaron por inmersión con NaClO al 5% (v/v) y se enjuagaron seis veces con agua potable estéril, después se desinfectaron con etanol al 70% (v/v) y se enjuagaron seis veces con agua potable estéril. Enseguida, por cada 10 semillas de Pino, se trataron con 10 ppm de NMC sintetizadas de acuerdo a lo señalado por Ignacio-De la Cruz et al., 2023. Después, las semillas fueron colocadas sobre papel secante y algodón en cajas de Petri de cristal esterilizadas a 120°C/15 min. El experimento se realizó en condiciones controladas bajo un diseño experimental de bloques al azar con un control, un tratamiento y cinco repeticiones, evaluados mediante las variables de repuesta: días de emergencia, porcentaje de germinación y longitud del primordio de raíz. Los datos experimentales se validaron con ANOVA/Tukey ($p<0.05$) con el programa estadístico Statgraphics Centurion.

** Pino*	Agua desionizada estéril	NMC (10 ppm)
Control absoluto	+	-
Tratamiento	+	+

Tabla 1. *Diseño experimental para inducir la promoción de raíz de pino tratado con NMC in vitro.*
*Número de repeticiones (n) = 5; nanomateriales de carbono (NMC); agregado (+); no agregado (-).

RESULTADOS.

** Pino*	Emergencia (días)	Germinación (%)
Irrigado con ADE (control absoluto)	13^{b**}	55^{b}
Con 10 ppm de NMC y ADE (Tratamiento)	9^{a}	70^{a}

Tabla 2. *Días de emergencia y porcentaje de germinación de semillas de pino tratado con NMC in vitro.*
*n = 5; **letras distintas indican diferencia estadística de acuerdo con ANOVA/Tukey ($p<0.05$).

En la tabla 2, se muestra que las semillas de pino con 10 ppm de NMC y ADE, registraron hasta un 70% de germinación a los 9 días, valores con diferencia estadística con respecto a las semillas de pino sin tratar con los NMC, solo irrigadas con el ADE (control absoluto), que alcanzaron el 55% en 13 días.

** Pino*	Primordio de raíz (cm)
Irrigado con ADE (control absoluto)	2.1^{b}
Con 10 ppm de NMC y ADE (Tratamiento)	3.5^{a}

Tabla 3. *Primordio de raíz de pino tratado con NMC in vitro a los 15 días.*
*n = 5; **letras distintas indican diferencia estadística de acuerdo con ANOVA/Tukey ($p<0.05$).

En la tabla 3, se muestra que el primordio de raíz a los 15 días de pino tratado con las 10 ppm de NMC y el ADE, registró 3.5 cm, valor estadísticamente diferente comparado con el primordio radical de pino usado como control absoluto, que alcanzó los 2.1 cm.

CONCLUSIONES. La estrategia presentada en esta investigación puede ser una opción para que semillas forestales nativas del Estado pudiesen ser tratadas con NMC para inducir un sistema radical en menor tiempo.

AGRADECIMIENTOS. A la Coordinación de la Investigación Científica y a la División de Estudio de Posgrado de la Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Madera de la UMSNH. Así como al CONAHCYT, México. A la Coordinación de la Investigación Científica y a la División de Estudio de Posgrado de la Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Madera de la UMSNH. Así como al CONAHCYT, México.

REFERENCIAS.

1. Marchiol, L., Iafisco, M., Fellet, G., & Adamiano, A. (2020). Nanotechnology support the next agricultural revolution: Perspectives to enhancement of nutrient use efficiency. Advances in agronomy, 161, 27-116.
2. Ray, S. S., Gusain, R., & Kumar, N. (2020). Carbon nanomaterial-based adsorbents for water purification: Fundamentals and applications. Elsevier.
3. González-García, Y., López-Vargas, E. R., Cadenas-Pliego, G., Benavides-Mendoza, A., González-Morales, S., Robledo-Olivo, A., ... & Juárez-Maldonado, A. (2019). Impact of carbon nanomaterials on the antioxidant system of tomato seedlings. International Journal of Molecular Sciences, 20(23), 5858.
4. Verma, S. K., Das, A. K., Gantait, S., Kumar, V., & Gurel, E. (2019). Applications of carbon nanomaterials in the plant system: A perspective view on the pros and cons. Science of the Total Environment, 667, 485-499.
5. Abd-Elsalam, K. A., Kasem, K., & Almoammar, H. (2020). Carbon nanomaterials (CNTs) phytotoxicity: Quo vadis?. In Carbon Nanomaterials for Agri-Food and Environmental Applications (pp. 557-581). Elsevier.
6. Ignacio-De la Cruz, J. L., Granados-Martínez, F. G., Sánchez-Yañez, J. M., la Cruz, D. R. P. D., Flores-Ramírez, N., Hernández-Cristóbal, O., & Domratcheva-Lvova, L (2023). The use of carbon spheres to enhance the beneficial activity of *Bacillus thuringiensis* and *Micromonospora echinospora* in the germination of *Prosopis glandulosa*. Journal of Chemical Technology & Biotechnology.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324139

EFECTO DE LA DEFICIENCIA DE NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO DE TRIGO EN UN INTERCULTIVO CON LENTEJAS NODULADAS

Francisco Javier Campos Mendoza[1], Vicente Montejano Ramírez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Instituto de Investigaciones Químico Biológicas 1700143a@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Instituto de Investigaciones Químico Biológicas 0678380c@umich.mx

Palabras Clave: Nodulación, deficiencia de nitrógeno, fertilizantes, intercultivo.

RESUMEN. La gestión de nitrógeno (N2) es un proceso vital en la producción de cultivos agrícolas, debido a que la deficiencia de este genera pérdidas en la producción. A fin de hacer frente a la deficiencia de dicho macronutriente se usan fertilizantes nitrogenados. Debido al impacto ambiental generado por los fertilizantes, es necesario buscar alternativas para suplir las necesidades biológicas de N2 en plantas de interés agrícola. Los intercultivos de gramíneas con leguminosas son una alternativa para mejorar la captación de N2 debido a que estas últimas interactúan con bacterias del género Rhizobium, que participan en la formación de nódulos. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la deficiencia de nitrógeno sobre el crecimiento y nodulación en un intercultivo trigo-lenteja. Las plantas fueron regadas con una solución nitrogenada (N+) y en ausencia de nitrógeno (N-). El experimento se mantuvo en una cámara de crecimiento a 24°C, 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. Transcurridos 15 días, se midieron los siguientes parámetros: Longitud del brote, longitud de raíz, peso del brote, clorofila, peso de la raíz, numero de raíces, numero de raíces laterales, numero de nudos, numero de hojas, numero de nódulos y numero de nódulos rosas. Los resultados mostraron que el intercultivo trigo-lenteja N- mostró un notable aumento en la longitud de la raíz y nódulos rosas, así como en el número de raíces laterales, mientras que el intercultivo trigo-lenteja N+ tuvo un mayor efecto sobre la longitud y peso del brote. Con estos resultados se concluye que la presencia de un intercultivo trigo-lenteja mejora el crecimiento de ambas plantas y genera un aumento en la producción de nódulos en lenteja y en el número de nódulos rosas lo cual conlleva a una mayor resistencia al estrés de deficiencia de nitrógeno.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años los avances tecnológicos aplicados a la agricultura han conseguido aumentar la producción de los principales productos agrícolas consiguiendo una tasa superior al aumento de la población mundial. Actualmente, se estima que el arroz, maíz y trigo consumen más del 90% de todos los fertilizantes nitrogenados que se aplican a los cereales (Fathi, 2022). El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de todos los organismos pues es vital para la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares. En la atmosfera el N ocupa el 80% existiendo en su forma diatómica (N2). Este elemento es el mineral más usado en la fertilización agrícola y su consumo se incrementó en un 36% en los últimos veinte años. (Cárdenas et al., 2004). La deficiencia de N afecta el crecimiento de las plantas, su fotosíntesis y la producción. Sin embargo, a pesar de que los fertilizantes nitrogenados han sido uno de los principales

promotores del aumento en la agricultura actual, su aplicación implica riesgos de contaminación como la lixiviación del Nitrógeno no absorbido hacia aguas subterráneas, la degradación de la calidad del suelo por salinidad (ensalitramiento) y un incremento en los costos de producción. Además de que el consumo excesivo de N reduce la calidad de los cultivos (Fathi, 2022).) Siendo así una tecnología que puede proporcionar grandes beneficios cuando es utilizada moderadamente, sin embargo, cuando esta es usada de forma indiscriminada puede causar grandes daños al medio ambiente y también pérdidas económicas. Ante esta situación surge la necesidad de buscar tecnologías que puedan ser alternativas para suplir las necesidades biológicas de N2 en plantas de interés agrícola. Una de estas alternativas es implementar los intercultivos de gramíneas con leguminosas debido a que estas últimas interactúan con bacterias del género Rhizobium, que participan en la formación de nódulos los cuales ayudan a mejorar la captación de N2. El sistema de intercultivo se define como individuos de al menos dos especies diferentes en proximidad cercana y en crecimiento simultaneo, lo que confiere una mayor interacción interespecífica y diversidad de cultivos. (Adriazola et al., 2019)

ANTECEDENTES. En las plantas existen diecisiete elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo y el más importante de ellos es el nitrógeno debido a que se encuentra en mayor proporción, de 1 a 3% con respecto a su materia seca, dependiendo de la especie, etapa fenológica, del órgano, etc. (Cárdenas et al., 2004) Las funciones del Nitrógeno en las plantas son de tipo estructural como la síntesis de moléculas esenciales para el crecimiento como es el caso de los ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, clorofilas y alcaloides. Además, tiene funciones de tipo osmótico asociada al efecto del ion nitrato y a otras formas reducidas del Nitrógeno en la reducción del potencial hídrico en el proceso de osmorregulación (Hopkins, 1995). La deficiencia del nitrógeno estimula la competencia por la obtención de este elemento en la planta, daña la formación de los órganos reproductivos, demora la fenología de las plantas, reduce el rendimiento de granos y retrasa la velocidad de asimilación pura, además de acelerar la senescencia de las hojas (Fathi, 2022). Sin embargo, no solo la deficiencia del nitrógeno causa daños a la planta, también el uso excesivo y prolongado de estos produce un efecto negativo en el crecimiento y producción de los cultivos. (Fathi, 2022). Además, el exceso de N que no puede ser absorbido entra al agua o a la atmósfera, lo que provoca una grave contaminación ambiental (Li et al,.2024). Actualmente los fertilizantes nitrogenados han sido uno de los principales promotores del aumento en la agricultura actual, se estima que el arroz, maíz y trigo consumen más del 90% de todos los fertilizantes nitrogenados que se aplican a los cereales (Fathi, 2022). Los cereales son uno de los alimentos más importantes y cuya producción se estima que deberá incrementarse a 1x106 millones de toneladas anuales para 2025 (Rojas et al, 2020). El trigo es un cultivo crucial y de gran interés a nivel mundial debido su aporte calórico y proteico y su excelente fuente de micronutrientes. Dada esta relevancia, la utilización de fertilizantes nitrogenados desempeña un papel fundamental para garantizar su rendimiento y calidad (Li et al,.2024). A pesar de que el Nitrógeno es el elemento más abundante de los gases (70% volumétricamente), la forma en la que se encuentra no puede ser aprovechado por las plantas ya que principalmente en la atmósfera se encuentra en su forma diatómica (N2) y las plantas lo absorben mediante las raíces en forma de iones nitrato (NO3-) y amonio (NH4+). Esta absorción en el trigo se da a través de dos sistemas de transportes diferentes: transportador de amonio (AMT) y transportador de nitrato (NRT) los cuales transportan el nitrógeno al brote de la planta (Li et al,.2024). La fijación del nitrógeno es la oxidación o reducción del nitrógeno para dar amonio u óxidos en

donde el nitrógeno atmosférico es convertido a formas metabolizadas que puedan ser incorporadas. Existen dos tipos de fijación del nitrógeno: abiótica y biológica. La primera abarca los procesos químicos espontáneos en donde se forman óxidos. Un ejemplo de esta sucede en las descargas eléctricas o mediante la oxidación producida por los rayos. Mientras que la fijación biológica la realizan algunos organismos como las bacterias que aprovechan el nitrógeno presente en el aire formando nódulos, los cuales son estructuras que resultan de la simbiosis entre la planta y la bacteria (García, 2011). Esta relación proporciona beneficios tanto para la planta con la fijación de nitrógeno, como para la bacteria que obtiene acido málico en su forma ionizada, el cuál está implicado en ciclo de Krebs y además la bacteria obtiene refugio dentro de la planta Entre las plantas simbiontes están las leguminosas (Fabaceas) las cuales tienen un papel importante en la alimentación humana, ya que proporcionan alimento con altos valores nutrimentales como las lentejas. (García, 2011). Las lentejas (lens culinaris) representa un cultivo con un alto valor nutritivo en México, se siembra en aproximadamente 8 550 ha con un rendimiento total de 8 931 t y Michoacán es el principal productor con 93% de la producción nacional (Sáenz, 2022). Los intercultivos y en específico los de tipo trigo-lenteja surgen como una de las potenciales estrategias que disminuyan la incidencia causada por los excesos en el uso de los fertilizantes nitrogenados, puesto que este modelo de cultivos mejora la eficiencia del uso del suelo, mantiene naturalmente la fertilidad del suelo, reduce el riesgo de enfermedades, incidencia de plagas y reduce las pérdidas de nitrógeno. También esta interacción reduce la aparición de malezas por la alta competitividad del trigo con los recursos que están disponibles (Bedoussac et al., 2014).

OBJETIVO. Evaluar el efecto de la deficiencia de nitrógeno sobre el crecimiento de trigo (triticum durum) en un intercultivo con lentejas noduladas (lens culinaris).

MATERIALES Y MÉTODOS. Material vegetal.
Para el ensayo se utilizaron semillas de trigo *(Triticum durum*) variedad cristal. También se utilizaron semillas de lenteja (lens culinaris).
Desinfección de semillas. Las semillas de trigo y lenteja fueron seleccionadas y posteriormente se realizó una desinfección con cloro de marca comercial Cloralex en agitación durante 4 y 3 minutos respectivamente. Posteriormente se realizaron 6 lavados con agua desionizada estéril. Una vez desinfectadas las semillas de lentejas se dejaron en una suspensión bacteriana con *Rhizobium leguminosarum* (*UMER 8*) a una densidad óptica de 0.1 de Abs y las semillas de trigo en agua desionizada estéril. Ambas semillas se conservaron en oscuridad durante 24 horas.
Germinación. Pasadas las 24 horas las semillas fueron colocadas en cajas Petri con sanitas estériles para posteriormente ser almacenadas en una cámara de crecimiento a 24°C, 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad durante 4 días.
Establecimiento del intercultivo trigo-lenteja. Después de los 4 días de germinación, se colocaron 6 semillas en macetas con sustrato estéril (pet moss) en surcos intercalados. Los tratamientos fueron: trigo-lenteja en ausencia de nitrógeno (N-), trigo-lenteja con presencia de nitrógeno (N+), lenteja en ausencia de nitrógeno (N-) y en presencia (N+) además de trigo en presencia de Nitrógeno (N+) y en deficiencia de nitrógeno (N-). Una vez terminado de montar el intercultivo trigo-lenteja se inocularon las lentejas con 1 ml de Rhizobium leguminosarum (UMER 8) a una densidad óptica de 0.1 de Abs. Posteriormente las macetas fueron llevadas a una cámara de crecimiento a 24°C, 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad durante 15 días.

Medición de parámetros. Transcurridos 15 días, se midieron los siguientes parámetros: Longitud del brote, longitud de raíz, peso del brote, clorofila, peso de la raíz, numero de raíces, numero de raíces laterales, numero de nudos, numero de hojas, numero de nódulos y numero de nódulos rosas.

Análisis estadísticos. Los resultados fueron analizados usando un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y una prueba Duncan para comparaciones múltiples ($p<0.05$). Los parámetros de crecimiento fueron evaluados en 9 réplicas biológicas.

RESULTADOS. Los resultados mostraron que el intercultivo trigo-lenteja N- presentó un notable aumento en la longitud de la raíz, nódulos rosas y en el número de raíces laterales, mientras que el intercultivo trigo-lenteja N+ tuvo un mayor efecto sobre la longitud y peso del brote. (Tabla 1)

Parámetros de crecimiento de lenteja

Tratamiento	Longitud de raíz (cm)	Numero de raíces laterales	Nódulos	Nódulos rosas	Longitud del brote	Peso del brote
LTN+	11.0222±0.8498 b	17.3333±2.4324 a	6.2222±1.3752 b	0 ± 0 c	19.8±0.6429 a	0.2492±0.0130 a
LTN-	14.8333±1.0214 a	15.5± 1.7546 a	15.4444±1.5619 a	7.7777 ± 0.67357 a	20.7888±0.4563 a	0.2285±0.0100 a
LN+	11.0333±0.8206 b	13.5555±1.6901 a	3.1111±0.4664 b	0.1111± 0.0962 c	20.4555±0.5389 a	0.2732±0.0129 a
LN-	15±1.5347 a	15.4444±1.5214 a	13.4444±1.0115 a	4.7777 ± 1.3752 b	19.9666±0.4180 a	0.2219±0.0071 a

Parámetros de crecimiento de trigo

Tratamiento	Longitud de raíz (cm)	Numero de raíces laterales	Nódulos	Nódulos rosas	Longitud del brote (cm)	Peso del brote (gr)	Numero de raíces
TLN+	19.3666±1.5653 a	51.6666±2.2267 ab	-	-	22.2666±0.4782 a	0.1887±0.0078 a	6.5555±0.1521 a
TLN-	21.2888±0.9997 a	59±3.4580 a	-	.	17.9111±0.5519 b	0.1261±0.0050 b	5.1111±0.3042 b
TN+	14.2222±1.0424 b	43±1.8142 c	-	-	21.2222±0.6324 a	0.1820±0.0084 a	6.1111±0.3042 a
TN-	19.9±1.4434 a	45.1111±1.9655 b	-	-	17.9111±0.5756 b	0.1287±0.0117 b	4.8888±.03042 b

Tabla 1. *Parámetros de crecimiento evaluados en el intercultivo trigo-lenteja*

CONCLUSIONES. El intercultivo trigo-lenteja N- mostró un notable aumento en los nódulos y nódulos rosas, así como un incremento en el número de raíces laterales. En el intercultivo trigo-lenteja N+ se mostró un mayor efecto sobre la longitud y peso del brote. Con estos resultados se concluye que la presencia de un intercultivo trigo-lenteja mejora el crecimiento de ambas plantas y genera un aumento en la producción de nódulos en lenteja y en el número de nódulos rosas lo cual conlleva a una mayor tolerancia al estrés cuando existe una deficiencia de nitrógeno.

REFERENCIAS.

1. Adriazola Cerda, F. I., Cabeza Pérez, R. A., & Méndez Espinoza, A. M. (2019). Efecto del cultivo intercalado de trigo (Triticum aestivum L.) y lenteja (Lens culinaris) sobre la absorción de nitrógeno (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.).
2. Bedoussac, L., Journet, E., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Prieur, L., Jensen, E. and Justes, E. 2014. Page 77 in: Organic farming, prototype for sustainable agricultures: Prototype for sustainable agricultures. Edited by Bellon, S. and Penvern, S. Springer Science & Business. France. 489p.
3. Cárdenas-Navarro, R., Sánchez-Yáñez, J. M., Farías-Rodríguez, R., & Peña-Cabriales, J. J. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. Revista Chapingo Serie Horticultura, 10(2), 173-178.
4. Fathi, A. (2022). El rol del nitrógeno (N) en el crecimiento de las plantas, pigmentos de fotosíntesis y eficiencia del empleo del nitrógeno. Artículo de revisión. Agrisost, 28
5. García, S. C. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Cuadernos del Tomás, (3), 173-186.
6. HOPKINS, W. G. 1995. Introduction to Plant Physiology. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 464 p.
7. Li, H., Zhu, X., Wang, J., Wei, Y., Nai, F., Yu, H., & Wang, X. (2024). Unraveling differential characteristics and mechanisms of nitrogen uptake in wheat cultivars with varied nitrogen use efficiency. Plant Physiology and Biochemistry, 206, 108278.
8. Rojas Padilla, Jonathan, Chaparro Encinas, Luis Abraham, Robles Montoya, Rosa Icela, & Santos Villalobos, Sergio de los. (2020). Promoción de crecimiento en trigo (Triticum turgidum L. subsp. durum) por la co-inoculación de cepas nativas de Bacillus aisladas del Valle del Yaqui, México. Nova scientia, 12(24)Epub 02 de julio de 2020.https://doi.org/10.21640/ns.v12i24.2136
9. Sáenz-Reyes, J. Trinidad, Muñoz-Flores, Hipólito Jesús, Ruíz-Rivas, Magali, Rueda-Sánchez, Agustín, Castillo-Quiroz, David, & Castillo-Reyes, Francisco. (2022). Diagnóstico del cultivo de lenteja en unidades de producción familiar en Michoacán. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 13(spe27), 35-44. Epub 31 de octubre de 2022.https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3160

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324140

EFECTO DE LOS FUNGICIDAS APLICADOS EN HUERTAS DE AGUACATE SOBRE LA MICROBIOTA RIZOSFÉRICA DE *PERSEA AMERICANA* MILL

Mariela Martínez Mejía[1], Gustavo Santoyo Pizano[2], María del Carmen Orozco Mosqueda[3], Sergio de los Santos Villalobos[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1607956d@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gustavo.santoyo@umich.mx

3 Tecnológico Nacional de México, campus Celaya; carmen.orozco@itcelaya.edu.mx

4 Instituto Tecnológico de Sonora; dlsantosv@gmail.com

Palabras Clave: PGPR, fungicidas, tolerancia, aguacate, AIA, fitopatógenos, microbiota.

RESUMEN. El aguacate (Persea Americana Mill) es la cuarta fruta más importante del mundo, siendo el estado de Michoacán el principal productor, uno de los factores que limita su producción es el ataque de fitopatógenos y la baja fertilidad de suelos ocasionada por el uso excesivo de fungicidas sintéticos, la microbiota rizosférica ofrece una alternativa al uso de estos compuestos, por ello, este trabajo tiene por objetivo evaluar los efectos de dos tipos de fuentes sintéticas (Tiabendazol y Fosetil-Aluminio) sobre bacterias aisladas de la rizosfera de aguacate de tres huertos ubicados en tres municipios de Michoacán (Ario de Rosales, Santa Clara del cobre y Tancítaro) además se evaluarán sus efectos en el biocontrol de diferentes patógenos aislados de árboles de aguacate. De cada uno de los huertos se realizó un análisis físico-químico para determinar las características de los suelos, se aislaron bacterias asociadas a la rizosfera, en base a su morfología se seleccionaron 50 aislados por huerto y posteriormente se evaluó la producción de ácido indol acético (AIA) empleando el reactivo de Salkowski. De los resultados obtenidos se determinó que el tipo de suelo de los huertos es migajón arenoso, con un rango de pH de 5.0-6.25, en la producción de AIA se determinó que de los aislados obtenidos únicamente el 20, 24 y 26 % para los huertos 1, 2 y 3 respectivamente tienen la capacidad de producir indoles (>5 µg/ml); siendo el aislado B4 del huerto 2 el de mayor producción de AIA (21.2769 µg/ml) con lo que se determina seguir con su evaluación como posible promotor de crecimiento vegetal. También se están realizando ensayos de tolerancia a los fungicidas para conocer el impacto de estos en las bacterias productoras de AIA a una concentración del 100% en base a las aplicaciones en campo.

INTRODUCCIÓN. El aguacate (Persea americana Mill) es una fruta que trasciende en el ámbito agrícola y en la economía nacional en general, siendo México el principal productor del mercado con una aportación de ~40% al valor de las exportaciones mundiales. Michoacán es el centro de producción número uno, generando para el año 2023 75.76% del total nacional (SIACON, 2024). El aguacate es destacado por su elevado valor nutritivo y es empleado como materia prima para la extracción de aceite en la industria farmacéutica y cosmética. En la actualidad las enfermedades fitopatógenas representan uno de las principales limitantes en la producción de este cultivo. Por su frecuencia y severidad en los

cultivos de aguacate, los principales fitopatógenos que se destacan son: el oomiceto Phytophthora cinnamomi, Verticillium sp y Rosellinia necatrix. (Tamayo, 2008). Con fin de hacer frente al desafío que esto representa para la industria agroalimentaria se ha impulsado el uso masivo de fungicidas sintéticos como la técnica más efectiva contra las infecciones por fitopatógenos. El fosetil aluminio es un fungicida sistémico de acción preventiva y curativa con eficacia contra oomicetos como Phytophthora cinnamomi. Actúa directamente sobre las enzimas fúngicas compitiendo con el fosfato como regulador alostérico e impide la germinación de las esporas fúngicas y el crecimiento del micelio (Haq, H. et al. 2023). Por su parte, el tiabendazol es un benzimidazol sistémico de amplio campo de acción cuyo mecanismo de acción potencial incluye la inhibición de la polimerización de tubulinas a microtúbulos. Sin embargo, la acción de este tipo de fungicidas no solo interfiere con las reacciones bioquímicas de los patógenos vegetales objetivo, sino que también modifican la diversidad del microbioma en el agrosistema, generan una fuerte presión ambiental y son tóxicos para los humanos (Díaz, et. al, 2019). Con el objetivo de contrarrestar dichas afectaciones con un enfoque de sustentabilidad, se opta por el uso de microorganismos (PGPR) que a través de mecanismos directos (aumento de la disponibilidad de nutrientes y producción de fitohormonas) o indirectos (control biológico) promueven el crecimiento vegetal (Hyder et al., 2023).

ANTECEDENTES. Uno de los trabajos que ha estudiado la tolerancia de la microbiota rizosférica benéfica contra fungicidas es el elaborado por Díaz Rodríguez y colaboradores en 2019. En el estudio se evaluó el efecto del Clorotalonil sobre el crecimiento de 132 cepas bacterianas asociadas a la rizosfera del trigo del Valle de Yaqui, así como su capacidad de producir indoles. Sus resultados arrojaron que el 33% de las cepas evaluadas fueron inhibidas por el fungicida, siendo Bacillus y Paenibacillus los géneros más inhibidos, observando una inhibición de >50% de sus cepas. Del mismo modo, identificaron que de las cepas sensibles al clorotalonil 49% mostraban la capacidad de producir indoles (>5mg/mL) siendo el género Bacillus el más abundante. Por otro lado, en 2024 Rabbani Sodhozai y colaboradores llevaron a cabo la evaluación toxicológica in vitro del fungicida fosetil aluminio sobre el crecimiento de los aislados Bacillus subtilis y Pseudomona aeruginosa en dosis más bajas, recomendadas y más altas de la aplicación en campo. Los resultados demostraron una disminución dependiente de la concentración en el crecimiento de ambas bacterias. Además, se encontró que el fungicida indujo cambios morfológicos como agrietamiento celular, menor viabilidad y márgenes aberrantes.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de fosetil aluminio y tiabendazol sobre la rizomicrobiota benéfica de Persea americana Mill. en huertas de aguacate de Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material biológico

Aislados bacterianos. Se obtuvieron 150 aislados bacterianos de la rizosfera de *Persea americana* Mill. Su mantenimiento se realiza a través de resiembras cada 21 días en agar nutritivo (AN) incubadas a 30°C por 24 horas siendo, posteriormente, resguardadas a 4°C. También se realizaron stocks en glicerol al 30%.

Obtención de muestras de suelo. Se obtuvieron muestras de 3 diferentes tipos de suelo rizosférico de plantas de aguacate situadas en huertas del Estado de Michoacán de

Ocampo en los municipios de Ario de Rosales, Tancítaro y Santa Clara del Cobre, recolectando 5 muestras de cada huerta en un recorrido en forma de zig-zag o en W.

Análisis fisicoquímico: Para determinar el perfil fisicoquímico de los suelos se recolectó aleatoriamente 7 muestras de suelo no rizosferico a 30 cm de profundidad en cada huerta.

Aislamiento de bacterias benéficas. En primera instancia, se llevó a cabo la preparación de medio agar-suelo para el cultivo de los aislados. Este se elaboró adicionando 0.1 g de extracto de levadura y 15 g de agar bacteriológico a 1 Lt de sustrato suelo previamente elaborador a partir de una muestra compuesta de suelo rizosférico homogeneizada en agua destilada y esterilizada en autoclave a 1atm 121°C por 2 horas seguido de un proceso de filtrado. Para el aislamiento bacteriano se realizó la homogeneización de muestra compuesta de suelo con agua destilada en vórtex, posteriormente se prepararon diluciones en serie hasta 10^{-4}. De cada dilución fue plaqueada en medio agar suelo incubando por 72 horas a 28°C. Utilizando las diluciones que presentaban mejor aislamiento bacteriano (10^{-3} y 10^{-4}) se seleccionaron 50 aislados de cada uno de los suelos rizosféricos con base en la diversidad de la morfología colonial observada; posteriormente fueron resembrados en agar nutritivo.

Ensayos de cuantificación de AIA: La curva de calibración se elaboró midiendo la absorbancia de diferentes patrones de ácido indol acético (0, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 50, y 60) a 530 nm tras haberse sometido a la reacción con el reactivo de Salkowski.

Para la cuantificación de AIA de los aislados bacterianos se inocularon 1 ×104 UFC de cada cepa bacteriana en caldo Nutritivo, con triptófano al 1% incubando a 28 °C durante 24 h, bajo agitación constante a 150 rpm. La absorbancia de complejo colorimétrico formado por la reacción entre el reactivo de Salkowski y el sobrenadante de células libres de los cultivos obtenidos por centrifugación se cuantificó a 530 nm en un espectrofotómetro UV.

Ensayos de tolerancia de las rizobacterias benéficas a lo fungicidas: Se inoculará cada cepa bacteriana seleccionada con actividad benéfica en Cajas Petri que contengan AN como medio de cultivo, suplementado con diferentes dosis en g L^{-1} de cada compuesto: Fosetil-aluminio (Stoplex 80WG: Dragón) y Tiabenzdazol (Mycet: Dragón) siguiendo las recomendaciones del proveedor para su aplicación. Las cajas inoculadas se incubarán a 28°C durante 48 horas, y luego se determinará la tolerancia de las cepas bacterianas a cada fungicida en función de su crecimiento.

Evaluación in vitro del antagonismo fúngico. Los aislados bacterianos se inocularán con hongos patógenos en placas de agar PDA simultáneamente. Las bacterias se esparcirán sobre placas en forma de cruz y se depositará un tapón micelial de 4 mm en el centro de cada uno de los cuadrantes formados. Las placas se incubarán en oscuridad a 30°C y se medirá el crecimiento micelial desde el día 1 al día 7. El porcentaje de inhibición del crecimiento se medirá usando la siguiente fórmula:

% de inhibición del crecimiento= Ac: Área micelial de control
Ab: Área micelial con tratamiento

Análisis metagenómico de las comunidades microbianas. El ADN metagenómico se extraerá de cada una de las muestras compuestas de suelo rizosférico (con y sin fungicidas aplicados de forma individual) utilizando un kit de aislamiento de ADN. Se obtendrán 8 muestras compuestas (de tres rizósferas) en total para ser secuenciadas, cuatro controles y cuatro con cada uno de los fungicidas aplicados. Posteriormente se cuantificará el ADN, se evaluará la calidad del material con un espectrofotómetro y se realizará una electroforesis en gel de agarosa al 1% para determinar la integridad del material genético. Posteriormente, las muestras serán enviadas para su secuenciación (SHOTGUN) a través de plataformas como Illumina MiSeq 2x300 bp. se realizará una clasificación final de la

anotación de OTU y su identificación taxonómica, utilizando BLASTn. Los análisis estadísticos/ecológicos consistirán en medir la diversidad alfa con los índices ecológicos de Shannon, Simpson y de equitatividad.

RESULTADOS. La caracterización del suelo en 2 de las huertas indica que en ambos espacios se cuenta con las condiciones edáficas adecuadas para desarrollar el cultivo de aguacate, presentando un tipo de suelo migajón arenoso y un pH que oscila entre 5-6.25

Características físicas del suelo	
Tipo de suelo	Migajón arenoso
Porcentaje de saturación	70%
Capacidad de campo	37.56%
pH	5.04
Materia Orgánica	4.38%
Características físicas del suelo	
Tipo de suelo	Migajón arenoso
Porcentaje de saturación	73%
Capacidad de campo	39.19%
pH	6.25
Materia Orgánica	5.94%

Tabla 1. *Perfil fisicoquímico Huerta 1 obtenido a partir de suelo no rizosferico*

Fertilidad mg/Kg	
N-inorgánico	39.9
P	10.5
K	1209.1
Ca	759.5
Mg	245.1
Na	63.4
Fe	14.3
Zn	1.5
Fertilidad mg/kg	
N-inorgánico	14.6
P	4.8
K	1262.7
Ca	1843.0
Mg	295.8
Na	34.3
Fe	12.0
Zn	2.3

Tabla 2. *Perfil fisicoquímico Huerta 2 obtenido a partir de suelo no rizosferico*

Respecto a la cuantificación de AIA, se determinó que solo el 20%, 24% y 26% de los aislados de los huertos 1, 2 y 3, respectivamente, tienen la capacidad de producir indoles (>5 µg/ml). Entre ellos, el aislado B4 del huerto 2 se destacó por su alta producción de AIA, con 21.2769 µg/ml. catalogándolo como un posible promotor de crecimiento vegetal. B34, A46 y C35 fueron otros aislados que mostraron una elevada producción de indoles.



Fig 1. *Imagen representativa de los aislados obtenidos de los tres diferentes tipos de suelo rizosférico*

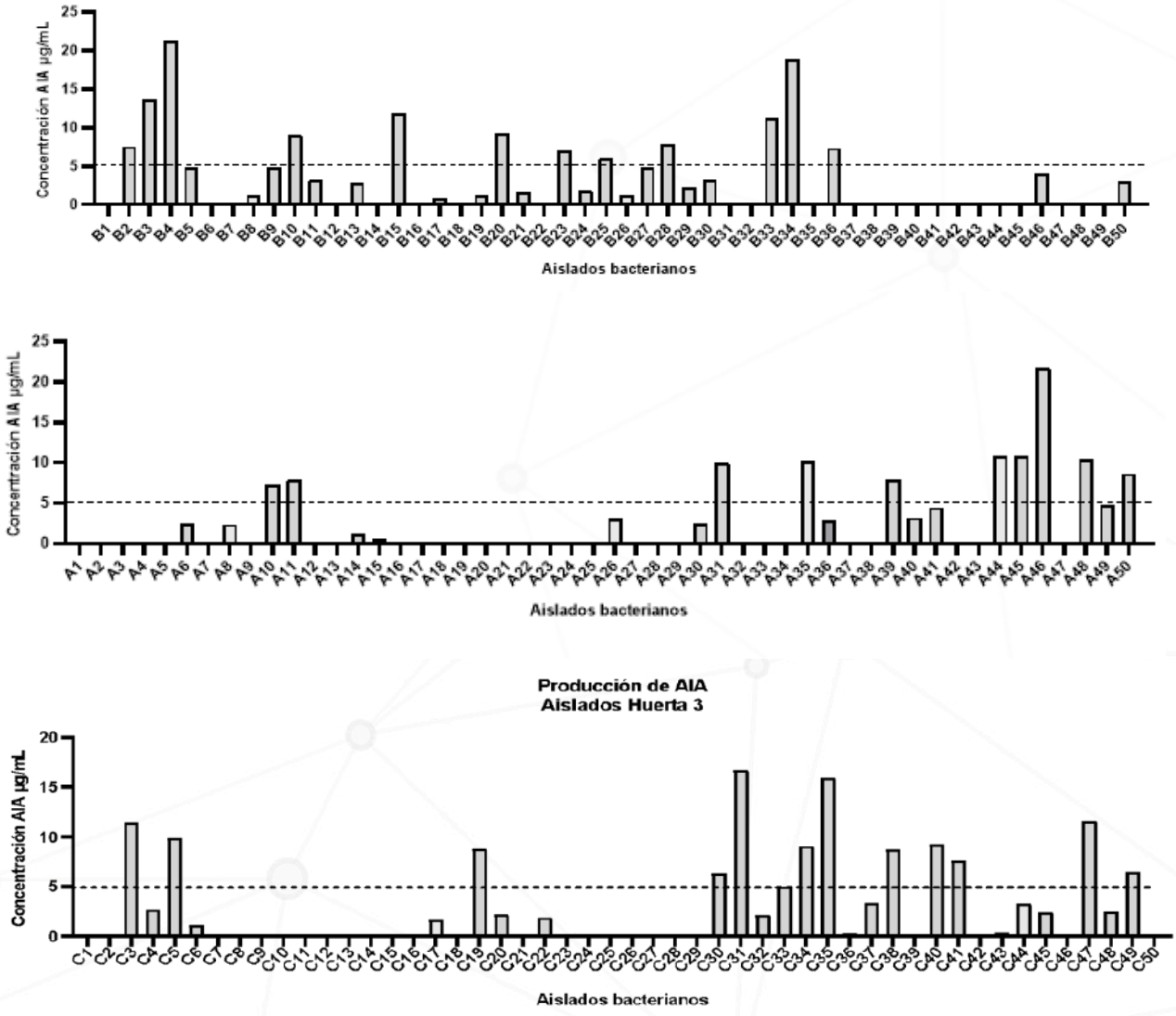


Fig 2. *Producción de AIA utilizando el método colorimétrico de Salkowski en los aislados bacterianos rizosféricos de a) huerta 1, b) huerta 2, c) huerta 3. En cada gráfica se indican aquellos aislados con una producción mayor a 5 µg/ml. n=1. Actualmente se está trabajando en las réplicas del ensayo*

CONCLUSIONES. La rizósfera de la huerta 2 alberga posibles microorganismos promotores de crecimiento en la planta de aguacate. Se pretende estudiar si la presencia de esas bacterias esta asociada al perfil fisicoquímico de los suelos. Así como también llevar a cabo ensayos de tolerancia de los aislados seleccionados.

REFERENCIAS.

1. Díaz, A., Parra, F., Santoyo, G. & De los Santos Villalobos S. (2019) Chlorothalonil tolerance of indole producing bacteria associated to wheat (Triticum turgidum L.) rhizosphere in the Yaqui Valley, Mexico. Ecotoxicology , 28.
2. Haq, H.U., Elik, A., Durukan, H., Sarac, H., Demirbas, A., Boczkaj, G., Altunay, N. (2023) Application of chemometric modeling for ionic liquid-based ultrasonic-assisted dispersive liquid-liquid microextraction: analysis of fosetyl-aluminum in fruit and vegetable samples. J. Food Compos. Anal. 124, 105725.
3. Sajjad Hyder, Zarrin Fatima Rizvi, Sergio de los Santos-Villalobos, Gustavo
4. Santoyo, AmjadShahzad Gondal, Noreen Khalid, Syeda Noureen Fatima, Mashal Nadeem, Khizra Rafique & Akasha Rani (2023): Applications of plant growth-promoting rhizobacteria for increasing crop production and resilience, Journal of Plant Nutrition, doi: 10.1080/01904167.2022.2160742
5. Sodhozai, A. R., Bibi, S., Rabia, M., Jadoon, M., Akhtar, H., & Ali, N. (2024). From growth inhibition to ultrastructural changes: Toxicological assessment of lambda cyhalothrin and fosetyl aluminium against Bacillus subtilis and Pseudomonas aeruginosa. Environmental Research, 252, 118958.
6. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2023). Información obtenida del SIACON. https://www.siacon-cna.gob.mx/ (Consultado el 9 de septiembre de 2024).
7. Tamayo, M. P. J. (2008). Enfermedades y Desórdenes Abióticos. Tecnología para el cultivo del Aguacate. Manual Técnico 5. CORPOICA Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Antioquia: 241.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324141

APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE AGAVE MEZCALERO PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS COMO BIOCOMBUSTIBLE SÓLIDO

Brenda Ivette Mendoza Marin[1], Liliana Márquez Benavides[2], Marina Velarde Sánchez[3]

1 Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán; brendaivettemendoza4@gmail.com

2 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; liliana.marquez@umich.mx

3 Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán; marinasanvel@gmail.com

Palabras Clave: Sostenibilidad, Industria mezcalera, Carbonización.

RESUMEN. La destilación del mezcal, una práctica profundamente arraigada en las tradiciones culturales de México, se obtenía principalmente del agave mezcalero. Sin embargo, este proceso generaba significativas cantidades de residuos sólidos, conocidos como Bagazo de Agave Residual (BAR). Este residuo representaba un desafío ambiental y económico significativo para los productores de mezcal, por lo que su gestión adecuada era esencial no solo para mitigar el impacto ambiental de la industria, sino también para encontrar alternativas innovadoras y sostenibles para su manejo. La industria mezcalera había dependido en gran medida de la leña como fuente de energía para su destilación. Esto generaba una presión considerable sobre los recursos forestales y contribuía a la deforestación. En respuesta a esta problemática, surgió la necesidad de encontrar alternativas sostenibles y económicamente viables para el manejo del BAR. La elaboración de briquetas a partir del BAR se presentó como una solución integral que abordaba dos desafíos cruciales: la gestión de residuos y la mitigación del impacto ambiental de la industria mezcalera. Por un lado, las briquetas ofrecían una alternativa viable para la disposición final del BAR, reduciendo su impacto ambiental y convirtiéndolo en un recurso valioso. Por otro lado, su uso como biocombustible sólido en la destilación del mezcal podía contribuir a reducir la demanda de leña, protegiendo los recursos forestales y promoviendo una práctica más sostenible. Para desarrollar este método innovador, se exploró la viabilidad de utilizar una mezcla compuesta principalmente por BAR, junto con un aglutinante compuesto por carbono y papel en proporciones específicas (10:10, 20:10 y 30:10), con el resto de la mezcla compuesto por agave. Se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de las briquetas producidas con estas diferentes proporciones, así como su potencial como biocombustible sólido en la destilación del mezcal. Cabe destacar que, para obtener el carbono necesario para la elaboración de las briquetas, se propuso la implementación del carbón residual emitido durante el proceso de destilación del mezcal. Este proceso permitía no solo aprovechar al máximo los residuos de la industria, sino también obtener un material de alta calidad para la elaboración de las briquetas.

INTRODUCCIÓN. Las bebidas alcohólicas tradicionales de México (tequila y mezcal) se obtienen del maguey y se producen a partir de la destilación de jugos fermentados (NOM-070-SCFI-2016). En los últimos años ha incrementado la producción del mezcal que se obtiene de forma industrial en grandes volúmenes, mezcal artesanal y mezcal ancestral.

El procedimiento de elaboración de mezcal dispone de cinco etapas: selección y corte del maguey; horneado o cocimiento de las cabezas de maguey; machacado o molienda de las cabezas cocidas; fermentación y destilación (Rodríguez y De la Cerna, 2017). La destilación del mezcal es una actividad tradicional y culturalmente arraigada. Sin embargo, esta industria enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad de fuentes de energía adecuadas y sostenibles para satisfacer su demanda energética. Esto exige cantidades de leña y subproductos de la industria forestal ocasionando la explotación de los bosques. Dentro de la cadena productiva del mezcal, el principal residuo sólido que se genera es la fibra o bagazo de agave, durante la extracción de jugos fermentados. Se estima que por cada litro de mezcal producido se generan de 1.67 a 2.39 kg de bagazo de agave residual (BAR) (Caballero et al., 2020).La acumulación de este residuo debido a su alto nivel de acidez provoco contaminación en agua y suelo, generando así costos adicionales para los productores de mezcal. En base a esto, y dado a que estos residuos probablemente no tienen utilidad, se hace evidente la necesidad de producir valor a partir de esta biomasa residual. Debido a la cantidad de BAR que se obtiene en el proceso productivo del mezcal y su alto consumo de leña en el mismo, se ha prestado gran atención en usar este residuo para formar un biocombustible sólido de valor añadido. En este trabajo se presenta el desarrollo de un método para producir briquetas a partir de BAR con la finalidad de satisfacer la demanda energética específica de la destilación del mezcal en México. La producción de briquetas de bagazo de agave se basa en un proceso que involucra el secado, mezcla de aglutinantes y bagazo, compactación de estos y secado de las briquetas, utilizando tecnología accesible para pequeños productores. El objetivo de este trabajo fue desarrollar briquetas de BAR con papel como material aglutinante y carbón, para su aprovechamiento en la destilación del mezcal.

ANTECEDENTES. Existen estudios que tratan sobre la caracterización de briquetas a partir de bagazo agropecuarios, para su posible uso como biocombustible sólido y otros que dan a conocer la calidad de briquetas a partir de residuos agropecuarios; entre ellos los siguientes: Demibars en 1997 usó paja de trigo y papel como aglutinante para formar briquetas y concluyó que la densidad, el contenido de humedad y la resistencia son buenos indicadores para saber si una briqueta cumple con las características. Además, mencionó que el papel tiene potencial como aglutinante. Rahman y colaboradores en el 2022 realizaron briquetas hechas a partir de bagazo de caña de azúcar con almidón y melaza para obtener aceite de clavo mediante destilación. El poder calorífico aumentó al agregar mayor porcentaje de aglutinante, obteniendo valores promedios de 28.996 MJ/kg y 27.019 MJ/kg. Además, concluyeron que estas briquetas pueden utilizarse como sustituto de los combustibles fósiles. Un análisis hecho por Dinesha y colaboradores en el 2018, encontraron que los parámetros claves a evaluar son el valor calorífico, la velocidad de quemado y el contenido de cenizas durante la combustión. Una mayor densificación y un menor contenido de humedad son factores importantes para el poder calorífico de la briqueta. La velocidad de combustión disminuye a medida que aumentan la densidad y la presión de compactación. Rosales y colaboradores en el 2024, utilizaron residuos como paja de frijol común, rastrojo de maíz, estiércol de ganado doméstico, materiales leñosos de poda de manzano, pacana, ramas de huisache, mezquite y serrín de pino para realizar briquetas y pellets. Demostraron que los niveles de densificación aumentaron entre 55-82%, con esto concluyeron que es un proceso que facilita el almacenamiento, transporte y aprovechamiento de diferentes materiales orgánicos. Actualmente se encuentran diversos

proyectos sobre briquetas hechas a partir de bagazo, sin embargo, es escasa la información con respecto a las fabricadas con bagazo mezcalero residual.

OBJETIVO. Evaluar la viabilidad del aprovechamiento del bagazo de agave mezcalero para la elaboración de briquetas como biocombustible sólido, con el fin de mejorar la sostenibilidad en la industria del mezcal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Probar mezclas porcentuales (80:10:10, 70:20:10 y60:30:10) para generar briquetas de alta densidad para su uso como combustible. Evaluar densidad, tiempo de quema, poder calórico, y porcentaje de cenizas. Comparar el rendimiento energético y el impacto ambiental del uso de briquetas de bagazo de agave frente a la leña tradicional en la destilación del mezcal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se recolectaron 50 kg de bagazo residual de una mezcla de *agave cupreata*, *agave espadín* y *agave inaequidens* en el municipio de Etúcuaro, Michoacán longitud: -101.214722 y latitud: 19. 420278. Dentro de la vinata se recolectaron 10 kilos de carbón, extraído como residuo del proceso de destilación del mezcal. Para el aglutinante se hizo uso de papel bond tipo carta, usado y descartado como residuo en casas de estudiantes de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), se llevó al laboratorio y posteriormente fue triturado. La investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la UMSNH. Para prevenir el crecimiento de microorganismos se colocó el bagazo en el sol hasta su secado. Para el aglutinante se trituraron las hojas de papel tamaño carta, en cuanto el carbón se redujo a polvo con ayuda de un mortero, posteriormente se pesó bagazo, aglutinante y carbón en una balanza electrónica Ohaus Scout SCA210. El proceso de mezcla se facilitó al remojar las muestras y posteriormente fueron colocadas en diferentes recipientes durante tres días. Se integraron los diferentes porcentajes de bagazo y aglutinantes para realizar las diferentes mezclas. En el proceso de compactación se utilizó una briquetadora manual proporcionada por la Facultad de Tecnología de la Madera, UMSNH. Las mezclas fueron compactadas en bloques densificados hechos de biomasa de bagazo residual de agave, aglutinante (papel) y carbón posteriormente se dejó reposar en el sol por un periodo de 15 días para su secado. De manera general el proceso se indica en la Fig., 1 y a continuación se explica el diseño experimental de las distintas formulaciones de briquetas.

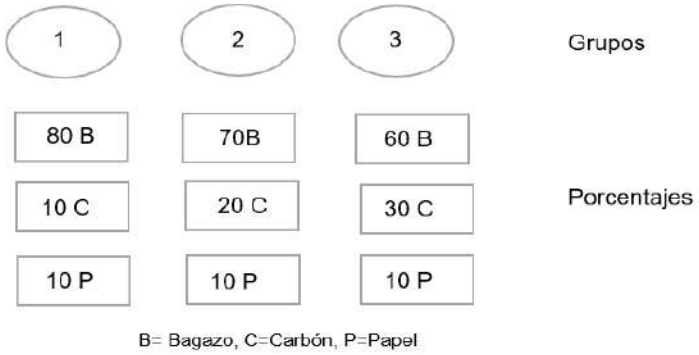


Figura 1. *Diseño experimental de porcentajes de bagazo, aglutinante y carbón. B=bagazo; P=Aglutinante papel; C=Carbón.*

Una vez las briquetas se encontraron completamente secas, se evaluaron densidad, tiempo de quema, poder calórico y porcentaje de cenizas.

Para la obtención de densidad se usó la siguiente ecuación de acuerdo (1):

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Donde:
〉 : densidad de las briquetas.
⊂ : masa de la muestra.
V : volumen de la muestra.
En cuanto al tiempo de quema se utilizó un quemador portátil y un cronómetro para registrar el tiempo de combustión desde el inicio hasta que la briqueta se consumió completamente. Se realizaron quemas de 10 muestras como se muestran en las Fig.,2; Fig.,3 y Fig.,4.En las cuales se muestran los resultados obtenidos.

Muestra	Kg	Masa g	Kg	Masa H2O ml	Tiempo de quema	Ti	Tf	Porcentaje de ceniza	%	Tf-Ti		Calor absorbido H2O	Pc Bagazo	Tiempo combustión min
1	0.0025	2.5	0.05	80	0.2	23	64	808	6	41		15.2984	13.5294	80
2	0.002	2	0.05	80	0.28	23	60	805.2	3.2	37		13.5168	10	140
3	0.0029	2.9	0.05	80	0.11	23	45	804.1	2.1	22		8.0008	10.5128	37.9310345
4	0.0025	2.5	0.05	80	0.21	23	64	803	1	41		10.276	12.8571	84
5	0.0028	2.8	0.05	80	0.24	23	64	803.3	1.3	41		6.3568	11.0526	85.7142857
6	0.0024	2.4	0.05	80	0.19	23	40	804	2	17		8.0288	13.5294	79.1666667
7	0.0027	2.7	0.05	80	0.17	23	50	80.9	2.9	27		12.2837	11.6216	62.962963
8	0.0023	2.3	0.05	80	0.26	23	58	803.2	1.2	35		9.704	12.1234	113.043478
9	0.0028	2.8	0.05	80	0.22	23	59	803.3	1.3	36		10.0384	8.5714	78.5714286
10	0.0026	2.6	0.05	80	0.24	23	57	803.6	1.6	34		8.0096	14.3222	92.3076923
		valores constantes												
		4.08												

Figura 2. *Tabla de resultados de las briquetas 80:10:10*

Muestra	Kg	Masa g	Kg	Masa H2O ml	Tiempo de quema	Ti	Tf	Porcentaje de ceniza	%	Tf-Ti		absorbido H2O	Pc Bagazo	combustión min
1	0.0034	3.4	0.08	80	0.3	23	84	812	10	61		20.3984	23.5294	88.2352941
2	0.004	4	0.08	80	0.38	23	70	805.3	3.3	47		15.7168	20	95
3	0.0039	3.9	0.08	80	0.21	23	55	804.1	2.1	32		10.7008	20.5128	53.8461538
4	0.0035	3.5	0.08	80	0.31	23	63	803	1	40		13.376	22.8571	88.5714286
5	0.0038	3.8	0.08	80	0.34	23	45	803.3	1.3	22		7.3568	21.0526	89.4736842
6	0.0034	3.4	0.08	80	0.3	23	50	804	2	27		9.0288	23.5294	88.2352941
7	0.0037	3.7	0.08	80	0.27	23	60	804.9	2.9	37		12.3728	21.6216	72.972973
8	0.0033	3.3	0.08	80	0.36	23	58	803.2	1.2	35		11.704	24.2424	109.090909
9	0.0028	2.8	0.08	80	0.3	23	59	803.3	1.3	36		12.0384	28.5714	107.142857
10	0.0036	3.6	0.08	80	0.34	23	57	803.6	1.6	34		11.3696	22.2222	94.4444444
		valores constantes												
		4.18												

Figura 3. *Tabla de resultados de las briquetas 70:20:10*

Muestra	Kg	Masa g	Kg	Masa H2O ml	Tiempo de quema	Ti	Tf	Porcentaje de ceniza	%	Tf-Ti	Calor absorbido H2O	Pc Bagazo	Tiempo combustión min
1	0.0044	4.4	0.08	80	0.4	23	90	806	4	67	23.3984	24.5294	90.9090909
2	0.004	4	0.08	80	0.48	23	85	805.2	3.2	62	22.7168	20.0294	120
3	0.0049	4.9	0.08	80	0.44	23	83	805	3	60	28.7008	28.5974	89.7959184
4	0.0045	4.5	0.08	80	0.41	23	93	803	1	70	20.376	23.9087	91.1111111
5	0.0048	4.8	0.08	80	0.43	23	87	806	4	64	27.3568	26.5294	89.5833333
6	0.0044	4.4	0.08	80	0.42	23	93	804	2	70	22.0288	24.2579	95.4545455
7	0.0047	4.7	0.08	80	0.47	23	75	804.3	2.3	52	25.3728	27.3529	100
8	0.0043	4.3	0.08	80	0.46	23	88	802.9	0.9	65	21.704	22.1243	106.976744
9	0.0048	4.8	0.08	80	0.49	23	79	802.7	0.7	56	22.0384	28.0001	102.083333
10	0.0046	4.6	0.08	80	0.44	23	76	803.5	1.5	53	23.3696	26.0805	95.6521739
			valores constantes										
			4.2										

Figura 4. *Tabla de resultados de las briquetas 60:30:10*

Mientras que obtener el poder calorífico, se recortaron pedazos de 0.7 gramos de cada grupo de briquetas y se llevaron al laboratorio, y se analizaron en una bomba calorimétrica compensado modelo 6100. El porcentaje de ceniza se llevaron a cabo los análisis de acuerdo a la Norma mexicana NMX-AA-18-1984. La leña oscila de 0.8 a 1.5 %, mientras que nuestras briquetas varían entre 1 y 10%.

RESULTADOS. Los datos recolectados se sometieron a análisis estadísticos para identificar tendencias, correlaciones y diferencias significativas entre los diferentes tipos de briquetas producidas. Se utilizaron técnicas como el análisis de varianza (ANOVA) para comparar los resultados y determinar la eficacia de las distintas formulaciones y tratamientos de las briquetas. A partir de los resultados obtenidos, se validó la hipótesis plantada y se concluyó que a medida que aumenta la concentración porcentual del carbón, se prolongaba el tiempo de quemado y generando un menor porcentaje de cenizas en comparación con la leña, proponiendo así que las briquetas hechas con porcentajes carbón proporcionan una alternativa eficiente y rentable para sustituir hasta en un 45 % de la demanda total de la leña y residuos forestales dentro de la destilación del mezcal.

REFERENCIAS.

1. Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C. (COMERCAM) 2024. Informe estadístico 2024.
2. Caballero C. M., Montes B. J. L. y Silva R. M. E. (2020). Prototipo de separadora de pulpa y fibra de bagazo residual de la producción de mezcal. Memorias del Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica. 6,1. https://somim.org.mx/memorias/memorias2020/articulos/A1_127.pdf.
3. Rodríguez, C. A. y De la Cerna, H. C. (2017). El mezcal, su producción y tratamiento de residuos. Alianzas y tendencias. 8 (2), 10-14. https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/9211. NMX-AA-18-1984. 1984. Emitida por la Dirección General de Normas

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324145

EFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN PLANTAS DE MAÍZ CRIOLLO EN INVERNADERO EN ETAPA FENOLÓGICA V3

Viviana Melgoza Esparza, Alfonso Luna Cruz

Palabras Clave: PGPR, bioinoculantes, maíz criollo, mecanismos de promoción.

RESUMEN. La inoculación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en cultivos como el maíz criollo constituye una alternativa económica y ambientalmente amigable a la fertilización química. Este trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de PGPRs nativas de maíz criollo procedentes de parcelas agrícolas en Ocampo, Michoacán. Se realizó un aislamiento obtenido de suelo rizosférico y se seleccionaron colonias de las que se obtuvieron los aislados bacterianos B10, B16, B44, B55, C17 y M3. Posteriormente, se realizó un análisis cualitativo de caracterización bioquímica: fijación biológica de nitrógeno (FBN), solubilización de fosfatos (SP) y calcio (SCa). Los aislados B16 y B44 mostraron resultados positivos para los 3 mecanismos de promoción; C17 mostró resultados positivos para SP y SCa, y los aislados B10, B55 y M3 mostraron resultados positivos para FBN. Un ensayo positivo de FBN se observa con el viraje de color del medio de color verde a azul (siendo azul positivo), mientras que para solubilización de fosfatos y solubilización de calcio se observan halos de solubilización alrededor de las colonias. A su vez, se cuantificó el nitrógeno fijado, el fósforo y el calcio solubilizado por los aislados: el aislado B10 reflejó el ión amonio con 30 µg/mL, B16 reflejó el fosfato solubilizados con 13 µg/mL y B44 el calcio solubilizado con 340 µg/mL. Posteriormente se realizó la inoculación líquida en las semillas, las cuales se sembraron en semilleros en invernadero y se llevaron hasta etapa V3, donde se midieron distintas variables fenológicas destacando que el aislado B16 tuvo los mejores valores en peso fresco (3.52 g), número de raíces (9) y peso seco(0.43 g), B55 en longitud de raíz (33.19 cm), B44 en longitud de tallo (3.5 cm) y B10 en altura de la planta (13 cm); lo cual los convierte en potenciales alternativas a la fertilización química como bioinoculantes.

INTRODUCCIÓN. El maíz (Zea mays L.) es de los cereales más importantes del mundo, representa el 38.1% de la producción total de granos. México es el 7° productor de maíz a nivel mundial, siendo este un producto fundamental para la industria agroalimentaria. Además, en México se encuentran registradas entre 59-62 variedades de maíz, por lo cual el país se ha denominado como centro de origen y diversidad genética del maíz. En los últimos 40 años, la producción de maíz ha aumentado debido a nuevas tecnologías y a la expansión de tierras cultivables para satisfacer la creciente demanda de alimentos. Sin embargo, el uso excesivo de insumos químicos ha degradado los suelos y perturbado la rizósfera, elevando los costos y afectando negativamente la economía de los productores. Para aumentar la producción de maíz de manera económica y ambientalmente sostenible, se están explorando nuevas estrategias. Una alternativa es el uso de microorganismos nativos beneficiosos, como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPRs).

Estas bacterias estimulan el crecimiento de las plantas mediante mecanismos como la fijación de nitrógeno, la solubilización de minerales, la producción de compuestos reguladores del crecimiento y la inmunidad, y la actividad contra hongos y bacterias patógenas.

ANTECEDENTES. Las PGPRs aplicadas como biofertilizantes pueden suplir, en cierta proporción, el uso de fertilizantes químicos esenciales para el maíz, por lo que prometen ser una estrategia sustentable para abastecer la demanda mundial de granos. Estas se dividen en dos grupos según su lugar de aislamiento: exógenas (aisladas de suelos o plantas diferentes) y nativas (aisladas del mismo suelo o planta en la que se aplican). Las bacterias nativas tienden a adaptarse mejor y colonizar la rizósfera debido a su adaptación a las condiciones locales. Estas bacterias forman asociaciones beneficiosas con las raíces de las plantas y otros microorganismos, favoreciendo la simbiosis y la recuperación de suelos degradados a largo plazo. Mantener la fertilidad del suelo es crucial para los cultivos, y normalmente se corrige con fertilizantes químicos. Sin embargo, su alto costo y la baja eficiencia en la absorción (20-40%) resultan en pérdidas económicas y problemas ambientales como la eutrofización y el aumento del efecto invernadero. La fijación biológica de nitrógeno (FBN) aporta más nitrógeno al crecimiento de las plantas que los fertilizantes nitrogenados aplicados, con una cantidad biológicamente fijada superior a la producción mundial de fertilizantes nitrogenados. El uso de microorganismos en agricultura ofrece varios beneficios: a) Fitoestimulantes: Promueven la germinación y el enraizamiento mediante la producción de fitohormonas y vitaminas. b) Biofertilizantes: Aumentan el suministro de nutrientes al influir en los ciclos biogeoquímicos. c) Mejoradores: Mejoran la estructura del suelo creando agregados estables. d) Agentes de control biológico: Combaten patógenos mediante antagonismo microbiano. e) Biorremediadores: Eliminan contaminantes xenobióticos. f) Mejoradores ecofisiológicos: Aumentan la resistencia al estrés biótico y abiótico. En este proyecto se utilizaron biofertilizantes, que son productos con microorganismos que, al ser inoculados, se asocian o simbiosis con las plantas para mejorar su nutrición y protección. Estos microorganismos, que existen naturalmente en el suelo, pueden verse afectados por el manejo del suelo y el uso excesivo de agroquímicos.

OBJETIVO. Caracterizar bacterias con capacidad para solubilizar calcio y fosfatos, y fijar nitrógeno, y evaluar su impacto en el crecimiento del maíz criollo en etapa vegetativa V3.

MATERIALES Y MÉTODOS. El muestreo de suelos se llevó a cabo en El Soldado, Ocampo, Michoacán, utilizando variedades de maíz criollo. Se tomaron muestras de suelo y se trasladaron al laboratorio de Nutrición Vegetal del Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán A.C. (CIDAM). Se realizó un análisis de fertilidad del suelo para definir los tratamientos, determinando la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Al finalizar los experimentos, se realizará un análisis similar para evaluar el impacto de las rizobacterias estudiadas. Para aislar el suelo rizosférico, se pesaron muestras de 1 g y se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-6}. Se sembraron 100 µL de las suspensiones (de 10^{-4} a 10^{-6}) en medio agar ST, por triplicado, y las placas se incubaron a 28°C durante 48 horas. Para la caracterización cultural y morfológica se evaluó la coloración, mucosidad y morfología de las colonias. Las colonias con diferencias fueron purificadas por estriado en agar ST. Posteriormente, se realizó una tinción de Gram para observar la morfología de los aislados al microscopio. Para la caracterización como PGPR, se realizaron pruebas de

solubilización de fosfatos (SP), calcio (SCa) y fijación de nitrógeno atmosférico. La SP y SCa se evaluaron en medios NBRIP y Pikovskaya, utilizando fosfato tricálcico y carbonato de calcio como fuentes insolubles. Las bacterias se sembraron por punción y se incubaron a 28°C durante 48 horas. Un halo de solubilización transparente indicaba un resultado positivo. La fijación de nitrógeno se evaluó en medio semisólido NFb, incubando a 35°C durante 7 días. Un cambio de color de verde a azul en el medio indicaba un resultado positivo. Para cuantificar el nitrógeno (N), se inocularon 200 µL de una suspensión bacteriana en tubos con Caldo Extracto de Suelo al 10% y se incubaron a 100 rpm por 72 horas. Las muestras se centrifugaron y se les añadió KCl 2M, agitándolas y dejándolas reposar. Se tomó el sobrenadante, se centrifugó, y se midió el ion amonio usando la técnica colorimétrica de Berthelot. La absorbancia se midió a 632,9 nm y las concentraciones de nitrógeno fijado como amonio se calcularon usando una curva estándar de diluciones de cloruro de amonio. Para cuantificar el fósforo solubilizado, se inocularon 200 µL de una suspensión bacteriana en 50 mL del medio NBRIP y se agitaron durante 7 días. Luego, la muestra se centrifugó y se cuantificó el fósforo usando el método azul de fosfomolibdeno, midiendo la absorbancia a 882 nm tras la incubación del reactivo con el sobrenadante. Los cálculos se hicieron a partir de una curva estándar de diluciones de KH2PO4. La cuantificación de calcio solubilizado por actividad bacteriana, usando carbonato de calcio, se realizó mediante espectroscopía de absorción atómica. Se inocularon 200 µL de una suspensión bacteriana en 50 mL de medio líquido Pikovskaya modificado y se incubaron por 7 días. Luego, las muestras se filtraron al vacío y se hicieron las diluciones necesarias para el análisis. Las concentraciones de calcio libre se determinaron mediante una curva estándar con diluciones de carbonato de calcio. Para preparar el bioinoculante, se utiliza medio YES (100 g/L de azúcar y 20 g/L de extracto de levadura), que se esteriliza antes de agregar una solución bacteriana ajustada a 0.7 de D.O. (aprox. 1x10⁹ UFC/mL), en un volumen equivalente al 10% del medio. Se agita durante 48-72 horas hasta que se forma una nata (bacteria) alrededor del matraz. Las semillas se desinfectaron con cinco lavados en agua destilada estéril, inmersión en hipoclorito de sodio al 3% por 3 minutos, y luego en etanol al 70% durante 5 minutos. Se realizaron cinco lavados finales y se dejaron escurrir en condiciones de esterilidad. Las semillas se inocularon en matraces con 100 mL de bioinoculante y se agitaron a 100 rpm durante 15 minutos, mientras que el control negativo no se inoculó. Luego, se germinaron en una bandeja con peat moss durante 15 días, alcanzando la etapa V3. Posteriormente, se midió la longitud del tallo, la raíz principal, el número de raíces laterales, y se determinó el peso fresco y seco.

RESULTADOS. Los suelos de Ocampo, Michoacán, en general, presentan deficiencia en nitrógeno, fósforo y calcio, el pH es ácido (Cuadro 1). Estos niveles son ideales para observar la diferencia del trabajo de las PGPRs en este suelo.

Parámetros físicos			**Resultado**	**Niveles**	**Nivel en muestra**
pH 1:2 (H_2O)			5.82	6.0 - 7.5	Moderadamente ácido
Nitrógeno Nítrico (ppm, mg/kg)			0.83	10.1 - 20.0	Muy bajo
Aniones (-)			**ppm**	**Niveles**	**Nivel en muestra**
Fósforo (Bray) (mg/kg)			0.57	15.0 - 30.0	Muy bajo
Cationes (+)	**ppm (mg/kg)**	**Cmol/kg**	**% Base**	**Niveles**	**Nivel en muestra**
Calcio (Ca^{2+})	644.28	3.22	69.21	1500 - 3500 ppm	Bajo

Cuadro 1. *Valores obtenidos del análisis previo de suelo en Ocampo, Michoacán.*

Después de realizar las pruebas bioquímicas cualitativas y cuantitativas para seleccionar los aislados con mejores resultados y pasarlos a pruebas de invernadero, los cuales fueron B10, B16, B44, B55, C17 y M3.

A continuación, se indican los aislados con mayores valores de cuantificación para fijación biológica de nitrógeno (FBN), solubilización de fosfatos (SP) y solubilización de calcio (SCa); para la cuantificación del ión amonio en FBN el aislado B10 el presentó mayor cantidad con 30 µg/mL, en comparación con AZO (*Azospirillum brasilense*) que era su control positivo con apenas 13 µg/mL. Por otra parte, el aislado con mayor valor de cuantificación de fosfato solubilizado fue el B16, con 12 µg/mL; sin embargo, como control positivo se utilizó *Burkholderia* sp. con apenas la cual solubilizó un total de 82 µg/mL, siendo mejor esta cepa que el aislado estudiado. Por último, se presenta el aislado con mayor valor de cuantificación de calcio solubilizado, el cual fue B44 con 325 µg/mL, en comparación con su control positivo *Burkholderia* sp. que solubilizó 82 µg/mL (Cuadro 2).

Aislado	Prueba cualitativa	FBN	SP	SCa
B10	FBN	30 µg/mL		
***Azospirillum brasilense* (control +)**	FBN	13 µg/mL		
B16	SP		12 µg/mL	
***Burkholderia* (control +)**	SP		82 µg/mL	
B44	SCa			325 µg/mL
***Burkholderia* (control +)**	SCa			82 µg/mL

Cuadro 2. *Caracterización de los aislados obtenidos en suelos de Ocampo, Michoacán como PGPR.*

Fase en invernadero en etapa V3

Esta fase consistió en sembrar maíz criollo en charolas germinadoras y dejarlas crecer hasta la etapa V3, como se explicó en el apartado de materiales y métodos. Posteriormente, se realizó la extracción de la planta de las charolas germinadoras, después se enjuagaron con agua para quitar los restantes de sustrato y, finalmente, se midieron las variables respuesta con ayuda de regla y una balanza analítica.
Las variables respuesta consideradas fueron: peso fresco, longitud de raíz, longitud del tallo, número de raíces, altura de la planta y peso seco.

En la Fig.1 el aislado B16 tuvo el mayor peso fresco (3.5 g) en comparación con los controles usados; en la Fig.2 los aislados B16 y B55 sobresalieron en longitud de raíz, con 32 y 33 cm, respectivamente, en comparación con el control negativo y el control positivo. El aislado B44 tuvo la mejor longitud de tallo (3.5 cm) en la Fig. 3, aunque las diferencias no fueron significativas entre tratamientos. El aislado B16 se destacó en la Fig. 4 con 9 raíces frente a 6 y 7 del control negativo y positivo, respectivamente. También, en la Fig. 5 el aislado B10 mostró la mayor altura de planta (13 cm), mientras que en la Fig. 6 el aislado B16 tuvo el mayor peso seco (0.45 g), aunque las diferencias en peso seco no fueron significativas.

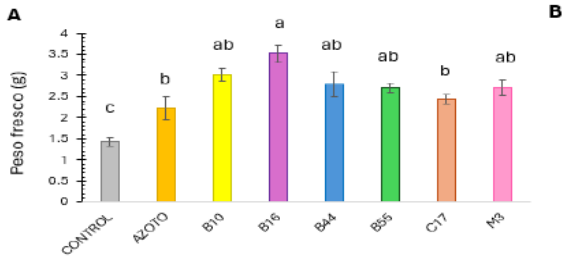


Figura 1. Evaluación del peso fresco del maíz criollo con los tratamientos.

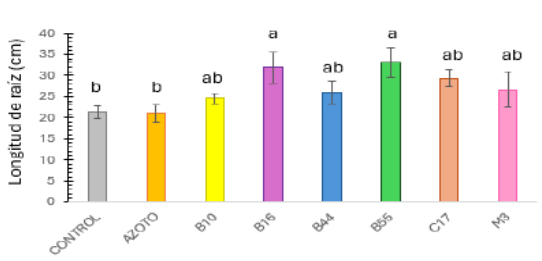


Figura 2. Evaluación de la longitud de la raíz del maíz criollo con los tratamientos.

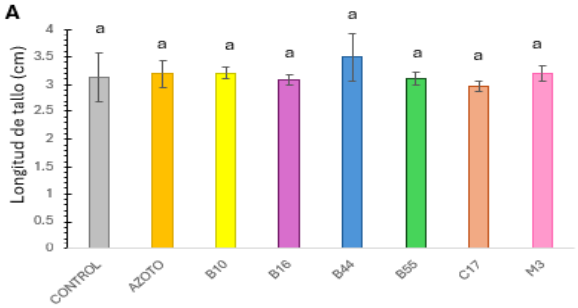


Figura 3. *Evaluación de la longitud del tallo del maíz criollo con los tratamientos.*

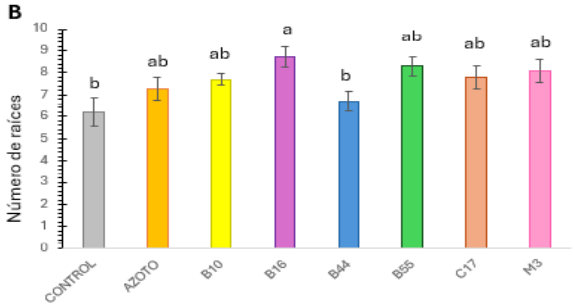


Figura 4. *Evaluación del número de raíces del maíz criollo con los tratamientos.*

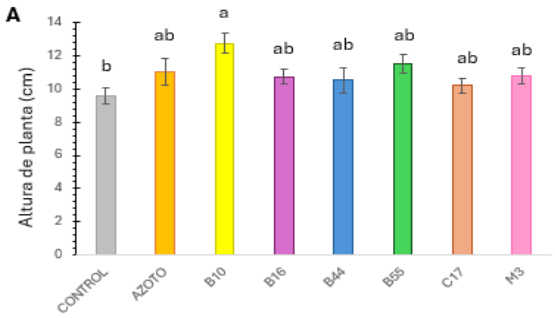


Figura 5. Evaluación de la altura de la planta del maíz criollo con los tratamientos.

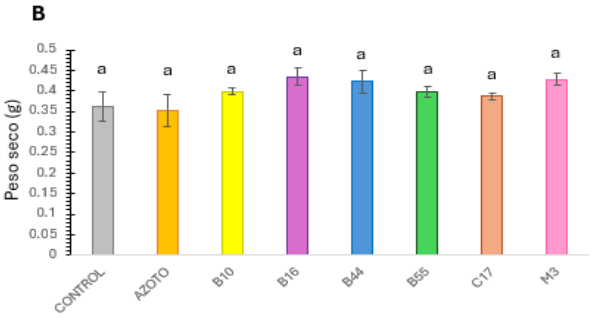


Figura 6. Evaluación del peso seco del maíz criollo con los tratamientos

CONCLUSIONES. De los aislados obtenidos del suelo extraído de Ocampo, Michoacán, se observó que 6 de estos aislados tenían capacidad como PGPR y fueron usados para las pruebas en invernadero. Los resultados mostraron que los aislados B10, B44 y B55 fueron los que más destacaron respecto a las pruebas bioquímicas de cuantificación; respecto a la evaluación de variables fenológicas, los aislados B10, B16, B44 y B55 tuvieron mejores resultados en comparación con los controles utilizados. Todas las cepas bacterianas nativas jugaron un papel importante en la obtención de nutrientes y mejor desarrollo de las plantas.

REFERENCIAS.

1. Haskett TL, Tkacz A, Poole PS. Engineering rhizobacteria for sustainable agriculture. ISME J. 2021 Apr;15(4):949-964. doi: 10.1038/s41396-020-00835-4. Epub 2020 Nov 23. PMID: 33230265; PMCID: PMC8114929.

2. Vejan P, Abdullah R, Khadiran T, Ismail S, Nasrulhaq Boyce A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability-A Review. Molecules. 2016 Apr 29;21(5):573. doi: 10.3390/molecules21050573. PMID: 27136521; PMCID: PMC6273255.
3. Chen, L., Li, K., Shang, J. et al. Plant growth–promoting bacteria improve maize growth through reshaping the rhizobacterial community in low-nitrogen and low-phosphorus soil. Biol Fertil Soils 57, 1075–1088 (2021). https://doi.org/10.1007/s00374-021-01598-6
4. Sánchez-Ceja, M., Loeza-Lara, P.D., Carballar-Hernández, S., Jiménez-Mejía, R., & MEDINA-ESTRADA, R.I. (2023). Isolation of native bacteria with potential growth promoting mexican native maize (Zea mays L.). Biotecnia.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324146

DIVERSIDAD BACTERIANA DE LA RIZOSFERA DE CULTIVOS DE PITAYA (*Stenocereus queretaroensis*) CON MANEJO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO

Adilene Velázquez-Medina[1], Luis López Pérez[1], Abraham Castro Meza, Nayda Luz Bravo Hernandez[1], Ernestina Gutiérrez Vázquez[1*]

*1Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo (UMSNH). *autor correspondiente: 1129881h@umich.mx y ernestina.gutierrez@umich.mx*

Palabras Clave: Cactus, sanidad vegetal, rizosfera, suelo.

RESUMEN. En los suelos rizosféricos de cultivos de pitaya (S. queretaroensis), se encuentra una gran diversidad bacteriana, la cual, es determinada por la sanidad del cactus y el manejo agronómico. En el manejo convencional se suelen aplicar elevadas dosis de fertilizantes nitrogenados, el cual, llega a acidificar los suelos, provocando disminución de las poblaciones bacterianas, mientras, en el manejo orgánico se aplican enmiendas como la vermicomposta, la cual es rica en nutrientes y microorganismos. Por lo anterior esta investigación tuvo como objetivos, aislar bacterias de suelo rizosférico de cactus de pitaya con buena (BSV) y mala sanidad vegetal (MSV), de manejo convencional y orgánico, y calcular el índice de diversidad de Shannon (IDS). Se encontraron 115 bacterias, de las cuales 85, fueron del manejo orgánico, donde la diversidad bacteriana fue de 3.62 del suelo rizosférico de cactus de pitaya con BSV, valor estadísticamente diferencia al 2.73 de los cactus de MSV. En el manejo convencional se encontraron 30 bacterias, donde no hubo diferencia estadística entre los cactus de BSV y MSV y la diversidad bacteriana fue de 2.58. Lo anterior nos demostró que la aplicación de vermicomposta en el manejo orgánico aumenta la diversidad bacteriana de la rizósfera, ocasionando la buena sanidad vegetal de los cactus de pitaya, mientras en el manejo convencional disminuye las poblaciones bacterias de la rizósfera.

INTRODUCCIÓN. En los suelos rizósfericos de cultivos de Pitaya (Stenocereus queretaroensis), se encuentra una gran diversidad bacteriana, la cual, es influenciada por el manejo agronómico. En el manejo convencional para incrementar la producción suelen aplicar fertilizantes nitrogenados como la urea, la cual, en elevadas dosis se lixivia en los suelos por escorrentía superficial y provoca contaminación de suelos, agua y medio ambiente (González-Estrada et al., 2017). En tanto en el manejo orgánico, se aplican en enmiendas como compostas, vermicompost y estiércoles de animales de ganado, las cuales son ricos en carbono y nitrógeno e incrementan las poblaciones bacterianas de los suelos. Por otro lado, la sanidad vegetal de los cactus también influye en la diversidad de las bacterias, mientras tengan buena sanidad vegetal (BSV), exudan sustancias radicales que sirven como alimento para las bacterias. Existen investigaciones donde han encontrado mayor diversidad bacteriana en suelos de cultivos con manejo orgánico. Acharya et al., (2021), estudiaron suelos de pastos orgánicos, donde encontraron mayor riqueza de diversidad bacteriana con un índice de diversidad de Shannon de 6.5. Mientras Bebber y Richards (2022), analizaron suelos con fertilización química con nitrógeno (N), fósforo (P) y

potasio (K) y suelos orgánicos, encontrando una diversidad bacteriana del 7 % mayor en suelos orgánicos, valor estadísticamente diferente al 2.8 % de la diversidad bacteriana encontrada en los suelos con fertilización con NPK. Por lo anterior esta investigación tuvo como objetivos, aislar bacterias de suelo rizosférico de cactus de pitaya con buena y mala sanidad vegetal (BSV) y (MSV), de manejo convencional y orgánico, así como calcular el índice de diversidad de Shannon (IDS).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Área de estudio y muestreo del suelo. Las parcelas de pitaya *(S. queretaroensis),* fueron localizadas en el municipio de Amacueca del estado de Jalisco, donde la parcela de manejo orgánico llamada "El Minguelito" (20.026646-103.565441), donde aplican lixiviado y vermicompost; mientras que la parcela de manejo convencional denominada como "Cofradía" (20.007925-103.589365), que consta en la aplicación de fertilizante nitrogenado urea. Se colectó suelo rizosférico de cactus de pitayo que BSV y MSV (Fig. 1).

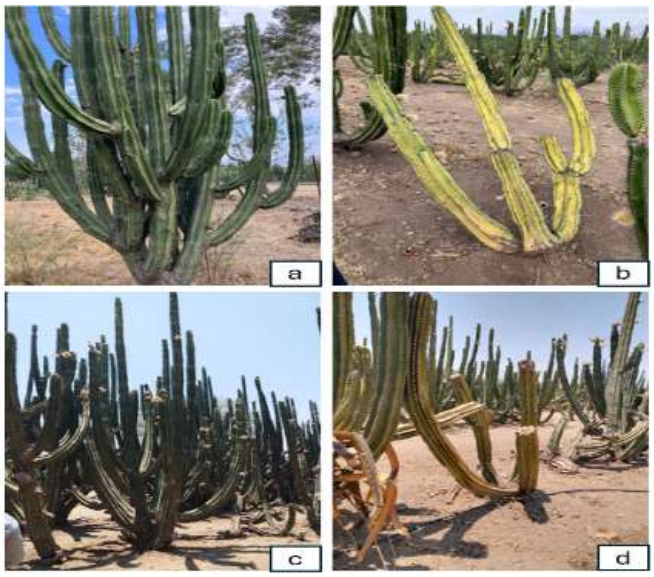


Figura 1. *Sanidad vegetal de los cactus de pitaya. a = buena, b = mala sanidad de la parcela orgánica "El Minguelito". c = buena y d = mala sanidad de la parcela convencional "Cofradía".*

Aislamiento de bacterias. Se elaboró una mezcla de la muestra de suelos rizosférico de cactus de pitayo con buena y mala sanidad vegetal de manejo orgánico y convencional. Se pesaron 10 g de suelo, los cuales se añadieron a 90 mL de agua desionizada estéril y se homogenizaron por 30 min, después se elaboraron diluciones seriadas hasta 10^5, posteriormente se inocularon 100 µL de las diluciones en cajas Petri con agar nutritivo y se esparció por barrido en placa con asa Digralsky, posteriormente se incubaron a 32 °C, por 48 h. Se seleccionaron colonias que presentaban diferencias morfológicas y se purificaron (Hernández-Gómez *et al*., 2020).

Determinación del índice de diversidad de Shannon. Para determinar la diversidad de bacterias aisladas de los distintos ambientes se determinó el índice de diversidad de Shannon (IDS) (Samaniego-Gaxiola *et al.,* 2007) con la siguiente formula:

$$H' = \sum_{i=1} (pi)\,(\ln pi)$$

H´= índice de diversidad de Shannon
∑ = sumatoria de los datos entre el total de datos, el resultado debe ser 1.
pi = proporción del número total de individuos en la especie i
ln = logaritmo natural

Análisis estadístico. Los datos se les realizó pruebas de distribución normal, homocedasticidad de varianzas para cumplir los criterios y se realizaron ANOVAS, para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó la prueba múltiple de medias Tukey ($p<0.05$) con el paquete estadístico Statgraphics XV (2005).

RESULTADOS. En el Cuadro 1, se muestra la cantidad de bacterias e IDS aisladas de la rizósfera de los cactus de pitaya con BSV y MSV, donde se registraron 85 bacterias aisladas de suelos de parcelas con manejo orgánico: 70 de los cactus de BSV con 3.62 del IDS valor estadísticamente diferente a 2.73 del IDS con 15 de los cactus con MSV, mientras en los suelos rizosféricos de pitaya de manejo convencional se registraron 30 bacterias: 15 de BSV con 2.55 del IDS y 15 de MSV con 2.61 del IDS. Lo anterior nos demostró que el uso de lixiviado y vermicompost en cactus con BSV tienen una influencia positiva en las poblaciones bacterianas. Por otro lado, en los cactus con MSV baja la cantidad de bacterias y del IDS posiblemente por los fitopatógenos que se encuentren en la rizósfera (Sun *et al.,* 2016). En tanto, en el manejo convencional en la sanidad vegetal no hubo diferencia estadística.

Manejo agronómico	Parcela	Sanidad vegetal	No de bacterias aisladas	Índice de diversidad de Shannon
Orgánico	Minguelito	Buena	70	**3.62[a]**
		Mala	15	2.73[b]
Convencional	Cofradía	Buena	15	2.55[b]
		Mala	15	2.61[b]

Cuadro 1. *Bacterias rizosféricos e índice de diversidad de Shannon de la pitaya con diferente sanidad vegetal.* Letras indican diferencia estadística por ANOVA Tukey P < 0.05

En el Cuadro 2, se presenta el índice de diversidad de Shannon (IDS), en suelos rizosféricos de diferente manejo agronómico, donde en el manejo orgánico se registró 3.17 del IDS valor estadísticamente diferente al 2.58 IDS del manejo convencional. Lo anterior nos confirma que la aplicación de enmiendas orgánicas atribuye a una mayor disponibilidad de carbono orgánico en el suelo, el cual, es utilizado como alimento para el incremento de las comunidades bacterianas (Bielińska *et al.,* 2012). Mientras en el manejo convencional el IDS es bajo por la aplicación excesiva de fertilización nitrogenada con urea, ya que los insumos inorgánicos para la agricultura tienen un impacto significativo en las poblaciones bacterianas (de Graaff *et al.,* 2019).

Manejo agronómico	Parcela	Índice de diversidad de Shannon
Orgánico	Minguelito	**3.17[a]**
Convencional	Cofradía	2.58[b]

Cuadro 2. *Índice de diversidad de Shannon de cultivos de pitaya de diferente manejo agronómico*
Letras indican diferencia estadística por ANOVA Tukey P < 0.05

CONCLUSIONES. Lo anterior, nos indicó que el manejo orgánico incrementa la diversidad bacteriana de la rizósfera de los cactus de pitaya y que los mantiene con una buena sanidad

vegetal. Mientras que el manejo convencional, disminuye las poblaciones bacterianas. Lo cual es recomendable la aplicación de enmiendas orgánicas para evitar la pérdida de fertilidad y contaminación de los suelos.

REFERENCIAS.

1. Acharya, M., Ashworth, A. J., Yang, Y., Burke, J. M., Lee, J. A., & Acharya, R. S. (2021). Soil microbial diversity in organic and non-organic pasture systems. PeerJ, 9, e11184.
2. Bebber, D. P., & Richards, V. R. (2022). A meta-analysis of the effect of organic and mineral fertilizers on soil microbial diversity. Applied Soil Ecology, 175; 104450.
3. Bielińska, E., & Mocek-Płóciniak, A. (2012). Impact of the tillage system on the soil enzymatic activity. Archives of Environmental Protection.
4. de Graaff, M. A., Hornslein, N., Throop, H. L., Kardol, P., & van Diepen, L. T. (2019). Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: a meta-analysis. Advances in Agronomy, 155, 1-44.
5. González-Estrada, A., & Camacho Amador, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(8), 1733-1745.
6. Hernández-Gómez, L., Salgado-García, S., Gómez-Leyva, J.F., Cordova-Sánchez, S., Ramirez-May, A.G., Aranda-Ibáñez, E.M., Y Ortiz-García, C.F. (2020). Diagnóstico sobre las bacterias rizosféricas asociadas al cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) Agro Productividad, 13 (4).
7. Samaniego-Gaxiola, J. A., & Chew-Madinaveitia, Y. (2007). Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 78(2), 383-390.
8. Sun, H., Koal, P., Liu, D., Gerl, G., Schroll, R., Gattinger, A., ... & Munch, J. C. (2016). Soil microbial community and microbial residues respond positively to minimum tillage under organic farming in Southern Germany. Applied Soil Ecology, 108, 16-24.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324149

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTAGÓNICA DE LA CEPA ENDÓFITA SER3 CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

Daniela Bucio García[1], María Fernanda Marín Méndez[2], Gustavo Santoyo-Pizano[3], Aurora Ines Flores Piña[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1912290g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1910942h@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gustavo.santoyo@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aurora.flores@umich.mx

Palabras Clave: Cepa endófita, hongos fitopatógenos, actividad antagónica.

RESUMEN. La producción, distribución, venta y consumo de productos agrícolas enfrentan importantes desafíos debido a los patógenos fúngicos, que no solo provocan pérdidas económicas, sino que también tienen efectos perjudiciales para la salud humana. Para mitigar estos daños, los cultivos suelen ser tratados con productos químicos, lo cual puede llevar al desarrollo de resistencia en los patógenos, y causar problemas de salud. Como alternativa a los agroquímicos, se propone el uso de agentes de control biológico, como las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPBs), incluyendo organismos endófitos que combaten los patógenos a través de varios mecanismos, destacando la competencia por espacio y nutrientes. En este proyecto se utilizó la cepa endófita SER3 para combatir los patógenos fúngicos 4BF y 62BCV. Se realizaron ensayos postcosecha con jitomates cherry y ensayos de confrontación en medios de cultivo PDA/AN y CAS, este último para determinar la producción de sideróforos de la cepa endófita y de los patógenos. Además, se diseñaron oligonucleótidos para identificar secuencias codificantes de proteínas que participan en la quelación del hierro. Los resultados de los ensayos postcosecha mostraron que la cepa SER3 redujo el área del micelio de 62BVC en una medición y de 4BF, en las 3 mediciones. En los ensayos de confrontación, en cajas Petri, SER3 demostró una mayor eficiencia en la inhibición del crecimiento de la cepa 4BF en comparación con la cepa 62BCV. Por otro lado, un análisis in silico reveló la presencia de un gen de transporte, una proteína, una enzima monooxigenasa y una enzima descarboxilasa, cuyos roles se confirmaron mediante PCR para verificar su función en la generación de desferrioxamina E. En conclusión, los resultados indican que la cepa endófita SER3 tiene un notable potencial para inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos.

INTRODUCCIÓN. Las enfermedades generadas por fitopatógenos son un desafío importante para la agricultura, la economía y la salud. Con el fin de disminuir esta problemática se propone el uso de agroquímicos, los cuales representan riesgos potenciales tanto al medio ambiente como a la salud de quien los utiliza. En este aspecto, las cepas endófitas han surgido como una alternativa de biocontrol, debido a que poseen la capacidad de inhibir el crecimiento de diversos patógenos mediante distintos mecanismos tales como la competencia por espacio y nutrientes, tal como la producción de sideróforos, entre otras representadas por bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB's). Por lo que en este proyecto se evaluó la actividad antagónica que posee la cepa

endófita SER3 contra los patógenos fúngicos 62BCV y 4BF, así como los genes que codifican para la generación de la desferrioxamina E.

ANTECEDENTES. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB's) han surgido como alternativa para el tratamiento de fitopatógenos postcosecha. La cepa endófita SER3 fue aislada por (morales-cedeño en 2019) debido a su capacidad antagónica contra diversos patógenos fúngicos, y su identificación mostró una secuencia con el 94% de identidad con Rahnella aquatilis, sin embargo, en su trabajo realizado en el 2024 identifica a esta cepa como Rouxiella badensis. En 2021 Morales-cedeño menciociona diversos mecanismos de acción antifúngica contra fitopatógenos incluyendo la producción de compuestos difusibles tales como enzimas hidrolíticas, sideróforos, lipopéptidos, fenazinas, aminociclopropano 1 y descarboxilado (ACC) desaminasa, así como antibióticos y compuestos volátiles como el disulfuro de dimetilo, cianuro de hidrógeno entre otros. También encontró que el genoma de Rouxiella badensis SER3 tiene una similitud del 100% con componentes quelantes de hierro del tipo desferrioxamina mejor conocidos como sideróforos que pueden restringir el crecimiento de patógenos fúngicos. Asi mismo en su trabajo del 2024, (morales-cedeño) menciona el grupo de genes involucrados en la producción de la desferrioxamina E, compuesto por dfoJ, dfoA, dfoS y dfoC, y localiza su posición en el genoma de Rouxiella badensis SER3.

OBJETIVO. Realizar un experimento de antagonismo entre SER3 y 62BCV Y 4BF en medio CAS midiendo el halo de la producción de sideróforos. Hacer experimento de biocontrol de 62BCV y 4BF con la bacteria Rouxiella badensis SER3 en jitomates cherry inoculando a SER3 0, 24 y 48 hrs antes. Tomar micrografías del micelio de 62BCV y 4BF en los jitomates cherry en interacción con SER3. Diseñar oligos del gen dfoJ y dfoA que codifica para la síntesis de sideróforos en SER3 y realizar un análisis in silico y de PCR.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Establecimiento de ensayos postcosecha en jitomates Cherry. Lavado y desinfección de los frutos por 10 minutos. Preparación de un buffer de fosfatos PBS (ayuda a mantener la integridad celular) a pH de 7.4 para inmersión de jitomates cherry. Los frutos se colocaron en 6 frascos para tres tratamientos de 0, 24 y 48 hrs. de inoculación, en 3 frascos con frutos se adiciona 150 ml de PBS y en los otros 3 frascos se adicionará frutos inmersos en 150 ml de inóculo de la cepa endófita SER3 ajustado a una densidad óptica de 1 para los tres tratamientos. Posteriormente se colocaron 4 jitomates por 12 frascos con pellets fúngicos de 62BCV y 4BF por tratamiento de PBS y de inóculo bacteriano. Se tomaron mediciones del crecimiento del área del micelio de los días 1,3 y 6 de cada jitomate y por cada tratamiento.

Establecimiento de ensayos de confrontación en cajas Petri. Elaboración de medios de cultivo en cajas petri con medio CAS (FeCl3*6H2O*10 mM HCl, CAS, HDTMA, BK (pseudomonas agar base), PIPES) y medio PDA mezclado con agar nutritivo (1:1), se inocularon en cultivo dual para la confrontación de un pellet fúngico (62BCV y 4BF) contra un pellet bacteriano(100µl) formado de una suspensión de la bacteria con PBS en tratamientos de 0,24 y 48 hrs. dos réplicas por tratamiento y por cepa fúngica, además de controles de la bacteria y de las cepas fúngicas.

Estadístico. Análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Duncan con un alfa de 0.05 se utilizaron para comparar las medias de las mediciones del día 3 tanto de los ensayos de

biocontrol como de los ensayos de confrontación y así determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

Ensayos in silico. Diseño de oligos a partir de la base de datos de NCBI de especies relacionadas a Rouxiella badensis SER3, se utilizó el programa anti SMASH para identificar secuencias codificantes de proteínas quelantes de hierro en SER3.

Extracción de DNA. La extracción de DNA se realizó por medio del kit Wizard® Genomic DNA Purification Kit según las instrucciones del proveedor. Además en la electroforesis se colocaron 50 ng para el volumen final de la reacción,12.5 uL del mix Green Taq, 1 uL del cada uno de los oligos, el gDNA y agua.

Prueba de PCR. En la prueba de PCR se realizaron 30 ciclos con loops de desnaturalización, alineamiento de primers y polimerización, la desnaturalización de la muestra se dio a una temperatura de 95°C por cinco minutos, con una extensión final a 72°C por 5 minutos.

Electroforesis. Gel de electroforesis con agarosa y buffer TAE(Tris-acetato-EDTA) 500ml a 1X, electroforesis a 1200 volts por 25 min y uso del marcador molecular Ladder de 1Kb de promega para identificación de bandas.

RESULTADOS.

Ensayos postcosecha en jitomates Cherry. Los resultados muestran que hubo una inhibición en el tratamiento de 0 hrs. con respecto al patógeno de 62BCV (tabla 1 y gráfica 1) mas no hubo diferencia significativa. En cuestión del patógeno 4BF se obtuvieron mejores resultados en su inhibición encontrando diferencias significativas en el tratamiento.

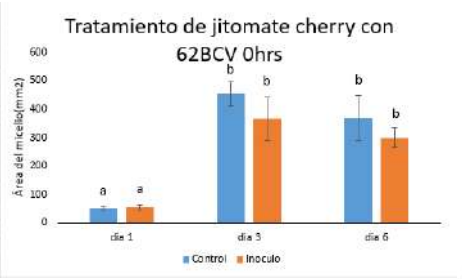


Tabla 1
Área del micelio (mm) de 62BCV en jitomates cherry

	Control	Inoculo
Tratamiento 0hrs. *		
Día 1	52.6675	54.525
Día 3	453.2675	366.7482
Día 6	368.8527	298.6544
Tratamiento 24 hrs.		
Día 1	59.5317	60.0001
Día 3	287.1930	302.6558
Día 6	303.6552	322.6254
Tratamiento 48 hrs.		
Día 1	46.2067	43.1094
Día 3	330.5983	396.1002
Día 6	290.8441	417.6990

***Gráfica 1**. Tratamiento de jitomate cherry inoculado con SER3 y 62BCV 0 hrs.*

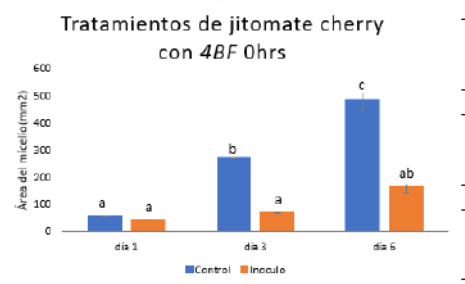
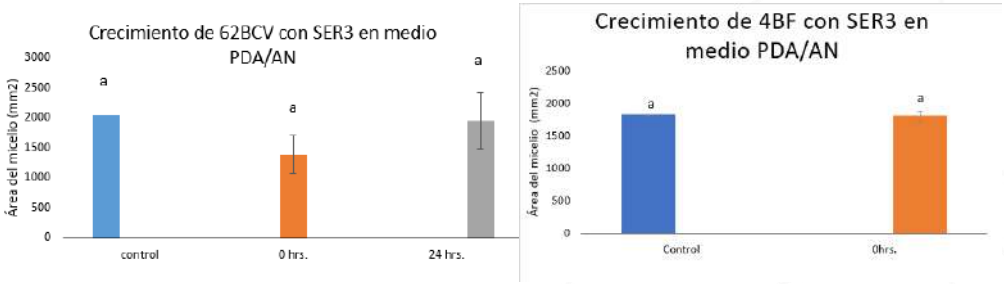


Tabla 2
Área del micelio (mm) de 4BF en jitomates cherry

	Control	Inoculo
Tratamiento 0hrs. *		
Día 1	53.8493	40.7178
Día 3	270.8254	68.0046
Día 6	480.7337	161.1089
Tratamiento 24 hrs.		
Día 1	94.6416	40.3631
Día 3	426.7707	163.7721
Día 6	479.7155	118.2906
Tratamiento 48 hrs.		
Día 1	66.0755	60.6551
Día 3	325.8021	159.1424
Día 6	1154.4883	144.0132

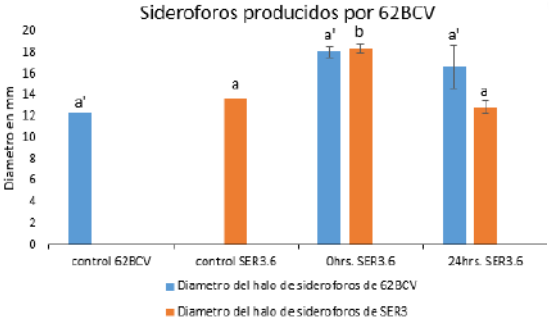
***Gráfica 2**. Tratamiento de jitomate cherry inoculado con SER3 y 4BF 0 hrs.*

Ensayos de confrontación en cajas Petri. Se observa una disminución en el crecimiento de ambos patógenos en el tratamiento de 0 hrs. (Gráfica 3 y 4).

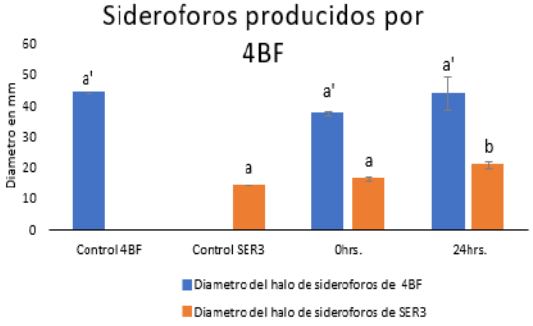


Gráfica 3. *Crecimiento de 62BCV en confrontación con SER3 en medio PDA/AN* ***Gráfica 4.****Crecimiento de 4BF en confrontación con SER3 en medio PDA/AN.*

La confrontación de los patógenos y la bacteria en medio CAS muestra similitudes en la producción de sideróforos entre 62BCV y SER3, mientra que en la confrontación 4BF con SER3 existe mayor producción de sideróforos en el patógeno(Gráficas 3 y 4).



Gráfica 3. *Producción de sideróforos de 62BCV en medio CAS*



Gráfica 4. *Producción de sideróforos de 4BF en medio CAS*

Ensayos in silico. De acuerdo a los resultados de la base de datos de NCBI y el programa de anti SMASH se determinó la posición de los genes dfoJ, dfoA, dfoS y dfoC en la secuencia de DNA de SER3(Fig.1).

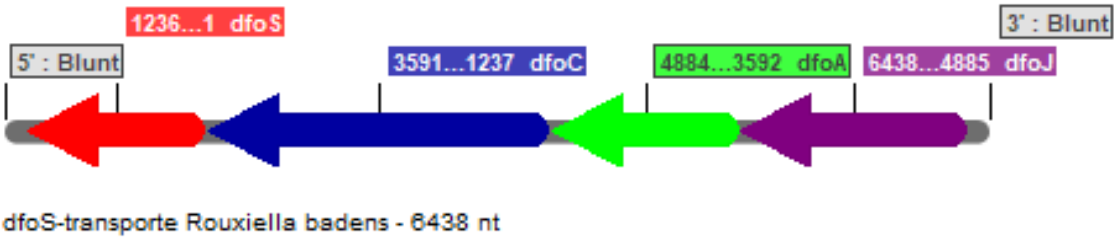


Figura 1. *Resultados in silico de genes que codifican para la producción de sideróforos en SER3.*

Extracción de DNA. Se observan fragmentos de DNA del mismo tamaño (Fig. 2).

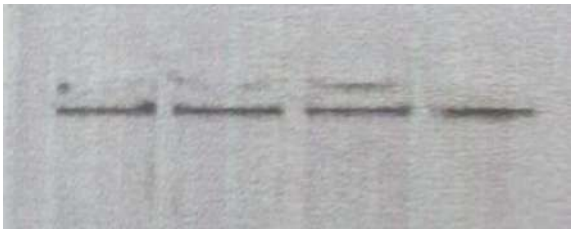


Figura 2. *Bandas de electroforesis resultantes de la extracción de DNA de SER3*

Prueba de PCR. Se obtuvieron ladder bandas de 250 y 550 nt, amplicón dfoA 574 nt y amplicón dfoJ 554 nt (Fig.3).

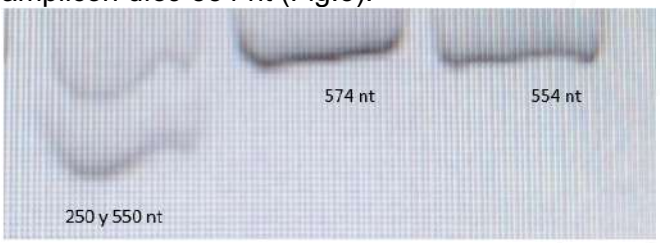


Figura 3. *Electroforesis que comprueba la presencia del gen dfoA y dfoJ en SER3*

CONCLUSIONES. La cepa endófita SER3 es capaz de inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos 62BCV y 4BF.

REFERENCIAS.

1. Cedeño, L. R. M. (2019). Identificación molecular de patógenos fúngicos que afectan a las berrys postcosecha y evaluación de bacterias antagonistas para su biocontrol. [Tesis de maestría inédita]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
2. Cedeño, L. R. M. (2024). Evaluación de los mecanismos de biocontrol de la cepa bacteriana ser3 contra patógenos postcosecha: un enfoque genómico-funcional. [Tesis de doctorado inédita]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
3. Morales-Cedeño, L. R., de los Santos-Villalobos, S., & Santoyo, G. (2021). Functional and genomic analysis of Rouxiella badensis SER3 as a novel biocontrol agent of fungal pathogens. Frontiers in microbiology, 12. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.709855

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324154

DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO Y TECNOLOGICO DE HARINA COMPUESTA ELABORADA A PARTIR DE LOS DESECHOS DE LA CASCARA DE PLATANO (Musa paradisiaca) VERDE Y AMARILLO

Abraham Alberto Estrada Pacheco[1], Rosa María García Martínez[2], María de Jesús Ayala[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1416633c@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; dirección.fqfb@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; maría.ayala@umich.mx

Palabras Clave: Plátano, Cascara, Harina

RESUMEN. Los bananos o plátanos de la familia Musa spp, son cosechados todo año, obtenidos verdes y suministrados al público frescos. En México su producción en 2022 fue de 2,593, 024 toneladas, sin embargo, en la cosecha se genera un residuo lignocelulósicos el tallo y las hojas. Una vez que el racimo llega a la planta de empaquetado se genera otro residuo; el raquis del racimo y finalmente se genera un rechazo del fruto que no ha alcanzado los estándares de calidad para venta y exportación. La cantidad de desperdicio es alta, alrededor del 53.76% por ello el proyecto se basa en la reutilización y un análisis de la biomasa residual para prever su aprovechamiento a nivel nutricional y valorar las características físico-químicas y morfológicas, a través de la obtención y enriquecimiento de una harina compuesta, a base de cascara de plátano verde y amarillo, considerado una medida de sustentabilidad. En consecuente el análisis experimental paso por una serie de etapas desde la evaluación morfológica del plátano clasificado en la categoría “Extra”, dentro del parámetro de calidad (CXS 205-1997) , seguido de asepsia (Hipoclorito de sodio al 2%), pardeamiento enzimático (C6H8O7 1%), secado (deshidratador solar), molienda y análisis proximal de harina de cascara de plátano verde; humedad (7.32 ± 0.19 %), cenizas (12.17 ± 0.17 %) y Extracto Etéreo (5.84 ± 0.12%) entre otras pruebas(Fibra soluble e Insoluble), en comparación a la harina de cascara de plátano amarillo humedad (6.82 ±0.16 %), cenizas (17.58 ± 0.30 %), Extracto Etéreo (8.13± 0.04), la cáscara de banano tiene un gran potencial como fuente para la obtención de compuestos como fibra dietética (soluble e insoluble) y proteína, al mismo tiempo que brinda un valor agregado a dichos residuos agroindustriales, para la obtención de harinas compuestas con alto valor nutricional y tecnológico en la panificación.

INTRODUCCIÓN. El plátano se posiciona en primer lugar a nivel nacional en consumo fresco, es considerado como alimento básico en la dieta de la población mexicana debido a sus características organolépticas, disponibilidad en todo el año, precio accesible y alto valor nutritivo, cada 100 g de porción comestible contiene 350 mg de potasio, 3.4 g de fibra dietética, 1.2 g de proteína, 20 g de carbohidratos y almidón de 12 a 45 g/kg en peso seco. La industria agrícola genera una importante cantidad de residuos con gran potencial para ser transformados en productos con valor comercial agregado utilizados con diversos fines

científicos y nutricionales. En el procesamiento industrial del plátano, el subproducto principal es la cáscara que representa el 30% del peso total del fruto, sin embargo, es un residuo orgánico utilizado básicamente para la alimentación del ganado, abono verde o desecho, generando contaminación ambiental. Este proyecto se basa en la reutilización de biomasa residual de la cáscara del plátano con la finalidad de enriquecer una harina compuesta para el desarrollo de productos secundarios con elevado valor nutritivo y como una medida de sustentabilidad y cuidado del medio ambiente. La cáscara de plátano por sus características funcionales, capacidad antioxidante, fibra dietética y de almidón, así como de vitaminas A, C, B1, B2, B3 y minerales potasio, calcio, zinc, fósforo, magnesio, nitrógeno, puede ser utilizada como ingrediente funcional para enriquecer y proporcionar una propiedad funcional en la elaboración de harinas compuestas para su uso en la elaboración de pastas alimenticias, productos de panificación y biopelículas, sólo por comentar algunos productos posibles. la reutilización de los subproductos derivados para el desarrollo de productos secundarios deben ser una medida para la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente. Que, derivado del consumo de ciertos alimentos frescos o por su industrialización, se originan residuos orgánicos de composición química importante de diferente funcionabilidad presentado un valor económico y tecnológico agregado, aunado a múltiples beneficios para la salud del ser humano por su alto contenido de vitaminas, minerales, proteínas, fibras y almidón, contribuyendo con la disminución de la contaminación ambiental. El aprovechamiento de la cáscara de plátano por sus características funcionales, capacidad antioxidante, fibra dietética y de almidón, así como de vitaminas (A, C, B1, B2, B3) y minerales (potasio, calcio, zinc, fósforo, magnesio, nitrógeno) puede ser utilizada como ingrediente funcional para enriquecer y proporcionar una característica y propiedad funcional en la elaboración de harinas compuestas y su uso en la elaboración de pastas alimenticias, productos de panificación y biopelículas, sólo por comentar algunos productos posibles. De acuerdo con la FAO las harinas compuestas se clasifican en dos categorías: las harinas de trigo diluidas, sustituyendo la harina de trigo por otras harinas hasta un porcentaje del 40% como máximo y las harinas compuestas que no contienen trigo, siendo la harina de soya la mezcla más frecuente. Con ello, se pretende lograr que los consumidores sean conscientes de la relación existente entre la salud y una dieta equilibrada.

ANTECEDENTES. La Biotecnología es un término que empezó a utilizarse a principios de la década de los 60´s para describir toda una serie de procesos de naturaleza biológica. La Biotecnología alimentaria se ha definido como el uso de las tecnologías biológicas para la producción, transformación y/o preservación de alimentos, o bien para la producción de materias primas, aditivos y coadyuvantes en la industria alimentaria. También, se involucra en los procesos de transformación, como una etapa del proceso que cumple con una o varias funciones como el caso del mejoramiento de la calidad nutrimental o de las características organolépticas de un alimento o bien como único objetivo la preservación de un alimento sin dañar sus propiedades químicas y nutricionales y que además presente un elevado grado de aceptabilidad cuando sea consumido. La industria alimentaria es un sector de enorme tamaño y gran diversidad y evidentemente de suma importancia. A diferencia de otros alimentos perecederos que se empacan en atmósferas modificadas y se refrigeran, los productos hortofrutícolas continúan respirando después de ser cosechados, consecuentemente cualquier empacado posterior debe considerar esta actividad respiratoria. La respiración es un fenómeno bioquímico muy complejo, mediante el cual, polisacáridos, carbohidratos, péptidos, proteínas, ácidos orgánicos y otras fuentes de

energía se metabolizan en metabolitos o moléculas simples, con la finalidad de llevar a cabo procesos vitales como el desarrollo, la madurez y la senescencia. El rendimiento en la producción de recursos agrícolas es limitado debido a su corta vida útil, esto como resultado de la actividad respiratoria en la etapa de postcosecha donde las pérdidas se han estimado para países desarrollados del 5-25% y de 20-25% para países subdesarrollados. En el caso de la cosecha del racimo de plátano se utiliza del 20 al 30% de su biomasa, con un 70 a 80% por utilizar, representada por el tronco de la planta con sus hojas, el brote floral, el raquis y la cáscara, representando entre el 35% y el 40% la cascara del plátano, residuo potencialmente aprovechable en la fabricación de diferentes productos secundarios de valor agregado como las harinas compuestas y almidón utilizados para la formulación de pastas alimenticias, productos de panificación y biopelículas. Las pectinas obtenidas del consumo de los frutos y vegetales son importante para el equilibrio del metabolismo y composición de la microbiota intestinal, estudios realizados en genomas bacterianos indican que tienen la capacidad de utilizar la pectinas para su crecimiento, hallazgo que sugiere investigar su potencial prebiótico, además de ser útil en la industria del snack. En el caso del almidón resistente es recomendado como sustrato en condiciones probióticas para estimular el crecimiento de Bifidobacterium. A pesar de ello, la gran cantidad generada de cascaras de plátano (residuos orgánicos=biomasa residual), es un problema para la industria agroalimentaria específicamente en el almacenamiento y disposición final, sobre todo para el medio ambiente, generalmente son dispuestas en fuentes de agua, lo cual, favorece la contaminación del suelo y del agua, aunado a ello se promueve la proliferación de plagas y genera malos olores. La fibra soluble de la cascara de plátano presenta efectos probióticos positivos para la salud humana por la capacidad para bloquear la adhesión y translocación de bacterias patógenas como Escherichia coli a las células humanas procedentes de carcinoma de colon (células Caco-2). Representando un nuevo mecanismo, por el cual, promueven la salud intestinal y previenen la diarrea infecciosa. Se sugiere que por las características nutricionales de la cascara de plátano, en base a su contenido de polifenoles en el tallo, puede ser considerada como un antioxidante natural y debe ser aprovechada para la elaboración de productos secundarios con cualidades promotoras de salud en la prevención de enfermedades crónico-degenerativas asociadas al estrés oxidativo por los radicales libres.

OBJETIVO. Desarrollo, elaboración y caracterización de una harina obtenida a partir de la cáscara de plátano. Evaluar sus propiedades químicas, térmicas, funcionales y morfológicas de la harina, masa y almidón para elaboración de pastas alimenticias, productos de la panificación y recubrimiento en frutos frescos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Recolectadas las cascaras de plátano, se procederá a clasificar en base a su etapa de maduración a través de cambio físicos notorios: color, peso, tamaño, Se determinará el análisis proximal de harinas, basándose en la Metodología descrita en el AOAC y en las Normas Mexicanas, lo cual incluye los siguientes parámetros: Determinación de humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibra dietética. Posteriormente al análisis físico en cuanto a la calidad del plátano se procederá al lavado y desinfección con una solución de hipoclorito de sodio al 2% (p/p), para evitar el pardeamiento enzimático, se sumergirán en solución de ácido cítrico (0.5%) por 5 minutos, se almacenarán a -20°C hasta su uso. Se realizará un secado de las cascaras de plátano a exposición climática solar por medio de un sistema convencional hasta la completa desecación de las muestras hasta la facilidad de romperlas, seguido de una molienda y un tamizado hasta la obtención a un

tamaño de partícula menor a 180 micrómetros. Aquí vendrá el cálculo del rendimiento y la evaluación de calidad de la harina de la cascara de plátano, mediante la determinación de humedad (método directo) , cenizas (incineración), nitrógeno (Micro Kjeldhal) , fibra cruda (Digestor de fibra) , grasas (Equipo Soxhlet) , para proceder a la caracterización fisicoquímica (distribución del tamaño de partícula, índice de tamaño de partícula, índice de absorción de agua).

RESULTADOS. Fig. 1. Comparación entre resultados a partir de harinas obtenidas de la cascara de plátano en diferentes estados de maduración.

Prueba	Cascara de plátano verde	Cascara de plátano amarillo
HUMEDAD	7.32 +/- 0.19 %	6.82 +/- 0.16
CENIZAS	12.17 +/- 0.17 %	17.58 +/- 0.30%
EXTRACTO ETEREO	5.84 +/- 0.12%	8.13 +/- 0.04 %
FIBRA	19.08 +/- 0.16%	5.06 +/- 0.01%
COLOR	Tono: 7.31 +/- 0.03	Tono: 6.97 +/- 0.38
	HUE: 217.81 +/- 0.21	HUE: 204.70 +/- 2.38
INDICE DE ABSORCION DE AGUA	16.91 +/- 0.09g de gel /g de muestra seca	17.27 +/- 0.17 g de gel / g de muestra seca
INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA	27.66 +/- 0.11 %	27.37 +/- 0.03%

CONCLUSIONES. De acuerdo con la maduración que conlleva deterioro de la clorofila, de pectina y transformación de almidón a azúcares, etc. propicia un cambio en las propiedades analizadas de manera que de pueden evaluar diferentes objetivos funcionales nutricionalmente hablando en el diseño de una harina funcional de acuerdo al publico en el que este dirigido.

REFERENCIAS.

1. Oms, Codex alimentarius. (2022) Norma para el banano (plátano) CXS 205-1997. www.codexalimentarius.org
2. SEGOB. (2009) NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. WWW.GOB.MX
3. Food and agricultura organization. NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE TRIGO. Fao.org

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324155

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LARVAS DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (J. E. SMITH)

Cristian Ángel-García[1], Selene Ramos-Ortiz[2], Samuel Pineda-Guillermo[3], José Isaac Figueroa-de la Rosa[4], Jorge Fonseca-Madrigal[5], Norma Zamora-Avilés[6], Luis Jesús Palma-Castillo[7], Ana Mabel Martínez-Castillo[8]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2026561g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. selene.ramos@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. samuel.pineda@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. jose.figueroa@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. jorge.fonseca@umich.mx

6 El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), normazam@gmail.com

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ljpalmac@gmail.com

8 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ana.martinez@umich.mx

Palabras Clave: Lípidos, Insectos, Cromatografía de Gases.

RESUMEN. Este trabajo tuvo el objetivo de estudiar los ácidos grasos (AGs) presentes en larvas de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith), la plaga más importante maíz del mundo. La caracterización de los AGs es importante, no sólo para establecer una base o perfil metabólico de esta especie, sino también para comprender la función de éstos en el desarrollo larvario y procesos de producción in vivo de los baculovirus, cuyo fundamento de producción es el uso de larvas huéspedes para la replicación del patógeno. En este sentido, se hipotetiza que los procesos de auto-oxidación de los AGs de los insectos huéspedes pueden generar radicales libres (RL), los cuales podrían degradar el material genético de los Baculovirus. Estos patógenos de ADN poseen un gran potencial como insecticidas biológicos para controlar las poblaciones de sus huéspedes. La caracterización de los AGs presentes en larvas de S. frugiperda pueden contribuir a identificar aquellos que pueden favorecer la producción de RL durante el aislamiento y formulación de los baculovirus. En este estudio, se procesaron 32 larvas de S. frugiperda para identificar a los AGs totales en dos etapas de desarrollo (cuarto y sexto estadio). Las larvas se sometieron a un proceso de derivatización y la identificacion se realizó por cromatografía de gases. Se lograron identificar 4 ácidos saturados (AGS), 2 monoinsaturados (AGM) y 2 poliinsaturados (AGP). En orden de mayor a menor abundancia se determinaron al acido Palmítico, Ácido Linoléico, un ácido graso poliinsaturado de la serie omega-6 y Ácido Oléico. Se concluye que S. frugiperda posee un número importante de ácido grasos saturados esenciales para su desarrollo larvario y que la edad fue un factor influyente en su porcentaje total.

INTRODUCCIÓN. Spodoptera frugiperda (J.E. Smith), comúnmente conocida como el gusano cogollero, es considerada la plaga más importante de maíz, Zea mayz L., a nivel mundial. Esta relevancia provoca problemas acarreados a su control, ya que, mayoritariamente, el control de poblaciones, de esta plaga está basado en uso de grandes cantidades de insecticidas químicos. Esto genera serias repercusiones ambientales y problemáticas relacionadas a la resistencia a los insecticidas. Por esta razón, es necesario

mejorar las alternativas de control biológico disponibles en el mercado, entre las cuales destacan las formulaciones basadas en suspensiones virales. Estas formulaciones son consideradas una de las soluciones más prometedoras para el manejo sostenible de S. frugiperda, siendo su baculovirus homólogo, el nucleopoliedrovirus múltiple de S. frugiperda (SfMNPV), el agente biológico de mayor relevancia. El SfMNPV es un baculovirus que ha sido aislado en larva de S. frugiperda colectadas tanto en el norte como en el sur de Centroamérica, y se ha registrado que este patógeno es capaz de provocar mortalidades elevadas en condiciones de campo (Martínez et al., 2012). A pesar de la eficacia del SfMNPV en el control de la plaga, la producción de las formulaciones líquidas de este baculovirus presenta desafíos significativos, especialmente relacionados con la pérdida de la actividad biológica del patógeno a lo largo del tiempo. La principal limitación radica en la contaminación generada durante la producción del virus in vivo. Este sistema de producción, se basa en la multiplicación del virus a través del ciclo natural en su hospedero, S. frugiperda, y es considerado como el de mayor replicabilidad por la facilidad de establecer las condiciones necesarias para llevarse a cabo de una manera económica. Este proceso expone la cosecha de los OBs (cuerpos de oclusión por sus siglas en inglés) a la posible contaminación con la microbiota y componentes celulares provenientes del propio hospedero. A pesar de los avances en la producción, el conocimiento sobre qué factores específicos afectan la actividad biológica del virus durante su almacenamiento sigue siendo limitado (Lasa et al., 2008). Una de las hipótesis más relevantes apunta a la degradación del material genético del virus, causada por una saturación inicial de radicales libres, los cuales podrían originarse a causa de la oxidación de los AGs que se liberan de los tejidos del insecto durante el proceso de purificación y a su vez estos son acarreados durante la maceración de los restos celulares y recuperación de los OBs (Zamora-Avilés et al., 2017).

ANTECEDENTES. La plaga de mayor importancia del maíz en México y el mundo es S. frugiperda (Blanco et al., 2014). Para el control de este insecto se han implementado varias acciones a fin de controlar los daños provocados sobre este cultivo, entre ellas el control químico. No obstante, su uso excesivo tiene un impacto negativo en las poblaciones de organismos benéficos, al favorecer el desarrollo de resistencia e incrementar el deterioro ambiental (Blanco et al., 2014). Sin embargo, se ha reconocido que los baculovirus, en particular el nucleopoliedrovirus múltiple de Spodoptera frugiperda (SfMNPV), representan una alternativa biológica efectiva para controlar esta plaga al causar una alta mortalidad larvaria sin daños ambientales significativos (Martínez et al., 2012). La producción in vivo es el método más utilizado para la producción de los baculovirus (Grzywacz et al., 2014), el cual consiste en el uso de los propios huéspedes para la replicación del patógeno. Una de las ventajas que ofrece este sistema de producción es que no se requiere de un equipo altamente tecnificado (Ziemnicka, 2007). No obstante, la producción in vivo tiene la limitante de ser altamente sensible a la contaminación, especialmente a la presencia de bacterias que se reproducen en el propio huésped durante la replicación. Así mismo, la oxidación de los ácidos grasos (AGs) que se liberan de los tejidos del insecto durante el proceso de purificación pueden generar radicales libres (RL), los cuales así mismo pueden inactivar el ADN viral durante el almacenamiento de los formulados (Grzywacz et al., 2014).

OBJETIVO. Cuantificar e identificar los ácidos grasos totales en larvas de S. frugiperda en dos etapas de desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron 16 larvas de S. frugiperda de cuarto y sexto estadio, tomadas al azar de una cría establecida en el laboratorio de Entomología Agrícola del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-UMSNH. Las larvas se pesaron y congelaron y después se colocaron en un tubo de ensayo de 15 mL, en donde se maceraron con una espátula metálica hasta formar una mezcla homogénea. Las larvas se sometieron a un proceso de derivatización, el cual transforma los AGs, polares y no volátiles, en compuestos volátiles y térmicamente estables. Posteriormente, se realizó la cuantificación y caracterización de los AGs por cromatografía de gases (Agilent Technologies 6850 Network GC System) usando un inyector de la misma marca modelo 7683. Para el análisis de los datos se utilizó un ANOVA de dos vías, tomando la edad (cuarto y sexto estadio) como un factor.

RESULTADOS. Dentro del perfil de ácidos grasos (AGs) se lograron cuantificar 4 AG saturados (AGS), 2 monoinsaturados (AGM) y 2 poliinsaturados (AGP) (Cuadro 1). Se observó una respuesta significativa del factor edad sobre los ácidos grasos totales AGS ($P = 0.003$), AGM ($P = 0.034$) y (AGP) ($P < 0.001$). En orden de mayor a menor abundancia se determinaron los siguientes ácidos grasos: 1) Ácido Palmítico (C16), el cual es esencial para la formación de lípidos de membrana y puede ser precursor para la síntesis de otros ácidos grasos, 2) Ácido Linoléico (18:2n-6), un ácido graso poliinsaturado de la serie omega-6, que es esencial en la síntesis y 3) Ácido Oléico (18:1n-9), el cual juega un papel en la señalización celular y en la regulación de la inflamación. En relación a los AGS totales, se observó una mayor cantidad en larvas más jóvenes (cuarto estadio) y fueron disminuyendo conforme al incremento del tiempo. Estos resultados pueden ser esperados, ya que los AGS son necesarios para las funciones fisiológicas-estructurales y pueden ser acumulados en forma de reserva y, por tanto, son sintetizados por el propio insecto desde su emergencia del huevo (Santurino et al., 2016). Por el contrario, la cantidad de AGM y AGP tendió a incrementar en larvas de mayor edad, lo cual se podría explicar debido a que pudieran ser adquiridos de forma exógena y acumulados como consecuencia de su constante alimentación.

Tipo de ácido graso	Nombre común del ácido graso	Nomeclatura
Saturados	Miristico	C14
	Palmítico	C16
	Estearico	C18
	Araqudico	C20
Monoinsaturados	Oléico	18:1n-9
	Palmitoleico	18:1n-7
Poliinsaturados	Linoléico	18:2n-6
	Linolénico	18:3n-3

***Cuadro 1**. Perfil de ácidos grasos obtenidos en larvas de S.frugiperda.*

CONCLUSIONES. Se identificó a un importante grupo de ácidos grasos presentes en las larvas de S. frugiperda y la edad fue un factor influyente sobre su porcentaje total. La caracterización de estos ácidos grasos podría contribuir a lograr establecer las mejores

estrategias para mitigar el impacto de los RL, lo que podría mejorar la efectividad de las formulaciones de los baculovirus y aumentar su viabilidad durante el almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue apoyado por la Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI, FCCHTI22_ME019) a A.M.M.C. Se agradece a la M.C. Sibila Concha-Santos del Laboratorio de Biotecnología Acuícola y Acuicultura; Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH, por su colaboración en la caracterización y cuantificación de los ácidos grasos.

REFERENCIAS.

1. Blanco, C.A., Pellegaud, J.G., Nava-Camberos, U., Lugo-Barrera, D., Vega-Aquino, P., Coello, J.,Terán-Vargas, A.P., & Vargas-Camplis, J. (2014). Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs. Journal of Integrated Pest Management. 5, 1-9.
2. Grzywacz, D., Moore, D. & Rabindra, R.J (2014). Mass production of entomopathogens in less industrialized countries. Mass production of beneficial organisms. 519-561.
3. Lasa, R., Williams, T., & Caballero, P. (2008). Insecticidal properties and microbial contaminants in a Spodoptera exigua Multiple Nucleopolyhedrovirus (Baculoviridae) formulation stored at different temperatures. Journal of Economic Entomology, 101(1), 42-49.
4. Martínez, A. M., Pineda, S., Figueroa, J. I., Chavarrieta, J. M., & Williams, T. (2012). Los baculovirus como bioinsecticidas: Evaluación de un nucleopoliedrovirus para el combate de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) en México y Honduras. Ciencia Nicolaita, (56), 35-50.
5. Santurino, C., García-Serrano, A., Molina-García, J., Sierra. F, P., Castro. G M., Calvo, M. V, & Fontecha, J. (2016). Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. Alimentación, Nutrición y Salud. 23(2), 50–56.
6. Zamora-Avilés, N., Martínez, A. M., Pineda, S., Bravo, I., Figueroa, I., & Lasa, R. (2017). Cool-textured diets for use in baculovirus production. Biocontrol Science and Technology, 27(11), 1327-1338.
7. Ziemnicka, J. (2007). Mass production of nucleopolyhedrovirus of the satin moth Leucoma salicis (LesaNPV). Journal of Plant Protection Research. 48(1), 23-48

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324157

FORMULACIÓN DE PAN FERMENTADO DE HARINA DE LENTEJA (Lens culinaris M.) VERDE

Mariela López Méndez[1], Yuliza Guadalupe Morales Herrejón[1], Consuelo de Jesús Cortés Penagos[1], Berenice Yahuaca Juárez[1]

1Laboratorio de Biotecnología "M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer" de la Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tzintzuntzan 173, Matamoros, 58280 Morelia Michoacán. 1800343c@umich.mx

Palabras Clave: Mariela López Méndez1, Yuliza Guadalupe Morales Herrejón1, Consuelo de Jesús Cortés Penagos1, Berenice Yahuaca Juárez1

RESUMEN. La lenteja es una legumbre de calidad nutricional (proteínas, carbohidratos, fibra dietaria, compuestos bioactivos) y carece de gluten. Actualmente se ha diversificado la forma de consumirla, destacando la harina como alternativa para la producción de pan en sustitución de la harina de trigo (HT). En una harina panadera la tecno-funcionalidad es importante (elasticidad de la masa, capacidad para retener gas y obtener buena miga). Parte de estas propiedades son otorgadas por las proteínas que forman el gluten, las lentejas carecen de dichas proteínas, por lo que su tecno-funcionalidad es distinta a la HT. Considerando esto, es importante adaptar la formulación para la elaboración de pan a base de lenteja. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue, desarrollar una formulación para la producción de pan fermentado de harina de lenteja verde (HLV). Se utilizó HLV obtenida mediante molienda de las semillas. La materia prima base (MPB) fue: agua, margarina, leche en polvo, cocoa, edulcorante, sal, levadura, extracto de vainilla. La formulación 1 fue: MPB, HLV y goma guar (Gg) (0, 1.5, 2.5 y 3.75 %). La formulación 2 (control): MPB y HT. La producción de pan inició con la activación de la levadura (20min/25°C). Posteriormente, el amasado, fermentación y horneado se desarrollaron en una máquina panificadora con un tiempo de 3 horas, la temperatura de horneado fue de 200°C. Los resultados indican que el pan formulado con HLV y Gg tiene textura similar al pan control. El uso de Gg funcionó como estabilizante de la matriz alimentaria, evitando el rompimiento y hundimiento del pan. La formulación con 1.5% de Gg produjo una miga esponjosa poco cohesiva; al incrementar a 2.5% se obtuvo una miga esponjosa-cohesiva y a 3.75% produjo pan duro-compacto. El pan fermentado de HLV con 2.5% de Gg es de calidad comparable al pan fermentado de HT.

INTRODUCCIÓN. La lenteja (Lens culinaris M.) es una legumbre nutricionalmente importante, se caracteriza por su alto contenido en proteínas, además de otros nutrientes como carbohidratos, fibra dietaria y compuestos bioactivos (Lim, 2012). La semilla carece de las fracciones proteicas que forman el gluten, lo que plantea un reto al utilizar su harina en procesos de panificación, ya que el gluten es fundamental para las propiedades tecno-funcionales de la masa, tales como elasticidad, retención de gas, adhesividad, cohesividad y la estructura de la miga. Actualmente, la harina de lenteja se ha convertido en una alternativa para el desarrollo de productos sin gluten, siendo un mercado útil para los consumidores que buscan reducir o eliminar el gluten en su dieta. Sin embargo, debido a la ausencia de las proteínas que forman el gluten, es necesario desarrollar formulaciones que

permitan obtener productos de panificación con características sensoriales y propiedades tecno-funcionales adecuadas (Bender & Schönlechner, 2020).

ANTECEDENTES. El uso de la lenteja como cultivo sostenible ha ganado importancia en la industria alimentaria por su bajo impacto ambiental, además de mejorar la salud del suelo a través de la fijación de nitrógeno. En México, la lenteja es un alimento importante en la dieta, Michoacán destaca como el principal estado productor con un 90 % (Sáenz-Reyes et al., 2022). Esto resalta la relevancia del cultivo en términos económicos, además de ser un componente importante para la seguridad alimentaria del país (Baltazar et al., 2022). Transformar la lenteja en harina puede permitir un mejor aprovechamiento de esta semilla, diversificando su uso como matriz alimentaria (MA) tal es el caso de productos de panificación sin gluten, ofreciendo una opción saludable y accesible para la población. La harina de lenteja verde, al ser rica en proteínas, fibra y micronutrientes (Lim, 2012), representa una alternativa viable frente a la harina de trigo, contribuyendo no solo a la diversificación de la oferta alimentaria, sino también a la promoción de un consumo sostenible y local, favoreciendo a los productores nacionales y la economía rural.

Uno de los principales problemas al formular pan con harina de lenteja es la textura final del producto, ya que carece de las fracciones proteicas gliadina y glutenina que forman gluten, ambas ausentes en las legumbres a diferencia de los cereales que si las contienen (trigo, cebada y centeno). Estas fracciones proteicas al formar el gluten son responsables de algunas propiedades tecno-funcionales de la masa como la elasticidad y la capacidad de retención de gas durante el proceso de fermentación, permitiendo que el pan tenga una miga aireada, suave y esponjosa (Hernández-Espinoza et al., 2013). Por lo que, la harina de lenteja al no contener gluten puede formar panes con una miga densa, seca o poco elástica afectando la textura del producto final. De tal forma que para la industria alimentaria las formulaciones de productos de panadería libres de gluten representan un desafío (Bender & Schönlechner, 2020). Entre los aditivos tecno-funcionales que pueden sustituir el gluten son las gomas naturales, entre ellas la goma guar, que actúa como agente espesante y estabilizador. La goma guar tiene la capacidad de absorber agua, lo que aumenta la retención de humedad en la masa, mejorando la suavidad y humedad del pan tras el horneado. Además, contribuye a la formación de una matriz tridimensional con propiedades viscoelásticas similares a las del gluten, lo cual favorece la cohesión y elasticidad (Bender & Schönlechner, 2020).

Otro factor adverso al usar harina de lenteja es la presencia de compuestos anti-nutricionales, como los inhibidores de tripsina, taninos y fitatos, estos pueden reducir la biodisponibilidad de nutrientes esenciales, son compuestos termolábiles de naturaleza proteica. En particular, los inhibidores de tripsina interfieren con la digestión de proteínas al bloquear la actividad de esta enzima, limitando la absorción de aminoácidos en el tracto gastrointestinal (Kumar et al., 2022). Estos compuestos pueden afectar el valor nutritivo del pan, la digestibilidad y la aceptación sensorial del producto final. Para reducir estos efectos, tratamientos como la imbibición (remojo), la fermentación o la cocción de la semilla de lenteja pueden reducir significativamente los niveles de anti-nutrientes (Olivas Orozco et al., 2021) en la harina de lenteja. Además, es importante mencionar el sabor particular de la lenteja, este tiende a ser poco agradable, presenta notas terrosas y vegetales que pueden no ser bien aceptadas por los consumidores, afectando la aceptación del producto. Es necesario enmascarar el sabor característico de la lenteja mediante la incorporación de ingredientes que suavicen o disimulen estas notas, como el uso de cocoa, la cual, además,

puede añadir un perfil sensorial agradable, haciendo al pan más atractivo para el consumidor sin comprometer su valor nutricional.
Finalmente, la fermentación es una etapa importante en el proceso de elaboración del pan. En el caso del uso de la harina de lenteja puede cumplir con diversas funciones, por un lado, al verse favorecida por el perfil proteico de la semilla y su contenido en compuestos bioactivos, puede mejorar la actividad de las levaduras utilizadas para tal efecto, estimulando el crecimiento microbiano y la producción de dióxido de carbono (CO_2), lo que contribuye a una mejor aireación y volumen del pan. Por otro lado, la fermentación disminuye los compuestos anti-nutricionales mejorando la digestibilidad, debido específicamente a la producción de proteasas por parte de las levaduras involucradas en la fermentación (Calvo-Garza & Mariscal-Moreno, 2023). Aunque la harina de lenteja carece de gluten, el uso de estabilizantes como la goma guar permite crear una matriz que retiene el CO_2, logrando un pan de miga esponjosa y una textura que puede ser comparable a la del pan tradicional de harina de trigo. La incorporación de harina de lenteja en productos de panadería libres de gluten presenta una alternativa nutritiva y funcional, pero requiere adaptar la formulación con el uso de hidrocoloides que mejoren la calidad del producto final.

OBJETIVO. Desarrollar una formulación para la producción de pan fermentado de harina de lenteja verde (HLV).

MATERIALES Y MÉTODOS. Material de estudio. Se utilizó lenteja (Lens culinaris M.) variedad verde adquirida en un mercado local de la cd. de Morelia, Michoacán, se trasladaron al laboratorio de Biotecnología “M.C. Víctor M. Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Las lentejas se pulverizaron a un tamaño de partícula de 0.25 mm utilizando un molino Goldenwall® obteniendo la harina de lenteja verde (HLV). Ingredientes. Harina de lenteja (Verde Valle®), harina de trigo (Tres estrellas®), agua purificada (E-pura®), margarina (Primavera®), leche en polvo (Carnation®), cocoa (Hershey®), edulcorante (Svetia®), sal, levadura (TradiPan®) y extracto de vainilla (Molina®). Se consideró como materia prima base (MPB) para las formulaciones al conjunto de ingredientes: agua, margarina, leche en polvo, cocoa, edulcorante, sal, levadura, extracto de vainilla. Proceso de elaboración de pan. Se llevaron a cabo dos formulaciones, una se consideró el control con harina de trigo (HT) y la segunda correspondió al uso de harina de lenteja verde (HLV) con diferentes concentraciones de goma guar. La formulación 1 (control): MPB y HT. La formulación 2 fue: MPB, HLV y goma guar (Gg) (0, 1.5, 2.5 y 3.75 %). La producción de pan inició con la activación de la levadura (Tuárez Párraga et al., 2020), para ello se preparó una solución de 500 ml de agua purificada adicionada con 10 gr de harina, 1 gr de azúcar, 2 gr de Saccharomyces cerevisiae, se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea, la cual se incubó por 20min a 25°C. Posteriormente, se pesaron los ingredientes y se colocaron una máquina panificadora (primero ingredientes sólidos, seguido de los líquidos), una vez amasados los ingredientes se inició la fermentación a 40°C por 30 min, posteriormente se llevó a cabo el proceso de boleado (10 min) y el horneado a 200°C con un tiempo de desarrollo de 3 horas (Calvo-Garza & Mariscal-Moreno, 2023). Se evaluó subjetivamente, apariencia, compactación, humectación, distribución de la miga, cohesividad y adhesividad.

RESULTADOS. En las figuras 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos referidos a las piezas de pan producto de la panificación establecida. En la figura 1, el pan obtenido con

HLV sin adición de Gg presenta una miga seca, sin adhesividad ni compactación, con alto grado de rompimiento. Una vez que se fue incorporando Gg (B, C, D) la apariencia y textura del pan fue consistente y con mayor similitud al pan control (HT). El uso de Gg funcionó como estabilizante de la matriz alimentaria, evitando el rompimiento y hundimiento del pan.



Figura 1. *Pan fermentado con Harina de Lenteja verde.* ***A.*** *Formula 2 (0 % Gg).* ***B.*** *Formula 2 (1.5 % Gg).* ***C.*** *Formula 2 (2.5 % Gg).* ***D.*** *Formula 2 (3.75 % Gg)*

La formulación con 1.5 % de Gg (C) produjo una miga esponjosa poco cohesiva; al incrementar a 2.5 % (D) se obtuvo una miga esponjosa-cohesiva y a 3.75 % (E) produjo pan duro-compacto. El pan fermentado de HLV con 2.5 % de Gg (D) es de calidad comparable al pan fermentado de HT.



Figura 2. *Miga de pan fermentado.* ***E.*** *Formula 1 con Harina de Trigo (Control).* ***F.*** *Formula 2 (2.5 % Gg).*

En referencia a la miga (Figura 2), la obtenida de la HT tiene un mayor grado de esponjosidad y aereación comparado con la miga del pan de HLV (D), sin embargo, representa una oportunidad de mejora para alcanzar mayor similitud con el pan de HT. Es importante resaltar los beneficios nutricionales del pan fermentado con HLV, además de su participación en temas de sustentabilidad, seguridad alimentaria y hambre cero.

CONCLUSIONES. La investigación desarrollada condujo a demostrar que es posible obtener un pan fermentado de harina de lenteja verde con características sensoriales y tecno-funcionales adecuadas a través del uso de goma guar como estabilizante. La adición de goma guar en concentraciones del 2.5% mejoró la cohesividad y esponjosidad del pan, resultando en un producto comparable al pan tradicional de harina de trigo (HT). Aunque el pan elaborado con harina de lenteja verde presenta una menor aireación y esponjosidad que el de harina de trigo, su perfil nutricional representa un mayor contenido de proteínas y fibra convirtiéndolo en una alternativa viable para la panificación sin gluten. Estos resultados sugieren la posibilidad de utilizar harinas de legumbres en productos de panadería, contribuyendo a una alimentación saludable y sostenible.

REFERENCIAS.

1. Baltazar, E. T., González, M. R., González, R. E. R., & Soto, E. B. (2022). Análisis comparativo y de la rentabilidad de la producción de lenteja en la Ciénega de Zacapu, Michoacán. South Florida Journal of Development, 3(6), 7085–7094. https://doi.org/10.46932/sfjdv3n6-054
2. Bender, D., & Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. In Journal of Cereal Science (Vol. 91, pp. 1–8). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904
3. Calvo-Garza, M., & Mariscal-Moreno, R. M. (2023). Características nutrimentales, fisicoquímicas y sensoriales de panes adicionados con frijol ayocote (Phaseolus coccineus L.) fermentado. The Journal of Latin American Nutrition and Health, 1, 13–26. https://jlnh.ibero.mx/index.php/rsyn/article/view/3
4. Hernández-Espinoza, N., Posadas-Romano, G., Cervantes-López, F., González-Santoyo Héctor I., Santacruz-Varela, A., Benítez-Riquelme Ignacio, & Peña-Bautista, R. J. (2013). DISTRIBUCIÓN DE FRACCIONES DE PROTEÍNA Y SU CONTRIBUCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE TRIGO. Rev. Fitotec. Mex. , 36, 137–145. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/36-2/5a.pdf
5. Kumar, Y., Basu, S., Goswami, D., Devi, M., Shivhare, U. S., & Vishwakarma, R. K. (2022). Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods. In Legume Science (Vol. 4, Issue 2, pp. 1–13). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/leg3.111
6. Lim, T. K. (2012). Lens culinaris. In Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants (pp. 742–753). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1764-0_85
7. Olivas Orozco, G. I., Lamz Piedra, A., Cázares Chávez, Z., Jiménez Galindo, J. C., Molina-Corral, J., Sepúlveda, D., & Rios-Velazco, C. (2021). Cocción tradicional con especias de Phaseolus vulgaris L. y su efecto antinutricional e inhibición bacteriana. Biotecnia, 23(1), 62–69. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1327
8. Sáenz-Reyes, J. T., Muñoz-Flores, H. J., Ruíz-Rivas, M., Rueda-Sánchez, A., Castillo-Quiroz, D., & Castillo Reyes, F. (2022). Diagnóstico del cultivo de lenteja en unidades de producción familiar en Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 27, 35–44. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3160
9. Tuárez Párraga, M. A., Laz Mero, M. L., & Bermello Ochoa, S. J. (2020). Evaluación de levaduras en la producción de etanol a partir de melaza de caña de azúcar. Revista ESPAMCIENCIA, 11(2), 115–119. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i2.193

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324161

ACTIVIDAD LÍTICA IN VITRO DE UN FAGO DE ESCHERICHIA COLI CONTRA AISLADOS MULTIRRESISTENTES DE QUESO FRESCO

Yolanda Daniela Carrillo Huerta[1], Jaquelina Julia Guzmán Rodríguez[2], José Antonio Hernández Marín[1], Pedro Damián Loeza Lara[3], Alma Arianna Lechuga Arana[1], Abner Josué Gutiérrez Chávez[1]

1 Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca. guca731023@hotmail.com

2 Instituto de Ciencia, Tecnología el Innovación del Estado de Michoacán. jaquelinajulia@yahoo.com.mx

3 Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo. pdloeza@ucemich.edu.mx´

Palabras Clave: Fagoterapia, E. coli, Multirresistencia.

RESUMEN. Escherichia coli es un microorganismo que produce Enfermedades de Transmisión por Alimentos (ETA) y representa un problema de salud pública al transmitirse al hombre a través del consumo de leche y productos lácteos contaminados, dado que E. coli es frecuentemente responsable de la mastitis en las vacas lecheras que además presenta un número creciente de casos de multirresistencia. Recientemente se han estudiado alternativas al uso de antibióticos convencionales, incluidos extractos de plantas, nanopartículas metálicas, bacteriocinas y bacteriófagos. En este sentido, la terapia de fagos es beneficiosa por múltiples razones, por ejemplo: Hasta el momento, no se ha demostrado que los bacteriófagos dañen a los humanos, los animales o el medio ambiente. Pueden cruzar la barrera hematoencefálica, lo que les permite llegar a sitios de infección localizados dentro de organismos vivos; además, los bacteriófagos tienen un alto grado de especificidad hacia la bacteria hospedera. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad lítica de un bacteriófago sobre aislados de E. coli provenientes de muestras de queso fresco obtenidas de mercados municipales y almacenados en el Banco Biológico de Laboratorio de la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán, México. Se obtuvieron un total de 59 aislados de E. coli, donde el 100% de ellos fueron clasificados como multirresistentes, con índices de resistencia múltiple a antibióticos (IMA) que oscilaron entre 0,82 y 1,00. El fago de E. coli mostró una actividad lítica en el 100% de los aislados utilizados en este estudio, lo que lo convierte en una herramienta prometedora para continuar siendo evaluado y ser eventualmente incorporado en protocolos antimicrobianos como control biológico en el proceso alimentario.

INTRODUCCIÓN. Escherichia coli es un microorganismo que produce Enfermedades de Transmisión por Alimentos (ETA) y representa un problema de salud pública al transmitirse al hombre a través del consumo de leche y productos lácteos contaminados, dado que E. coli es frecuentemente responsable de la mastitis en las vacas lecheras. Ante este panorama, es de vital importancia que los sistemas se adecúen a las actuales y futuras exigencias de producción, bienestar y sanidad animal, así como al creciente mercado de calidad alimentaria. La mastitis está considerada como el principal problema de salud en la industria lechera, así como también un importante factor de problemas secundarios para la sustentabilidad ambiental y económica en las unidades de producción (1). Dentro de los distintos tipos existentes, la mastitis por coliformes, cuyo principal agente etiológico es

Escherichia coli, presenta altas tasas de incidencia en las unidades de producción de leche de bovino, así como una alta frecuencia de resistencia a los tratamientos convencionales (2); esto no solamente ocasiona problemas para la producción, sino que se relaciona con el aumento de la resistencia antimicrobiana en cepas de importancia para la salud pública (3). El uso de antibióticos contra E. coli provoca la presencia de residuos en los productos de un animal tratado, como pueden ser la carne y la leche, ocasionando diversos efectos directos sobre la salud pública, como efectos inmunopatológicos como alergias y choque anafiláctico, así como carcinogenicidad y mutagenicidad (4). Por todo esto, la necesidad de recurrir a tratamientos alternativos a los antibióticos ha ido en aumento en los últimos años. La fagoterapia es un tratamiento antimicrobiano en donde se utilizan virus que infectan específicamente a sus bacterias huésped, llamados bacteriófagos. Aunado a la alta especificidad de los bacteriófagos, otras ventajas de la terapia con fagos son la ausencia de residuos en los productos de animales tratados, y la nula alteración del microbiota de los animales, ambas situaciones comunes en la terapia con antibióticos convencionales (5). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad lítica de un bacteriófago sobre aislados de E. coli provenientes de muestras de queso fresco obtenidas de mercados municipales y almacenados en el Banco Biológico de Laboratorio de la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán, México. Con esto, se espera contribuir a la disminución de la problemática de la multirresistencia bacteriana, así como a mejorar las condiciones de bienestar animal y calidad alimentaria.

ANTECEDENTES. El tratamiento con antibióticos ha sido la alternativa más importante para tratar las diversas infecciones bacterianas, incluyendo las que ocasiona E. coli; sin embargo, el incremento del mal uso y el uso indiscriminado de antibióticos en las unidades de producción durante los últimos años ha incrementado la resistencia antimicrobiana. Astorga et al. en 2019 (6) realizaron ensayos en los que encontraron porcentajes de resistencia de E. coli entre 84 a 100% frente a los 19 antibióticos probados en su experimento. Esto no solamente representa un problema para la salud animal, sino una creciente amenaza global para la salud humana (7). El uso de antibióticos contra E. coli provoca la presencia de residuos en los productos de un animal tratado, como pueden ser la carne y la leche, ocasionando diversos efectos directos sobre la salud pública, como efectos inmunopatológicos como alergias y choque anafiláctico, así como carcinogenicidad y mutagenicidad (4). Por todo esto, la necesidad de recurrir a tratamientos alternativos a los antibióticos ha ido en aumento en los últimos años. La fagoterapia es un tratamiento antimicrobiano en donde se utilizan virus que infectan específicamente a sus bacterias huésped, llamados bacteriófagos. De acuerdo con sus mecanismos de replicación, existen dos tipos de bacteriófagos: los virulentos con un ciclo lítico, y los temperados, de ciclo lisogénico. Los bacteriófagos virulentos poseen mecanismos de replicación que provocan la destrucción de las paredes bacterianas de su huésped, al cual se unen mediante receptores específicos (8). Aunado a la alta especificidad de los bacteriófagos, otras ventajas de la terapia con fagos son la ausencia de residuos en los productos de animales tratados, y la nula alteración del microbiota de los animales, ambas situaciones comunes en la terapia con antibióticos convencionales (5). La fagoterapia ha resultado efectiva contra las bacterias que actualmente presentan resistencia contra múltiples antibióticos, llamadas “multirresistentes”. Abdulhussein y Abdulsattar en 2022 (9) encontraron actividad lítica de bacteriófagos sobre cepas de bacterias resistentes a ampicilina, cefazolina, cefuroxima, cefuroxima axetilo, ceftazidima, ceftriaxona, cefepima y trimetoprima/sulfametoxazol. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto lítico de un bacteriófago sobre

distintos aislados de Escherichia coli provenientes de bovinos de unidades de producción lechera en el estado de Guanajuato, buscando una alternativa a los antibióticos convencionales que iguale o mejore su efecto.

OBJETIVO. Probar la eficacia lítica de un bacteriófago contra aislados de E. coli obtenidos de muestras de queso fresco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Realizar la activación de los aislados de E. coli provenientes Banco Biológico de Laboratorio de la Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán, México. Analizar el perfil de resistencia de los aislados a los antibióticos convencionales. Probar la eficacia del bacteriófago contra los aislados mediante la prueba de gota.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Activación de aislados. Los aislados se reactivaron en tubos con caldo LB tomando una asada del aislado preservado en glicerol, posteriormente se llevaron a incubación durante la noche, a una temperatura de 36 ± 1°C. Finalmente se plaqueó el cultivo en cajas de agar MacConkey para su mantenimiento.
Perfil de resistencia. Se realizaron pruebas de susceptibilidad con los aislados obtenidos, mediante la técnica de Kirby-Bauer (1966), que ha sido modificada y actualizada por The Clinical and Laboratory Standards Institute (2021). Se utilizaron discos de la marca “PT_35 Multibac I.D.” y “Bio-Rad” para bacterias gramnegativas.
Eficacia lítica (prueba de gota). Se atemperaron cajas de Petri con agar LB durante 2 h en la incubadora a 37°C; después, con ayuda de un hisopo estéril, se inocularon dichas cajas tomando 1 mL de la suspensión de la cepa madre en caldo LB, a una densidad óptica de 0.3 nm sobre la superficie de agar LB en cajas Petri. Las cajas se dividieron en 4 cuadrantes para colocar 1 gota de la solución de bacteriófagos sobre tres de los cuadrantes, inoculando el último con caldo LB estéril como control negativo. Se dejaron secar las gotas y se almacenaron las cajas a 37°C por 24 h para su posterior observación e identificación de zonas claras.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos de las pruebas de susceptibilidad de los aislados ante los 12 antibióticos convencionales registraron un patrón de resistencia (R) del 72% a los antibióticos utilizados en este estudio. Se observó un 93.2% de resistencia a betalactámicos, un 80.8% a las sulfonamidas, 67.9% a los fenicoles, 67.1% a los aminoglucósidos, 65.7% a las fluoroquinolonas, y un 58.9% de resistencia a los nitrofuranos.

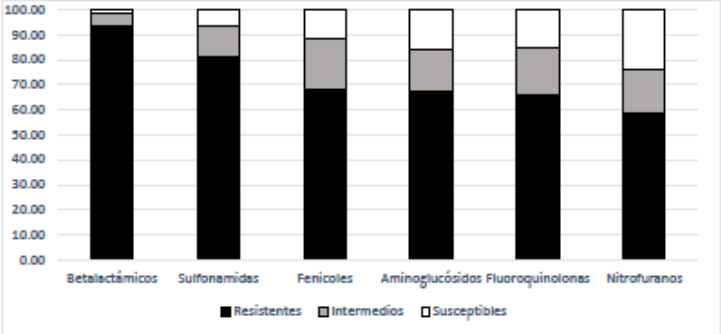


Figura 1. *Resultados de patrón de susceptibilidad antimicrobiana de aislados de E. coli con base en el grupo de antibióticos.*

La prueba de gota realizada con los aislados de *E. coli* seleccionados en el presente estudio, se observaron dos zonas por cada gota inoculada (Fig 2): una zona clara central (zona de lisis primaria) y una zona más turbia que la primaria, alrededor de ésta (zona de inhibición secundaria). Se observó una eficacia en la zona de lisis primaria del 100% sobre los aislados, con un promedio de 2.16±0.7 mm de diámetro; así como una zona de inhibición secundaria en 77 de los 78 aislados (98.7%).

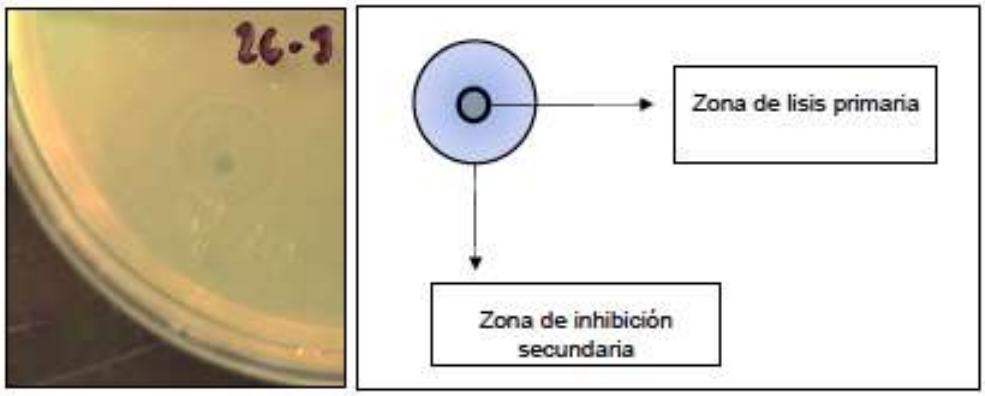


Figura 2*. Apreciación de dos zonas en los aislados: una zona de lisis primaria, en la cual no persisten ni bacterias infectadas ni bacterias sensibles al fago, y una zona de inhibición secundaria, más turbia que la primera, correspondiente con la propagación de fagos y/o a la acción de enzimas de degradación de exopolisacáridos bacterianos.*

CONCLUSIONES. El 100% de los aislados obtenidos de muestras de queso fresco fueron clasificados como multirresistentes a antibióticos; sin embargo, el bacteriófago presentó un 100% de eficacia contra dichos aislados. Estos resultados demuestran que el bateriófago es una herramienta prometedora para continuar siendo evaluado y ser eventualmente incorporado en protocolos antimicrobianos como control biológico en el proceso alimentario

REFERENCIAS.

1. Puerto, M. A., Shepley, E., Cue, R. I., Warner, D., Dubuc, J., Vasseur, E., 2021. The hidden cost of disease: I. Impact of the first incidence of mastitis on production and economic indicators of primiparous dairy cows. Journal of Dairy Science. 104: 7932-7943 https://doi.org/10.3168/jds.2020-19584.
2. Oliveira, L., Hulland, C., Ruegg, P.L., 2013. Characterization of clinical mastitis occurring in cows on 50 large dairy herds in Wisconsin. Journal of Dairy Science. 12: 7538- 7549 https://doi.org/10.3168/jds.2012-6078
3. Zuhair, B. I., Sameeh, M. A. 2020. Molecular characterization of antimicrobial resistance and virulence genes of Escherichia coli isolates from bovine mastitis. Veterinary World. 13:1588-1593 https://doi.org/10.14202%2Fvetworld.2020.1588-1593.
4. Menkem, Z. E., Ngangom, B. L., Tamunjoh, S. S. A., Boyom, F. F. 2019. Antibiotic residues in food animals: Public health concern. Acta Ecologica Sinica 39(5): 412- 415 https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.10.004.
5. Jarrige, N., Cazeau, G., Bosquet, G., Bastien, J., Benoit, F., Gay, E. 2020. Effects of antimicrobial exposure on the antimicrobial resistance of Escherichia coli in the digestive flora of dairy calves. Preventive Veterinary Medicine. 185: 1-7. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105177.
6. Astorga, F., Navarrete-Talloni, M. J., Miró, M. P., Bravo, V., Toro, M., Blondel, C. J., Hervé-Claude, L. P. 2019. Antimicrobial resistance in E. coli isolated from dairy calves and bedding material. Heliyon 5: 1-7. https://doi.org/10.1016/j.heliyon 2019.e02773.
7. OMS, 2019. Organización Mundial de la Salud. Lista OMS de antimicrobianos de importancia crítica para la medicina humana (lista OMS de AIC). Disponible en: https://apps.who.int/iris/handle/10665/331531 Consultado el 19 de agosto de 2022.
8. Grabowski, L., Lepek, K., Stasilojc, M., Kosznik-Kwasnicka, K., Zdrojewska, K., Maciag- Dorszynska, M., Wegrzyn, G., Wegrzyn, A. 2021. Bacteriophage-encoded enzymes destroying bacterial cell membranes and

walls, and their potential use as antimicrobial agents. Microbiological Research. 248: 1-20. https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126746.

9. Abdulhussein, A. A., Abdulsattar, B. O. 2022. Isolation and characterization of two novel phages as a possible therapeutic alternative against multi-drug resistant E. coli. Gene Reports. 28: 1-9 https://doi.org/10.1016/j.genrep.2022.101644.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324162

OBSERVACIONES DE DAÑO AL FRUTO DE AGUACATE 'HASS' POR *Sabulodes sp* EN HUERTOS DE MICHOACÁN, MÉXICO

Victor Manuel Coria Avalos[1], Miguel Bernardo Nájera Rincón[1], Juan Antonio Herrera González[1], Rosa Gabriela Coria Mora[1].
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan; coria.victormanuel@inifap.gob.mx´

Palabras Clave: Persea, sanidad, *Sabulodes sp.*

RESUMEN. En monitoreos efectuados durante el periodo de 2023-2024, en cinco huertos de aguacate 'Hass' ubicados en diferentes condiciones climáticas de la región productora de Michoacán, con el objetivo de detección y cuantificación de daños por larvas de diferentes especies de insectos lepidópteros que descarnan el fruto; en todos los sitios, de manera recurrente, durante todo el año y mayor incidencia durante la temporada de lluvias, están siendo observadas larvas del "gusano medidor" Sabulodes sp. Actualmente se realizan estudios de laboratorio para conocer el ciclo de vida; mientras en campo, las oviposturas y desarrollo de larvas se observan en hojas maduras, se alimentan de la lámina foliar y dejan solo las nervaduras principales, conforme maduran las larvas, producen una densa telaraña para su protección durante el estado de pupa. De manera adicional, en frutos que se encuentran juntos o en racimo, las larvas producen también su telaraña y comienzan a roer la epidermis, ocasionando pérdida total de los frutos afectados, ya que en esta condición cosmética son rechazados en el mercado. Se está a la espera de la temporada de cosecha del ciclo de producción 2024-2025 para cuantificar el volumen de cosecha afectado por esta plaga.

INTRODUCCIÓN. En el estado de Michoacán se localiza la región productora de aguacate más grande del mundo, con una superficie cultiva de 186,713 ha que representa el 70.56% del total nacional, de la entidad se cosecharon 2'252,783 t de fruta, equivalentes al 75.77% producidas en México y valor de la producción de 43,681 millones de pesos, es decir, el 72.68% del total nacional (SIAP, 2024). Para el año 2022, la comercialización del aguacate, representó el tercer producto con mayor volumen de exportación, después del tequila y la cerveza (SADER, 2024) y se ha posicionado como el principal proveedor de este producto en el mercado internacional con una aportación del 45.95% del valor de las exportaciones mundiales (SADER, 2016), situación que prevalece al día de hoy; sin embargo, aun cuando se han generado tecnologías bastante eficientes para manejo de organismos dañinos que contribuyen a la obtención de fruta de calidad (Coria, 2009), ocasionalmente se han observado daños severos al follaje ocasionados por larvas de lepidópteros, las cuales también llegan a atacar frutos en etapa de maduración afectando severamente la epidermis y ocasionan pérdida total del producto ya que son rechazados en el mercado.

ANTECEDENTES. Los estados inmaduros de insectos que se comportan como "gusano telarañero o enrrollador de la hoja" son de las plagas más comunes en las plantaciones de aguacate de Michoacán; sin embargo han sido poco estudiados, ya que se les considera de importancia secundaria, los daños se limitan a la presencia de hojas pegadas, roídas o

trozadas que carecen de importancia económica; en casos aislados, cuando se observan frutos pegados a las hojas, pueden ser descarnados por efecto de alimentación de las larvas, sin que se haya cuantificado la intensidad del daño al producto (Coria et al., 2006). Durante las más recientes temporadas de cosecha para la fruta de aguacate en Michoacán, las cuadrillas de corte han estado reportando que en los huertos, al seleccionar la fruta que reúne las características de calidad demandadas por los diferentes mercados; se descartan frutos, debido a diferentes causas, y entre estos factores se incluyen frutos con partes de la superficie roída por actividad de alimentación de larvas de insectos que originalmente eran observados alimentándose del follaje.

OBJETIVO. Detectar, caracterizar y cuantificar daños al follaje y fruto de aguacate 'Hass' por larvas de Sabulodes sp en huertos y empaques de Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS. A partir del año 2023 y 2024 se realizan muestreos con periodicidad de 15 días, en cinco huertos comerciales de aguacate localizados en ambientes climáticos representativos de la región productora de Michoacán. En cada uno de los huertos se efectúan revisiones visuales alrededor de la copa de los árboles, procediendo a cuantificar y colectar hojas y frutos con presencia y síntomas de ataque por la plaga; esto con la finalidad de realizar crías in vitro para obtención de adultos y estudiar el ciclo de vida. Al momento de la cosecha y en empaque se cuantificará la fruta con daños por esta plaga; además se inducirá el daño al fruto bajo condiciones controladas para caracterizarlo y diferenciarlo de los daños ocasionados por otro tipo de insectos descarnadores del fruto que sean detectados en campo.

RESULTADOS. A partir del mes de abril se comenzaron a observar pares de hojas maduras adheridas entre sí por una telaraña blanquecina (Fig. 1a), al separarlas se visualizan larvas individuales de *Sabulodes* sp; otra opción ha sido que el insecto desarrolla la telaraña por el envés en hojas individuales (Fig. 1b). Al inicio, las larvas son de color amarillo cremoso y conforme desarrollan adquieren una tonalidad similar al verde de la hoja (Fig. 1c); consumen la totalidad de la lámina foliar y dejan solo las nervaduras principales; las larvas maduras utilizan los restos de la hoja y trozos de las nervaduras para que con ayuda de su telaraña, construir un pequeño refugio que le sirve para protegerse durante el estado de pupa (Fig. 1d). De hojas con presencia de larvas colocadas *in vitro*, fueron recuperadas pupas (Fig. 1e) y adultos del insecto (Fig. 1f).

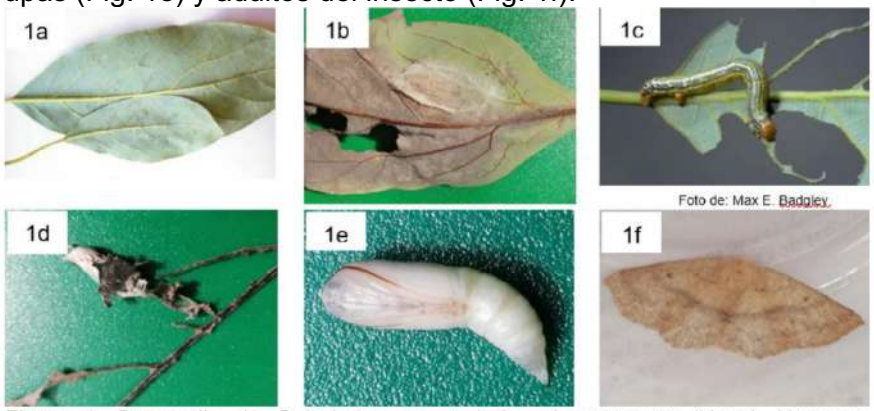


Figura 1. Desarrollo de *Sabulodes* sp en hojas de aguacate 'Hass'. Uruapan, Michoacán. 2024.

En campo se han observado hojas infestadas por la plaga en las cinco huertas de aguacate en estudio, las cuales se ubican en altitudes que oscilan de 1 330 a 2 089 msnm; los primeros índices del daño en el follaje fueron detectados a partir del mes de abril en las huertas ubicadas a 1 650 y 1 812 msnm, con incidencia de 2 y 3 hojas con presencia evidente de la plaga respectivamente (Fig. 2). A partir del mes de mayo y hasta septiembre han sido localizadas hojas infestadas en las cinco huertas con incidencia máxima de 6 hojas dañadas en la huerta ubicada a 1 330 msnm. de seleccionadas a diferentes altitudes, con incidencia.

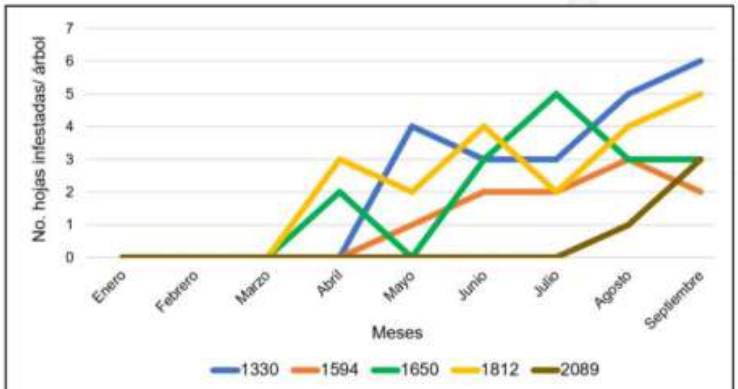


Figura 2. Incidencia de hojas infestadas por *Sabulodes* sp en huertos de aguacate 'Hass' localizados a diferentes altitudes (msnm). Uruapan, Michoacán. 2024.

Durante los meses del temporal de lluvias, la fruta en los huertos se encuentra en etapa de crecimiento y maduración, lo que genera un ambiente de saturación de agua en los árboles, que favorece la presencia y desarrollo de *Sabulodes* sp (Coria *et al*., 2006); en concordancia de lo anterior, se han comenzado a observar frutos adheridos entre sí por el desarrollo de una telaraña que cubre áreas de la epidermis severamente dañada y de ahí han sido extraídas larvas del insecto (Fig. 3). Esta presentación cosmética de los frutos implica pérdida total para el productor, ya que al momento de la cosecha son discriminados por los cortadores; en esta investigación, se prevé cuantificar la cantidad de fruta que exhiba este tipo de daños al momento de la cosecha, así como en la selección en empaque.



Figura 3. Frutos en etapa de maduración con la epidermis dañada por efecto de alimentación de *Sabulodes* sp. Uruapan, Michoacán. 2024.

Esto último se justifica que sea realizado, porque al inicio de esta investigación, aún estaba marcha la cosecha de la temporada 2023-2024 y se efectuaron visitas a empaques para conocer el tipo de daños que durante la selección en los lotes del producto, algunas algunos frutos sean catalogados como desecho, en detrimento de la economía del productor; aun cuando no fue cuantificada la proporción de frutos, si se encontraron algunos con daños en la epidermis probablemente causados por *Sabulodes* sp o alguna otra especie de insecto con este hábito de alimentación (Fig. 3a). De manera complementaria, algunos de los frutos dañados fueron llevados hasta su etapa de madurez para consumo y se pudo constatar que la pulpa se encontraba totalmente sana y apta para ingesta humana en fresco (Fig. 3b y 3c).



Figura 3. Frutos con daños en la epidermis ocasionado por larvas de insectos. Uruapan, Michoacán. 2024.

CONCLUSIONES. Larvas de Sabulodes sp se observan durante todo el año, lo que implica la probabilidad de más de una generación del insecto durante el año. Las larvas habitan y se alimentan del follaje maduro en las áreas más sombreadas y frescas de la copa del árbol. Durante la época de maduración del fruto, fueron observadas larvas alimentándose de la epidermis. Frutos dañados son discriminados durante la cosecha, así como en la revisión que se efectúa a la llegada de la fruta al empaque. La pulpa de frutos con la epidermis roída por el insecto no se ve afectada y es apta para consumo humano.

REFERENCIAS.

1. Coria A.V.M. 2009. Plagas. En: Tecnología para la producción de aguacate en México. INIFAP. CIRPAC-CIRPAS. Campo Experimental Uruapan. Segunda reimpresión. 222 p.
2. Coria-Avalos V.M., Muñoz-Flores H.J. y Nájera-Rincón M.B. 2008. 2008. Evaluación de Trichogramma sp y hongos entomopatógenos en campo para manejo del gusano telarañero o enrollador de la hoja del aguacate Argyrotaenia sp (Lepidoptera: Tortricidae). XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Zacatecas, Zac. p. 177-180.
3. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2024. México, estrella productora y exportadora. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mexic o-estrella-productora-y-exportadora
4. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf
5. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324163

IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO ESTRATÉGICO PARA RESCATE DE LA ZARZAMORA EN MICHOACÁN

Victor Manuel Coria Avalos[1], Magali Ruiz Rivas[1], Rosa Gabriela Coria Mora[1], Rosalba Lira Ortíz[1], Nelly Guadalupe Esquivel Miguel[1]
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan; ruiz.magali@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Secadera de plantas, acompañamiento técnico, control racional.

RESUMEN. Para atención de la problemática fitosanitaria de la cadena productiva de la zarzamora en Michoacán, por la presencia y daños ocasionados a la planta por Fusarium oxysporum, que está ocasionado pérdida total de las plantas en casi el 50% de los huertos; se diseñó un proyecto estratégico financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), con el objetivo de apoyar a pequeños productores independientes de zarzamora y contribuir a la recuperación de la productividad en los municipios de Los Reyes, Peribán, Tacámbaro y Tocumbo. De inicio se analizó el contexto socioeconómico de las unidades de producción, se les apoyo con la adquisición de planta de calidad, se les proporcionó un paquete tecnológico para manejo del patógeno en suelos infestados, así como apoyo con insumos para su implementación y asesoría técnica especializada. Se identificó que todos son productores con superficies de cultivo inferiores a dos hectáreas; esta es la actividad económica que les da sustento para sus familias, por lo que adoptaron totalmente los apoyos ofertados, logrando la sobrevivencia total de las plantaciones en sus parcelas con antecedentes de la presencia del patógeno, culminando el proyecto con el inicio de la cosecha nueve meses después de establecidas las plantaciones. La fruta obtenida en la totalidad de los huertos considerados en el proyecto es de buena calidad cosmética y fitosanitaria, con excelente aceptación por parte de las congeladoras que realizan el acopio del producto.

INTRODUCCIÓN. Entre los productos agropecuarios con mayor demanda de exportación, de los cuales Michoacán es el principal productor de acuerdo con el SIAP (2022), se ubica al cultivo de aguacate con una derrama económica de 3,000 millones de dólares, seguido por las berries con 1,000 millones de dólares. Específicamente, el cultivo de la zarzamora es considerado de alto impacto social, ya que genera 3 empleos directos por hectárea y da ocupación a más de 100,000 jornaleros en actividades de cosecha y corte; esto sin considerar a las personas que realizan actividades de transporte a empacadoras, comercialización, servicios técnicos, etc. Todo lo anterior ha permitido ofertar un producto de calidad, con alta aceptación en el mercado de exportación para la fruta de zarzamora a más de 31 países (Medina, 2019). Durante 2021, los municipios del estado de Michoacán con mayor producción de zarzamora fueron: Los Reyes, Peribán, Tacámbaro, Tocumbo, Ario de Rosales, Taretan, Tangancícuaro, Uruapan, Salvador Escalante y Zamora, los cuales en conjunto sumaron el 90 % del volumen de producción nacional, que ascendió a 190,202 toneladas. El municipio con mayor producción de zarzamora en el país es Los Reyes, con una producción de 86,448 t ha^{-1}.

ANTECEDENTES. El problema de "secadera o marchitez de plantas de zarzamora" ocasionado por Fusarium oxysporum, comenzó a manifestarse en las plantaciones comerciales desde hace aproximadamente 10 años y ha crecido exponencialmente, de tal manera que los productores han optado por abandonar el cultivo, ante la imposibilidad de acceder a tecnologías para manejo de la enfermedad que les permita reducir los daños ocasionados a las plantas, principalmente en las regiones productoras en Michoacán, lo que se prevé ocasionará alto impacto de deterioro en la actividad socio-económica en los municipios productores, considerando la alta tasa de ocupación a personas que genera el cultivo así como el elevado valor de la producción. Estudios enfocados en la evaluación de estrategias para el control de F. oxysporum presentados en el 2021, reportaron la eficacia de fungicidas químicos comerciales con potencial inhibitorio sobre aislamientos del hongo provenientes del Valle de Los Reyes, Michoacán; dichos aislamientos fueron sometidos a pruebas en condiciones in vitro y los resultados reflejaron inhibición en el crecimiento del agente patógeno mediante el uso de Procloraz®, el cual resultó ser el fungicida más efectivo para una muestra de seis aislamientos con diferentes niveles de patogenicidad, seguido del Tiabenzadol® y Difenoconazol® (Rebollar & Silva, 2021); estos resultados sentaron las bases para efectuar pruebas en campo, mediante un uso racional de los productos, respetando dosis y frecuencias de aplicación. En atención a esta problemática, para el año 2022, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) autorizó la implementación de un "Proyecto estratégico para el rescate y atención integral al cultivo de zarzamora", el cual contempló apoyo directo a los productores, con planta de zarzamora con alta calidad genética y fitosanitaria, apoyos con insumos para manejo fitosanitario de suelos y plantaciones con problemas de F. oxysporum y acompañamiento técnico; con la finalidad de coordinar las actividades del proyecto, se asignó al INIFAP como agente técnico.

OBJETIVO. Contribuir al fortalecimiento de las capacidades de los productores para manejo de las plantaciones de zarzamora con problemas de enfermedades radicales, principalmente ocasionadas por Fusarium oxysporum en el estado de Michoacán, mediante su incorporación a una Estrategia de Acompañamiento Técnico.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proyecto estratégico operó sus actividades durante el año 2022, inició con 141 productores incorporados a un padrón de la SADER, pertenecientes a los municipios de Los Reyes, Tocumbo, Peribán y Tacámbaro, de ellos 133 continuaron hasta la culminación; todos recibieron apoyo en la adquisición de insumos agrícolas utilizados para contrarrestar los efectos de "marchitez de plantas" ocasionados por el patógeno; todos los productos sugeridos para su uso, cuentan con registro de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS); 63 productores recibieron planta nueva proveniente de un vivero que garantizó la calidad genética y fitosanitaria del producto. Se aplicaron encuestas diagnósticas para conocer el estado fitosanitario de las plantaciones, las etapas fenológicas y los antecedentes sobre el manejo en las cuales se encontraban las parcelas. Se diseñó una agenda tecnológica para aplicación de los insumos en dosis y frecuencias racionales, dependiendo de la etapa fenológica del cultivo, ya que se manejaron fungicidas químicos que sólo podían ser utilizados en etapas vegetativas tempranas para evitar el riesgo de residualidad en el fruto. Al final se levantó una encuesta de satisfacción dirigida a productores, para conocer su opinión con respecto al programa estratégico.

RESULTADOS. Las encuestas diagnósticas levantadas por los técnicos de acompañamiento a cada uno de los productores arrojaron datos interesantes, entre ellos que entre el 80 al 90% d los productores de zarzamora la experiencia en el cultivo es de 10 y 14 años, mencionaron que ellos mismos hacen la repoblación mediante multiplicación asexual de plantas, con la desventaja de la pérdida de vigor a lo largo de las generaciones; también se detectó que la mayoría de los productores aplicaban dosis más altas de fungicidas a las recomendadas. Un grupo de 63 productores optó por la adquisición de planta nueva variedad Tupy, proveniente de un vivero rústico previamente sondeado, el cual contó con los criterios de calidad en la producción de planta, con características genéticas y fitosanitarias deseables. Los técnicos de acompañamiento apoyaron a los productores en la preparación del terreno y la colocación de las plantas. Como parte de las actividades de acompañamiento técnico, se registraron las etapas fenológicas de cada una de las parcelas, y basados en esto se adecuaron las fechas de aplicación de los diferentes insumos sugeridos por etapa de desarrollo. En la Fig. 1, se muestra la secuencia de acompañamiento técnico para colocación de la planta en el suelo y seguimiento al desarrollo del cultivo. Se aprecia la preparación del terreno, la colocación de planta en el suelo, manejo de la parcela y finalmente el aumento en el número de inflorescencias, donde los productores mencionaron la presencia de hasta 14 frutos por primocaña, cuando antes solo obtenían de 6 o 7.



Figura 1. *Secuencia del acompañamiento técnico desde la preparación del terreno para colocación de la planta nueva hasta las etapas de producción.*

Los insumos adquiridos por los productores fueron: Fertilizantes, extractos de algas, biofungicidas (*Trichoderma* sp) y fungicidas químicos (Procloraz® y Difenoconazol®), la aplicación de estos últimos varió dependiendo de la etapa fenológica, así mismo el uso de los fungicidas químicos se limitaba a etapas vegetativas tempranas, mientras que los biofungicidas pudieron ser suministrados durante otras etapas fenológicas posteriores, con la intención de prevenir la reaparición del agente patógeno; también se utilizaron reguladores de crecimiento sintéticos y naturales, mejoradores de suelo, nutrientes vegetales minerales, bioestimulantes, inoculantes y plaguicidas. Todos y cada uno de los insumos fueron utilizados en las dosis recomendadas por el fabricante, suministradas en la etapa fenológica requerida y administrada por el técnico de acompañamiento, se puso especial atención aquellos sobre insumos que requieren almacenamiento, dejando indicaciones específicas a los productores para su manejo. Los resultados de la encuesta de satisfacción arrojaron lo siguiente: el 50.4 % de los productores (67 productores) con plantaciones en etapa productiva observaron un incremento en la producción de fruto de calidad al final del programa, el resto de productores a los cuales se les apoyó con la entrega de planta nueva de calidad, se encontraban en desarrollo vegetativo, por lo que al momento del levantamiento de la encuesta de satisfacción fue imposible estimar si la producción sería mayor con respecto a años anteriores; sin embargo, los productores hicieron notar las ventajas de utilizar planta nueva, pues observaron mayor vigor, mayor número de brotes, mejor generación y calidad de raíz, así como follaje más verde (relacionado a mejor actividad fotosintética). En referencia a la inversión económica, el 83% (110 productores) mencionan notable reducción de gastos de inversión y visualizan una mejora en la rentabilidad del cultivo. El 70% (92 productores) mencionaron haber obtenido mayor solvencia económica familiar; además de que el 52% (69 productores) notaron una activación del flujo económico en la región, con respecto a la compra y venta de insumos. En tanto que el 81% (107 productores) hizo hincapié en el ahorro de dinero en la compra de insumos de calidad, mencionan que dicho ahorro fue utilizado en la compra de herramienta, mantenimiento en equipo de riego o en la mejora de espalderas o túneles en las parcelas, por lo que destacan las ventajas de contar con asesoría técnica personalizada, quienes los apoyaron en el uso y manejo de los insumos comprados. En cuestión social, el 94% (125 productores) concuerdan en que el proyecto estratégico contribuyó a la generación de fuentes de empleo a través de jornales, lo cual se soporta con la afirmación del 17% (22 productores) que perciben una disminución en los índices de desempleo y consecuentemente en la disminución de índices delictivos. El 34% (45 productores) aseguran que el programa contribuyó en la disminución de la desintegración familiar al limitar la partida de sus familiares o conocidos hacia el extranjero en búsqueda de nuevas oportunidades. Para el 16% (21 productores) la utilización de mayor cantidad de jornales impactó favorablemente en su calidad de vida, destacando las posibilidades de educación de sus hijos. Otro factor de alto impacto fue que el 67% (89 productores), afirmaron que gracias al proyecto lograron recuperar sus parcelas ya que el aumento en los precios de los insumos, las enfermedades, la falta de maquinaria y mano de obra, mermaban la producción, haciendo poco rentable el cultivo, abriendo la posibilidad al abandono del cultivo. Mientras que el 17% (23 productores) observaron apertura de oportunidades a mujeres productoras de zarzamora.

CONCLUSIONES. Con la aplicación del paquete tecnológico la manifestación de daños por la enfermedad se redujo significativamente, lo que se reflejó en mayor emisión en el número

de inflorescencias y cargadores de fruto, que finalmente se verá reflejado en aumentos en la producción. Otro impacto importante mencionado por los productores fue el apoyo en la compra de insumos, los cuales encarecieron su costo en el año pasado. Al contar con insumos y el correcto manejo del cultivo la generación de brotes y cargadores de fruto se incrementó. La mayoría de los productores vieron la posibilidad de invertir el dinero ahorrado en herramientas, arreglos de maquinaria, equipo de riego y túneles, dichos gastos no hubieran sido posibles de no haber contado con el apoyo. Finalmente, los productores notaron la importancia de reemplazar plantas viejas y poco productivas con planta nueva de calidad fitosanitaria, ya que observaron mejor desarrollo vegetativo, mayor vigor y generación de brotes, así mismo mencionan la necesidad de trabajar con variedades resistentes a la enfermedad, lo que podría ayudar aún más al aumento en la producción de frutos.

REFERENCIAS.

1. Rebollar-alviter, A., & Silva-rojas, H. V. (2021). La Marchitez de la Zarzamora : Diagnóstico , Epidemiologia y Manejo Integrado (Fusarium Wilt of Blackberry : Diagnosis , Epidemiology and Integrated Management). February. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13808543
2. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
3. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324164

EVALUACION DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) COMO ALTERNATIVA PRODUCTIVA PARA LA MESETA PURÉPECHA, DEL ESTADO DE MICHOACAN

Víctor Manuel Coria Avalos[1], Porfirio Velázquez Rodríguez[2], Rigoberto Méndez Alfaro[2], Pedro Victoriano Cruz[2]

1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C. E. Uruapan; coria.victormanuel@inifap.gob.mx

2 Consultor técnico independiente; porfiriomx2003@yahoo.com.mx

Palabras Clave: Physalis peruviana, adaptación, sistemas de producción.

RESUMEN. Se evaluó la adaptación de plantas de uchuva (Physalis peruviana L.) en la Comunidad Indígena de San Lorenzo, mpio. de Uruapan, Michoacán, con el objetivo de ofrecer una alternativa productiva con adecuada tasa de retorno para los productores rurales de la región Meseta Purépecha, que pudiera ser susceptible de incorporar en programas gubernamentales de apoyo a siembras de temporal como son “Sembrando vida”, “Producción para el bienestar” y “Agrosano”. Durante el mes de abril se habilitó un almácigo para colocar semilla en charolas, a 25-30 días posterior a la germinación se les trasladó a bolsas, donde permanecieron 30 días, cuando alcanzaron de 15 a 20 cm de altura, con desarrollo de 3 a 4 hojas verdaderas y presencia de las primeras lluvias de la temporada, se procedió a trasplantarlas en campo, a una distancia de 2 m entre plantas; cuidando de incorporar 2 kg de abono orgánico en la cepa antes del trasplante y aplicaciones cada dos meses de 80 g con la mezcla 10-30-10. Se colocaron tutores para conducción de la planta, así como podas de formación y fitosanitarias. Se tuvo presencia de mosca blanca, ácaros, trips, frailecillo y minador, además de daños al follaje por Alternaria sp. La producción inició a dos meses y medio posterior al trasplante, la cosecha se extendió por 60 días, con producción de 2 kg de fruta/planta, la fruta obtenida fue de excelente presentación cosmética y aceptable contenido de oBx. La cosecha se comercializó en el mercado local con excelente aceptación. Se requiere la generación del paquete tecnológico completo y estudios de mercado; la uchuva se adapta a las condiciones de suelo y clima que prevalecen en la localidad, con potencial para desarrollo del cultivo en otras localidades con ambientes similares de la Meseta Purépecha.

INTRODUCCIÓN. Las comunidades rurales de la meseta purépecha en el estado de Michoacán, ancestralmente han manejado una agricultura basada en el cultivo de maíz con materiales criollos, lo que genera cosechas bastante limitadas que utilizan principalmente para autoconsumo; otra actividad importante ha sido la explotación de productos y subproductos del bosque. Finalmente, como alternativa, con apoyo de programas gubernamentales, han sido introducidos otros cultivos como avena, papa y durazno, sin que se haya obtenido el éxito esperado. A partir del año 2019 se han realizado algunos trabajos exploratorios sobre la adaptación del cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.), esto debido a que las condiciones de suelo y clima que existen en la meseta purépecha, son similares a las que prevalecen en las regiones donde se cultiva esta hortaliza, de la cual se reporta

una adecuada relación costo-beneficio, por lo que se considera que puede ser una alternativa viable para la meseta purépecha.

ANTECEDENTES. La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es originaria y se cultiva en zonas montañosas del Perú; actualmente también ha tenido éxito su explotación comercial en zonas semejantes de Colombia (Comunicación personal, 2024). Las condiciones ambientales de esas regiones productoras de uchuva, son similares a las que prevalecen en la región de la meseta purépecha, Michoacán, por lo que se propone evaluar la adaptación de este cultivo como una alternativa para los productores de la región, del cual se destaca que puede ser cultivado en pequeñas superficies, atendido por mano de obra familiar, el fruto posee altas propiedades nutritivas y se puede consumir en fresco o procesado para la elaboración de conservas, licores, cremas faciales, entre otros usos; actualmente tiene demanda en la alta cocina y alimentos gourmet, lo que otorga un valor agregado al producto, con tasa de retorno indudablemente superior al obtenido con el cultivo de maíz, lo que impactaría en una mejor calidad de vida de la población nativa de esta región. A partir del año 2019, se iniciaron trabajos exploratorios con este cultivo a nivel de traspatio y a partir del 2020, se estableció una plantación comercial en la Comunidad Indígena de san Lorenzo, municipio de Uruapan, Michoacán, basada en tecnología generada en Perú y Colombia, habiéndose observado, buena adaptación y desarrollo del cultivo, producción de frutos de buen tamaño, color y concentración de grados Brix (oBx) similares a los reportados por la literatura consultada en las regiones actualmente productoras, por lo que se consideró justificado proponer este trabajo con el siguiente.

OBJETIVO. Establecimiento y manejo agronómico de un lote demostrativo-comercial para producción de uchuva (Physalis peruviana L.) como alternativa productiva para la meseta purépecha, del estado de Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente evaluación se realizó en la Comunidad Indígena de San Lorenzo, mpio. de Uruapan, Michoacán. Se localiza a 19º 31’ 11” de latitud norte y 102º 05’ 47” de longitud oeste; el clima es del tipo C(w2) templado frío, con una época seca aguda antes del verano y lluvias en verano y heladas en invierno, temperatura media anual oscila de 14 a 16 oC. La semilla utilizada y el respaldo tecnológico fue proporcionado por Espinosa et al. (2020). En suelo en el sitio de evaluación es del tipo franco-arenoso, con buen drenaje y disponibilidad de agua para suministrar riegos de auxilio previo al establecimiento del temporal de lluvias. Para el año 2020 se establecieron 50 plantas, en condiciones de campo, para evaluar su adaptación a las condiciones de suelo y clima de la localidad, además se observó la respuesta en la convivencia con la flora y fauna nativa del lugar. En los años 2021 a 2023 (tres ciclos de producción) se amplió la superficie de la parcela aproximadamente a 400 m2. En todos los casos fueron levantados datos de campo sobre las actividades realizadas hasta el cierre de la cosecha, lo que permitió acotar las sugerencias que se plasman como resultados de la evaluación.

RESULTADOS. A partir de los tres ciclos de producción evaluados, fueron generadas las siguientes actividades para el desarrollo del cultivo.
Obtención de material genético. La semilla para el primer ciclo de producción fue generada y proporcionada por el Colegio de Postgraduados y en los ciclos de producción subsecuentes se trabajó con semilla seleccionada por el productor en el lote de evaluación.



Figura 1. Semilla de uchuva cosechada en la C.I. de San Lorenzo, mpio. de Uruapan, Michoacán. 2024.

Selección de semilla. Esta debe ser obtenida de las plantas con mejor desarrollo, vigorosas, con buena producción y que hayan mostrado adecuada respuesta a la presencia de presencia de organismos dañinos y factores adversos del clima durante el desarrollo del cultivo. Para ello, deberán seleccionarse los frutos de mayor tamaño, coloración típica intensa y consistencia firme (Fig. 1).

Colocación del almácigo. Se sugiere colocar la semilla en el almácigo durante los primeros días de abril, cuidando de adicionar riegos ligeros para mantener el sustrato a capacidad de campo; a los 25-30 días después de la obtención de la plántula, están listas para ser trasladadas a bolsas de polietileno, donde continuarán su desarrollo y 30 días después estarán listas para su colocación en campo.

Establecimiento de la plantación. La actividad debe ser realizada durante la segunda quincena del mes de mayo si se cuenta con disponibilidad de agua de auxilio para asegurar que la cosecha se obtenga antes de la ocurrencia de heladas en los meses finales del año; en caso de no tener agua disponible se deberá esperar al establecimiento del temporal de lluvias; se deben cavar cepas de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, se sugiere colocar 2 kg de abono orgánico composteado en el fondo de la cepa, o como alternativa, adicionar 80 g de una fórmula 10-30-10 de N-P-K, la cual se cubre con tierra y posteriormente se procede a la colocación de la planta, cuidando que no quede en contacto directo con el fertilizante (Fig. 2). Para el momento que la planta se considera lista para su colocación en campo, posee de 3 a 4 hojas verdaderas y una altura de 15 a 20 cm, en caso de que presente mayor cantidad de hojas, se sugiere retirar las de la parte inferior para evitar que queden en contacto con el suelo, ya que pueden desarrollarse enfermedades fungosas.

Marco de plantación. La distancia sugerida es de 2 m entre plantas y de 2 m entre líneas.



Figura 2. Planta de uchuva recién colocada en campo.



Figura 3. Planta de uchuva en crecimiento vegetativo.

Labores culturales. Desde el establecimiento de la plantación deberá considerarse la colocación de un sistema de tutores (Fig.3), esto porque se requiere efectuar el alza de ramas con el propósito de dar una mejor formación, evitar problemas de humedad y desarrollo de enfermedades fungosas, además de que se facilita la actividad de cosecha. También se requiere realizar podas de mantenimiento, formación y fitosanitaria, ya que es conveniente desechar continuamente ramas enfermas o secas con el propósito de mantener una adecuada sanidad de la planta; además de preparar la planta para que soporte una buena carga de fruta; la actividad de poda debe ser realizada con tijeras, mismas que deben ser desinfectadas cuantas veces sea necesario con una solución de hipoclorito de sodio al 5%.

Fertilización. Esta actividad debe estar soportada en la realización de un análisis de suelo, buscando mantener un balance de 10-30-10 desde el inicio de la plantación hasta su cosecha, realizando aplicaciones de 200 g mínimo cada dos meses.

Plagas. Las plantas de uchuva son atacadas por mosquita blanca, araña cristalina, trips, frailecillo y minador; en este caso no se requirió realizar aplicaciones de agroquímicos para controlarlas, pero es conveniente considerar que algún momento pueden constituirse en un problema que requiera de implementar medidas de supresión para evitar los daños.

Enfermedades. Lo más evidente fue que las hojas maduras llegaron a presentar un halo de color morado a oscuro que llegó a necrosar algunas hojas, llegando en casos aislados a necrosar completamente la planta y que presumiblemente es imputable a Alternaria sp.

Cosecha. Los frutos en estado de madurez fisiológica comenzaron a observarse a los cuatro meses de establecida la plantación (Fig. 4), esto fue en el mes de octubre y el periodo de cosecha se extendió durante tres meses. No se realizó una evaluación formal, sin embargo, la producción fue abundante y de buena calidad de fruta producida (Fig.5), lo que permite aseverar que el cultivo mostró buena adaptación a las condiciones ambientales que prevalecen en la C.I. de San Lorenzo, en la meseta purépecha del estado de Michoacán.



Figura 4. Planta de uchuva en etapa de producción.



Figura 5. Frutos de uchuva envasados en clamshell para consumo en fresco.

CONCLUSIONES. El cultivo de uchuva (Physalis peruviana L.) mostró excelente adaptación a las condiciones de suelo y clima de la C.I. de San Lorenzo, mpio. de Uruapan, Michoacán. El desarrollo y producción obtenida en el cultivo de uchuva es similar al reportado en las regiones productoras actuales de Perú y Colombia. La adecuada respuesta adaptativa de la uchuva en la C.I. de San Lorenzo, representa una alternativa productiva para localidades de la meseta purépecha con condiciones ambientales similares a la C.I. de San Lorenzo, mpio. de Uruapan, Michoacán. Se visualiza una aceptable rentabilidad del cultivo; sin embargo, es necesario analizar la relación costo-beneficio que no fue analizada en este estudio. Pobladores de la comunidad que visitaron la parcela demandan la realización de talleres de capacitación para el cultivo y técnicas de transformación de la fruta para dale valor agregado al producto.

REFERENCIAS.

1. Calvo V.I. 2009. El cultivo de la Uchuva (Physalis peruviana). Boletín técnico No. 10. San José, Costa Rica. 8 p.
2. Espinosa-Rodríguez M., Sandoval-Villa M., García-Cruz E., Antúnez Ocampo O., Pérez-Pacheco R. y Sabino-López J.E. 2020. El mercado de la uchuva en México. Rev. Mex. Cienc. Agr. 11(8):1789-1802.
3. Sandoval V.M. 2020. Comunicación personal. Colegio de postgraduados.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324165

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA SOBRE *Colletotrichum gloeosporioides* DE UN RECUBRIMIENTO DE QUITOSANO CON LA FRACCIÓN HIDROSOLUBLE DEL ACEITE DE SEMILLA DE AGUACATE NATIVO MEXICANO *(Persea americana* var. drymifolia) EN FRUTOS POSCOSECHA DE AGUACATE cv. HASS

Erandi Atsiri Aguilar Ortiz[1], Rafael Salgado Garciglia[2], Alejandra Hernández García[2]
1 Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); 2230600f@umich.mx
2 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); rafael.salgado@umich.mx
2 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); alejandra.hernandez@umich.mx

Palabras Clave: Colletotrichum gloeosporioides, aguacate, compuestos fenólicos, recubrimientos.

RESUMEN. La fracción hidrosoluble (FHS) del aceite de semillas de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) se obtuvo para determinar el efecto antifúngico sobre Colletotrichum gloeosporioides en ensayos in vitro y adicionada a recubrimientos de quitosano en frutos poscosecha de aguacate cv. Hass. El aceite se obtuvo de semillas por el método de soxhlet (hexano, 7 h, 60°C) y llevado a sequedad en rotavapor al vacío (50°C). La fracción FHS fue obtenida por fraccionamiento líquido-líquido, empleando agua como disolvente de separación y preparada en agua/etanol (1:1) a 10 mg/mL. La actividad antifúngica in vitro se determinó por el método de pozas en medio papa-dextrosa-agar aplicando 100µL de FHS (0.01, 0.025, 0.050, 0.075 y 0.10 mg/mL) y quitosano al 1, 1.5, 2.0 y 2.5%, y sus respectivos controles. Se inoculó 0.5 cm de micelio, obteniendo la CI100 de la FHS (0.107 mg/mL). En área estéril, frutos de aguacate cv. Hass en etapa de madurez fisiológica, fueron recubiertos con quitosano (Q1, Q1.5, Q2.0 y Q2.5%) solo o con la CI100 de la FHS, inoculados en la zona central peduncular con esporas de C. gloeosporioides (1x103/mL), se usó Benomyl50® (10 mg/mL) y agua estéril con etanol, como control positivo y negativo, respectivamente. Se incubaron por 7 días a 10°C y 7 días más a 25°C, determinando los índices de severidad (IS, 1 -sin síntomas, 4 -síntomas de alta infección). En los frutos recubiertos con quitosano, la mayor actividad antifúngica fue con 2.5% (IS1) con un 75% de inhibición y en los tratados con quitosano con FHS, la mayor inhibición (94.5%) fue con Q2.5% (IS1), demostrándose el potencial de este recubrimiento (Q2.5%) adicionado con la CI100 de la FHS, para el control de antracnosis en frutos poscosecha de aguacate cv. Hass.

INTRODUCCIÓN. Actualmente existen nuevas alternativas al uso desmedido del plástico en el embalaje y transporte de alimentos, una de éstas, son los recubrimientos comestibles, ya que además de ser biodegradables y no tóxicos se han estudiado como vehículos para la adición de diferentes compuestos activos que prolonguen la vida de anaquel de los alimentos y, además, otorguen mejores propiedades a los alimentos que los contienen, aportando al consumidor un valor agregado a éstos (Matos-González, 2020). El quitosano es uno de los recubrimientos más usados, que proviene de los exoesqueletos de crustáceos

e insectos (Darolt et al., 2016) y es reconocido como un compuesto seguro GRAS por su baja o nula toxicidad, tanto para el ambiente como para la salud humana y animal. La adición de componentes como los compuestos derivados de plantas a este tipo de recubrimientos, es una estrategia de mejora en el almacenamiento poscosecha de frutas y verduras, los que al adicionarse muestran una mayor inhibición sobre hongos fitopatógenos como Colletotrichum gloeosporioides (Bautista-Baños et al., 2003), y se reduce el uso de fungicidas químicos sintéticos causantes de contaminación, resistencia microbiana y daño a la salud pública. En el cultivo de aguacate (Persea americana Mill.) cv. Hass, la antracnosis es una enfermedad causada por este hongo, la cual ocasiona las mayores pérdidas por pudriciones en frutas y hortalizas, durante el transporte, el almacenamiento y la comercialización (Gatto et al., 2011). En la presente investigación se extrajo por fraccionamiento líquido-líquido la fracción hidrosoluble (FHS) rica en compuestos fenólicos de semilla de aguacate nativo mexicano (P. americana var. drymifolia) para determinar su efecto antifúngico in vitro y adicionada en los recubrimientos de quitosano, para el control de C. gloeosporioides en frutos poscosecha de aguacate cv. Hass.

ANTECEDENTES. Actualmente el control de enfermedades fúngicas en cultivos se realiza por medio de la aplicación de fungicidas sintéticos, sin embargo, los consumidores exigen alimentos libres de este tipo de químicos, por lo que se han buscado alternativas sin efectos a la salud y al ambiente. Diversas tecnologías se han utilizado para prolongar la vida poscosecha de productos hortofrutícolas sin la afectación por hongos, como el almacenamiento a bajas temperaturas, empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación, formulaciones con agentes biológicos y extractos de plantas, así como los recubrimientos comestibles (Quezada et al., 2003). Se han elaborado recubrimientos comestibles a base de diferentes matrices poliméricas naturales como lípidos (ceras y aceites), proteínas (gelatina, caseína, proteína de soya, etc.) y polisacáridos (derivados de almidones y celulosas, pectinas, alginatos, carragenina, quitosano, entre otras) o combinaciones de algunos de éstos (Solano-Doblado et al., 2018; Ortega y Aparicio, 2020). Sin embargo, el quitosano ha destacado debido a sus óptimas propiedades formadoras de película, propiedades ópticas, mecánicas y de barrera, además de poseer propiedades antimicrobianas y ser un vehículo para incorporar aditivos, que refuercen la funcionalidad del recubrimiento tales como antioxidantes, antimicrobianos y colorantes (Leceta et al., 2015). Los extractos vegetales representan una alternativa para incorporar a la matriz de quitosano, por su contenido de compuestos fenólicos o terpénicos, logrando empaques más ecológicos y con alto potencial antifúngico. Entre estos extractos, los subproductos del aguacate como la cáscara y la semilla son considerados desecho, sin embargo, contienen en su estructura compuestos fenólicos, a los cuales se le atribuyen propiedades antimicrobianas, antioxidantes y otras actividades biológicas (Alkhalaf et al., 2019). México es uno de los productores de aguacate más importante del mundo, con niveles de exportación que aumentan cada año, pero como muchos frutos, sufren pérdidas denominadas poscosecha, principalmente causadas por hongos fitopatógenos. Estas pérdidas son de un 10-40% y uno de los hongos responsable de las altas pérdidas que acortan la vida de anaquel de este fruto es C. gloeosporioides, causante de la enfermedad antracnosis (Barrera y Sánchez, 2003). Con diversas investigaciones se ha demostrado la necesidad de realizar estudios que refuercen las propiedades antifúngicas del recubrimiento de quitosano, con la adición de compuestos o de extractos vegetales. En la presente investigación, se propone el uso de la fracción hidrosoluble rica en compuestos fenólicos, obtenida del aceite de semillas de aguacate

nativo mexicano (*P. americana* var. drymifolia), ya que estos han demostrado actividad antifúngica en bioensayos *in vitro*, con un alto potencial para enriquecer este recubrimiento, que potencien el poder antifúngico.

OBJETIVO. Determinar el efecto antifúngico de la fracción hidrosoluble de semillas de aguacate nativo mexicano, adicionada a recubrimientos de quitosano, sobre C. gloeosporioides durante la preservación de frutos de aguacate cv. Hass en poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las semillas de aguacate nativo mexicano fueron obtenidas de frutos recolectados de huertos de Ziracuaretiro, Michoacán. Las semillas fueron pulverizadas y el aceite se extrajo con equipo soxhlet, del cual se obtuvo la fracción hidrosoluble (FHS) por fraccionamiento líquido-líquido (aceite:agua, 1:2) que se concentró a 10 mg/mL en rotavapor a 60ºC. Las soluciones de quitosano (1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 %) se prepararon por el método descrito por Bautista y Bravo (2004), siendo activadas con ácido acético y mantenidas en agitación por 24 h a 120 rpm, ajustando a pH 5.5. La actividad antifúngica de FHS y quitosano (100 µL) se evaluó *in vitro* por el ensayo de pozas (Magaldi *et al*., 2004), usando 0.01, 0.025, 0.05, 0.075 y 0.1 mg/mL de FHS y quitosano al 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 %, sobre un disco de micelio de 5 mm de diámetro en cajas Petri con PDA (25°C, 8 días), para determinar la concentración inhibitoria total de la FHS (CI_{100}) y concentración optima de quitosano para el recubrimiento de los frutos; Benomyl 50® a 10mg/mL fue el control +; y agua destilada estéril con etanol (1:1) el control -, expresando los resultados como porcentaje de inhibición. El recubrimiento de los frutos (aguacate cv. Hass) en madurez fisiológica, se realizó con las diferentes concentraciones de quitosano solo (Q1, Q1.5, Q2.0 y Q2.5) y, adicionado con la CI_{100} de la FHS (Q1 + FHS, Q1.5 + FHS, Q2.0 + FHS y Q2.5 + FHS), Benomyl50® y agua estéril con etanol, inoculando con $1x10^3$ esporas/mL del hongo (n=7). Los frutos fueron tratados previamente con hipoclorito de sodio comercial (10%), a continuación, se realizó el recubrimiento con los diferentes tratamientos, por inmersión directa. Posteriormente se inocularon con las esporas y se mantuvieron durante 7 días a 10°C y después se almacenaron a 25°C por 7 días más, evaluando el índice de severidad (IS) de la enfermedad, causada por el hongo con la escala modificada por Ramírez *et al*., (2020) a las 72 h (Tabla 1).

IS	SÍNTOMAS EN EL MESOCARPIO
0	Fruto sin síntomas
1	1 – 25% (infección cerca al pedúnculo)
2	26 – 50% (infección hasta la parte media del fruto)
3	51 – 75% (infección leve en todo el fruto)
4	76 – 100% (infección severa en todo el fruto)

Tabla 1. *Índice de Severidad (IS)*

RESULTADOS. La CI_{100} de la FHS del aceite de semilla de aguacate nativo mexicano fue de 0.107 mg/mL, la cual se utilizó en el recubrimiento de los frutos (Fig. 1). Después de los 7 días de almacenamiento a 10°C no se presentaron síntomas de infección causado por *C. gloeosporioides*, sin embargo, después de 7 días más de almacenamiento a 25°C, los frutos presentaron síntomas de infección en los frutos que fueron inoculados, obteniendo un IS de 2 con el control + (Benomyl 50®) con 55% de inhibición con infección desde el pedúnculo hasta la zona cercana a la semilla, el control -, agua estéril y etanol, presento un IS 4, con infección severa en todo el fruto (> 75%), con Q2.5 % el IS fue de 1, correspondiente a 75% inhibición, mientras que, con Q2.0% y Q2.5% adicionados con la CI_{100} de la FHS un IS de 1 con 87.5 y 94.5% de inhibición, respectivamente (Fig. 2).

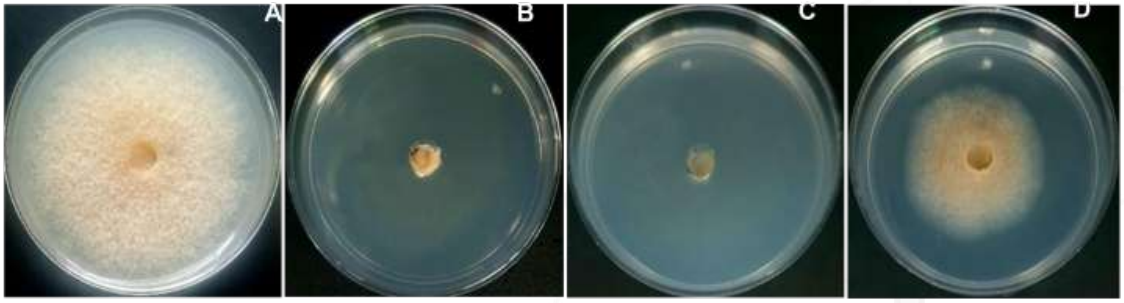


Fig. 1. *Efecto de la actividad antifúngica de la CI_{100} (0.107 mg/mL) in vitro de la fracción hidrosoluble (FHS) del aceite de semilla de aguacate nativo mexicano sobre el crecimiento micelial de C. gloeosporioides: A) Control – (agua y etanol); B) Control + (Benomyl 50); C) FHS y D) Quitosano 2.5%. A los 7 días del cultivo.*



Fig. 2. *Efecto de la actividad antifúngica en frutos recubiertos con quitosano y la fracción hidrosoluble (FHS) del aceite de semilla de aguacate nativo mexicano (0.107 mg/mL) sobre el crecimiento micelial de C. gloeosporioides: A) Control – (agua y etanol); B) Control + (Benomyl 50); C) Quitosano 2.5% y D) Q2.5% + FHS. Almacenados por 7 días a 10°C y 7 días más a 25°C.*

CONCLUSIONES. La fracción hidrosoluble del aceite de semilla de aguacate nativo mexicano (P. americana var. drymifolia) presentó un efecto antifúngico efectivo in vitro e in vivo sobre C. gloeosporioides, demostrando el efecto antifúngico del quitosano adicionado con la FHS, siendo el mejor tratamiento Q2.5% + FHS con 94.5% de inhibición sobre C. gloeosporioides, lo que condujo a una mayor vida de anaquel.

REFERENCIAS.

1. Alkhalaf, M., Alansari, W., Ibrahim, E., & ELhalwagy, M. (2019). Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (Persea americana) fruit and seed extract. Journal of King Saud University – Science, 31: 1358-1362.
2. Barrera, C., y Sánchez, B. (2003). Caracterización de la cadena agroalimentaria/agroindustrial nacional, identificación de sus demandas tecnológicas: Fresa. Fundación Produce Michoacán., 65.
3. Bautista-Baños, S., y Bravo-Luna, L. (2004). Evaluación del quitosano en el desarrollo de la pudrición blanda del tomate durante el almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, 6(1), 63-67.
4. Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., Bosquez-Molina, E., & Wilson, C. (2003). Effects of chitosan and plant extracts on growth of Colletotrichum gloeosporioides, anthracnose levels and quality of papaya fruit. Crop Protection, 22: 1087-1092.
5. Darolt, J., Rocha Neto, A., & Di Piero, R. (2016). Effects of the protective, curative, and eradicative applications of chitosan against Penicillium expansum in apples. Brazilian Journal of Microbiology, 47: 1014-1019.
6. Gatto, M., Ippolito, A., Linsalata, V., Cascarano, N., Nigro, F., Vanadia, S., & Di Venere, D. (2011). Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology, 61:72-82.
7. Leceta, I., Peñalba, M., Arana, P., Guerrero, P., & de la Caba, K. (2015). Ageing of chitosan films: Effect of storage time on structure and optical, barrier and mechanical properties. European Polymer Journal, 66: 170-179.

8. Magaldi, S., Mata-Essayag, S., Hartung de Capriles, C., Perez, C., Colella, M., Olaizola, C., & Ontiveros, Y. (2004). Well diffusion for antifungal susceptibility testing. International Journal of Infectious Diseases, 8(1), 39-45.
9. Matos-González, C. A. (2020). Revisión de literatura: Biopelículas a base de quitosano como potencial aplicación en empaque de alimentos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
10. Ortega-Cardona, C. E., y Aparicio-Fernández, X. (2020). Quitosano: una alternativa sustentable para el empaque de alimentos. Revista Digital Universitaria, 21(5), 6.
11. Quezada, J., Díaz, M.; Gutiérrez, M., and Debeaufort, F. 2003. Application of edible coatings to improve shelf-life of mexican guava. Acta Horticulturae 599:589-594.
12. Ramírez-Gil, J., Horacio-López, J., & Henao-Rojas, J. (2020). Causes of Hass avocado fruit rejection in preharvest, harvest, and packinghouse: Economic losses and associated variables. Agronomy, 10(1), 8.
13. Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 21.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324166

PRODUCCIÓN DE LICOR A PARTIR DE JUGO DE GRANADA DE UNA HUERTA DEL MUNICIPIO DE MORELIA

Sara Monserrath González-Lozanoa[1a], Pedro Eduardo Lázaro-Mixtecoa[2a], Adriana Avilés-Martínez[1b], Ana Alejandra Vargas Tah[2b]

1Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; a 2002108b@umich.mx, b adriana.aviles@umich.mx

2División de estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; a pedro.lazaro@umich.mx b ana.vargas@umich.mx

Palabras Clave: Jugo de granada, licor, cromatografía, fermentación alcohólica, azúcares.

RESUMEN. Una huerta dentro del municipio de Morelia produce licores a partir de jugo de granada con tiempos de fermentación muy largos, por lo que solicitó se le apoyara analizando su jugo y su proceso de fermentación. Por lo anterior, en el presente trabajo se caracterizó el jugo de granada proporcionado por el productor y se fermentó para producir licor. Los resultados mostraron en el jugo la presencia de etanol y una concentración cercana a 8 g/L de azúcares totales. Debido a su baja concentración de azúcares, el jugo fue complementado con sacarosa o fructosa a 200 y 300 g/L. Se realizó la fermentación del jugo de granada con dos distintas cepas de levaduras, cepa empleada y proporcionada por el productor y una cepa de Saccharomyces cerevisiae (Red Star), inoculando a 0.5 g/L [3]. La fermentación se llevó a cabo a 30°C y 150 RPM. Las fermentaciones fueron monitoreadas por 192 h y se determinaron las cinéticas de consumo de azúcares y la producción de etanol, observándose la levadura utilizada por el productor no presentaba viabilidad para realizar el proceso. Empleando la cepa de Saccharomyces cervisiae y sacarosa a 200 g/L, se produjeron aproximadamente 120 g/L de etanol, obteniéndose un licor con 12° de alcohol.

INTRODUCCIÓN. La Hacienda la Soledad ubicada en la ciudad de Morelia, es una empresa dedicada a la producción de granada y licor de granada. El productor desconoce el contenido de azúcar de su jugo, así como la concentración de alcohol en su licor. Dependiendo de la capacidad de procesamiento del jugo, en ocasiones lo guarda por un año. El proceso de producción es en forma artesanal y dura aproximadamente 6 meses, por lo que el costo de producción se incrementa mucho. Debido a ello, desea reducir sus tiempos de fermentación. Para dar una solución, se caracterizó el jugo de granada proporcionado por el productor empleando la técnica de cromatografía de líquidos [1], a fin de conocer la composición de azúcares de este y establecer la cantidad de sustrato necesario para realizar el proceso; y se realizó la fermentación del jugo de granada con dos distintas cepas de levaduras, polvo de levadura (utilizada por el productor) y Red Star (levadura para cerveza).

ANTECEDENTES. En México, la producción de granada en 2022 superó las 10,090 toneladas, cultivadas en 18 estados, siendo Morelos, Hidalgo y Oaxaca los principales productores. La granada tiene usos medicinales tradicionales en el país, pero su producción es estacional y enfrenta desafíos como la alta temperatura y el almacenamiento, lo que

afecta la calidad del fruto y limita su demanda y agroindustria asociada [5]. En contraste, la producción de licores en México se centra en la uva, principalmente en estados como Querétaro y Aguascalientes, para vinos tintos y blancos [4]. La investigación sugiere que la granada, rica en antioxidantes y otros nutrientes, podría ser una alternativa viable para la producción de licor. Un estudio sobre la fermentación del jugo de granada con la levadura Saccharomyces cerevisiae encontró que el vino de granada de mejor calidad se produce con un tamaño de inóculo del 8%, pH 4.0, y temperatura de 37 °C durante 7 días, alcanzando un contenido de alcohol del 10.1% [6].

OBJETIVO. Lograr la determinación de la concentración de azúcares y el contenido de etanol del jugo de granada utilizado para la producción de vino de granada. Establecer la concentración necesaria de sustrato en el jugo, que permita la realización del proceso fermentativo. Encontrar el consumo de azúcares y el consumo de etanol en la fermentación a partir del jugo de granada con la cepa de levadura del productor. Reducir el tiempo de este proceso fermentativo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Caracterización del jugo de granada. Los jugos proporcionados por el productor fueron jugo de granada ácida, jugo de granada morada, jugo de granada dulce, jugo de granada morada con un año de refrigeración, jugo de granada ácida con un año de refrigeración y jugo de granada que utiliza el productor para llevar a cabo la fermentación (Fig. 1). De dichos jugos se realizó disoulciones 1:4 (750 µL de agua destilada, 250 µL de jugo de granada) en tubos eppendorf con capacidad de 1000 µL. Posteriormente se procede a filtrar cada una de las disoluciones realizadas hacia un vial por medio de un filtro Nylon de 0.2 µm (Fig. 2) y una jeringa para insulina [2]. Posteriormente se realizó una curva de calibración de un stock compuesto de fructosa, glucosa, sacarosa, acetato de sodio y etanol, cada una a 20 g/L. Una vez realizadas las disolciones del stock, se filtraron y pasaron a viales cada uno de los estandares (Figura 3). Finalmente se colocan los viales tanto de las muestras como de los estandares realizados en el cromatografo de líquidos para ser analizados.

Fermentación. El jugo de granada se esterilizó en una autoclave a 121°C durante 20 minutos. Posteriormente se acondicionó con 200 g/L y 300 g/L de sacarosa y fructosa (Fig. 4), inoculando a 0.5 g/L con la levadura utilizada por el productor. La fermentación se llevó a cabo a 30°C y 150 RPM, en una incubadora NB-T205L N-BIOTEK (Fig. 5). El segundo experimento fue realizado inoculando con levadura de Saccharomyces cerevisiae Red Star. Ambas fermentaciones fueron monitoreadas durante 192 horas y las muestras obtenidas fueron analizada por HPLC para cuantificar el consumo de azúcares y la producción de etanol.

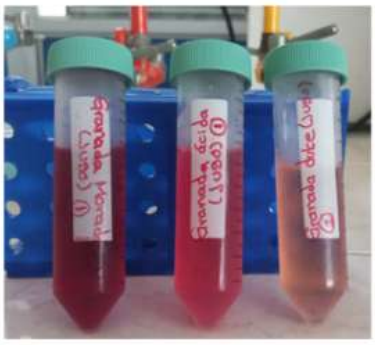






Figura 1: *Jugos de granada proporcionados por el productor para ser analizados por cromatografía HPLC.*





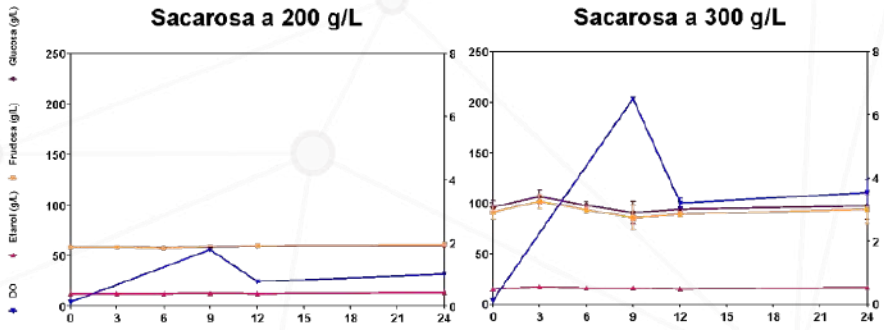
Figura 3: *Estándares realizados para el análisis de cromatografía HPLC.*

RESULTADOS. Se analizó el jugo de granada proporcionado por el productor, observándose presencia de etanol y una concentración cercana a 8 g/L de azúcares totales, por lo que se ajustó a 200 y 300 g/L de sacarosa o las mismas concentraciones de jarabe de fructosa. Los resultados obtenidos de la caracterización realizada de cada jugo de granada se resumen en la siguiente tabla:

Concentración (g/L)				
Compuesto	**Jugo de granada para fermentación**	**Jugo de granada ácida**	**Jugo de granada morada**	**Jugo de granada dulce**
Sacarosa	0.265	10.48	0.30	6.31
Glucosa	0.105	40.51	1.15	24.62
Fructosa	8.185	53.56	21.24	38.48
Etanol	33.115	1.28	77.38	0.53
Azúcares totales	8.56	104.55	22.69	69.41

Tabla 1. *En base a los resultados obtenidos, se observa que el jugo de granada para fermentación ya contaba con una cantidad de etanol y poca concentración de azúcares.*

La fermentación realizada con la levadura proporcionada por el productor no mostró producción de etanol, así como también un consumo de azúcares bajo, determinándose que dicha levadura no es viable para el proceso fermentativo (Fig. 6).



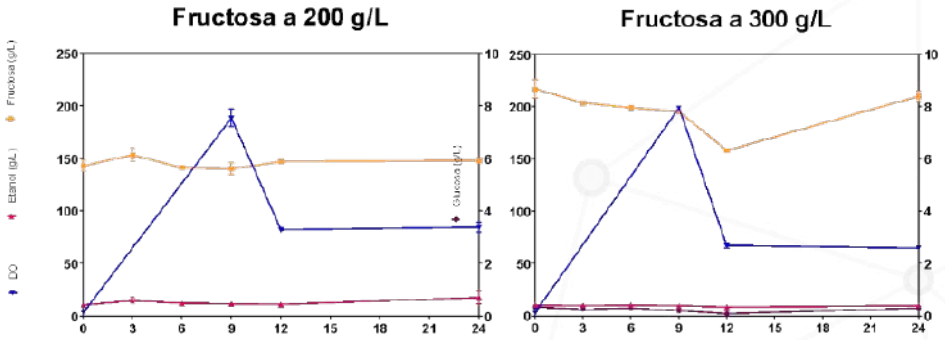


Figura 6: *Gráficas de consumo de azúcares, producción de etanol y crecimiento bacteriano, utilizando la levadura del productor.*

Por lo que se realizó un segundo experimento, donde se utilizó la levadura de *Saccharomyces cerevisiae* (Red Star). Para esta fermentación se encontró que a menores concentraciones de sustrato existe una mayor producción de etanol y un mayor con consumo de azúcares, en comparación con las que contenían mayor concentración de sustrato. Asimismo, la producción de etanol es mayor para los que utilizaron la sacarosa como sustrato que los que utilizaron fructosa (Fig. 7).

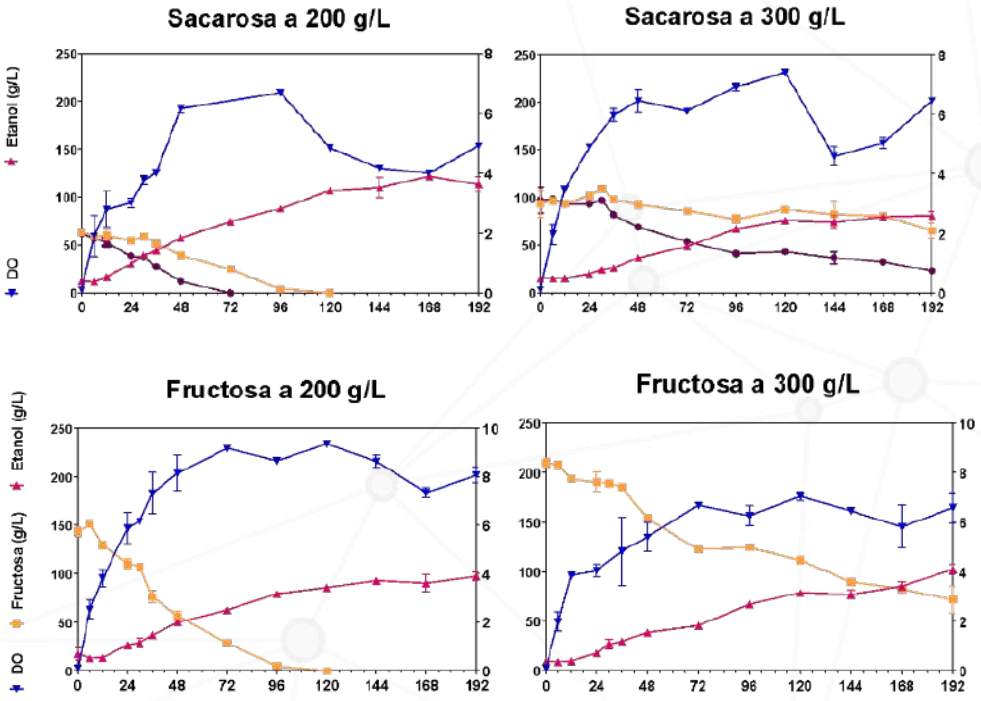


Figura 7: *Gráficas de consumo de azúcares, producción de etanol y crecimiento bacteriano, utilizando la levadura de Saccharomyces cerevisiae (Red Star).*

Los parámetros cinéticos (Tabla 2), indicaron que se obtuvo un rendimiento producto-sustrato del 82 %, obteniendo la máxima producción etanol (g/L) con sacarosa a una concentración de 200 g/L, y una productividad en volumen de 0.66 g/L h. Por su parte se encontró que la velocidad de crecimiento fue de 0.149 h^{-1} empleando fructosa a 200 g/L,

siendo este el caso con la mayor velocidad de crecimiento bacteriano y con menor producción de etanol.

Parámetros cinéticos				
Sustrato	**K (h^{-1})**	**$Y_{P/S}$ (%)**	**Q (g/ L h)**	**q (g_{prod}/ g_{bio} h)**
Sacarosa (200 g/L)	0.039	87	0.66	0.32
Sacarosa (300 g/L)	0.026	69	0.39	0.19
Fructosa (200 g/L)	0.149	62	0.42	0.11
Fructosa (300 g/L)	0.094	68	0.49	0.17

Tabla 2. *Valores de los parámetros cinéticos calculados para cada experimento.*

CONCLUSIONES. La levadura utilizada por el productor no tiene viabilidad para realizar el proceso de fermentativo. Asimismo, los resultados mostraron que la máxima producción de etanol se obtuvo con sacarosa a 200 g/L Finalmente, se obtuvo un licor a partir del jugo de granada, utilizando como sustrato la sacarosa y la fructosa. Bajo las condiciones que se emplearon, se logó fermentar el jugo en sólo 8 días, en comparación a los 6 meses que el productor empleaba para su fermentación.

REFERENCIAS.

1. Monroy, O., & Viniegra, G. (1981). Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos.
2. Scriban, R. (1984). Biotecnología (2.a ed.).
3. Van Nieuwenhove C. Pescuma M. & Mozzi F., R. L. M. L. (2020). Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. En V. C. &. W. R. Ferrari A. (Ed.), Alimentos fermentados: microbiología, nutrición, salud y cultura (pp. 275–298). Instituto Danone. https://www.danoneinstitute.org/wp-content/uploads/2020/12/Book-Fermented-Food-2020_sp.pdf
4. Consejo Mexicano Vinícola. (2018). Producción de vino en México. https://uvayvino.org.mx/html/docs/produccion_consumo_vino.pdf
5. De Agricultura y Desarrollo Rural, S. (s. f.). Qué hay detrás de la producción de granada. gob.mx. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-hay-detras-de-la-produccion-de-granada?idiom=es
6. Samson, K., & Singh, G. (2017). OPTIMUM PARAMETERS FOR WINE PRODUCTION FROM POMEGRANATE FRUIT JUICE. International Journal Of Pharmaceutical Sciences And

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324167

EVALUACIÓN DE T. HARZIANUM EN PRESENCIA DE OG Y OG-N

Griceida Villegas López[1], Verónica Janette Cedeño Garcidueñas[2], Omar Augusto Sánchez Ortiz[3], Mario Mendoza Anguiano[4], Guillermo Andrade Espinosa[5], Claudia Palomares Rodríguez[6], Sergio Antonio Cruz Ayala[7]

1 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; lc20850038@vmorelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; veronica.cg@vmorelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; omar.so@vmorelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; mario.ma@vmorelia.tecnm.mx

5 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; guillermo.ae@vmorelia.tecnm.mx

6 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; claudia.pr@vmorelia.tecnm.mx

7 Tecnológico Nacional de México/IT del Valle de Morelia; l22850366@vmorelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Óxido de Grafeno, Trichoderma harzianum, Control biológico, Microorganismo, Antibacteriano, Antifúngico.

RESUMEN. En la actualidad las plantas forestales y los cultivos se ven afectados por diversos factores que inhiben su desarrollo y crecimiento, entre ellos la falta de agua, la disponibilidad de nutrientes e incluso la contaminación del suelo o la semilla y el ataque por microorganismos fitopatógenos, el presente trabajo tiene la finalidad de contemplar nuevas alternativas que permitan su desarrollo óptimo. Dentro de estas alternativas está el uso del óxido de grafeno (OG), material que potencializa la germinación y crecimiento de las plantas con la adición de Trichoderma harzianum como agente protector frente a hongos causantes de enfermedades de las plantas. Por lo que el objetivo de la presente investigación consiste en evaluar el desarrollo del hongo Trichoderma harzianum en presencia de óxido de grafeno (OG) y óxido de grafeno nitrogenado (OG-N). En este trabajo se comprueba que este microorganismo puede sobrevivir en presencia del OG y OG-N aun cuando estos materiales cuentan con propiedades antibacterianas y antifúngicas, y que su desarrollo es homogéneo con pequeñas variaciones en su simetría de crecimiento e incrementa en el cambio de coloración en su fase de esporulación.

INTRODUCCIÓN. Existen organismos fitopatógenos de gran importancia económica en el área ambiental, pues estos pueden servir como agentes de control biológico tal es el caso del T. harzianum, el cual es un hongo cosmopolita que se encuentra presente en el suelo o en algunos sustratos provenientes de cultivos de hongos comestibles. (Romero, Domínguez, Huerta, Damián, & Arellano, 2009). El T. harzianum al ser un microorganismo multifuncional tiene efectos estimulantes de biocontrol en las plantas, sin embargo, esto se ve afectado si el medio en el que se encuentra no llega a superar el 2% de materia orgánica. Los microorganismos como el Trichoderma suelen actuar destruyendo la pared celular de otros hongos fitopatógenos que atacan las plantas (Damping off), esta destrucción se lleva a cabo por medio de enzimas y antibióticos que expulsan al medio, otros efectos positivos en las plantas que van aunados a este organismo son: mejora en la raíz y mayor profundidad de enraizamiento, promoción de crecimiento y mayor absorción de nutrientes. (Interempresas, 2021). Por otra parte, la aplicación de nanomateriales ha incrementado en

los últimos años, siendo un gran candidato como estimulante o potencializador en el crecimiento de la raíz de la planta. El óxido de grafeno es un material alótropo del carbono bidimensional que posee propiedades eléctricas, mecánicas, bactericidas y antifúngicas, siendo así que puede ser aplicado en diferentes campos de estudio, tal es el caso de la medicina, tecnología, automotriz etc. (Urcuyo, González, & Cordero, 2021)

ANTECEDENTES. En el año 2010, se realizó un proyecto de investigación, el cual consistió en la elaboración de papel de grafeno, el cual combinó las propiedades antimicrobianas del grafeno junto con sus propiedades mecánicas y flexibles, el cual obtuvo como resultado un efecto fuerte de mortandad bacteriana con un 90% en unas cuantas horas y con la dosis o concentración correcta. Esto es posible gracias a que el exterior de las bacterias se ve afectado por el grafeno, provocando una pérdida de citoplasma. (De la peña & García, 2016).

OBJETIVO. Evaluar el desarrollo del hongo Trichoderma harzianum en presencia de óxido de grafeno (OG) y óxido de grafeno nitrogenado (OG-N).

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología experimental se llevó a cabo utilizando caldo nutritivo de dextrosa papa y agar, como medios para cultivar el hongo Trichoderma harzianum y en presencia de óxido de grafeno, óxido de grafeno funcionalizado con nitrógeno y un blanco, todo por triplicado. El medio de cultivo caldo nutritivo dextrosa papa y agar fue colocado en cajas de Petri, se utilizaron 24g de caldo dextrosa papa por cada litro y 31g de agar por cada litro, material que fue previamente esterilizado en una autoclave a 15 psi por un tiempo entre 15 y 20 minutos. El crecimiento del hongo Trichoderma harzianum, se incubó colocando en una caja Petri el medio de cultivo preparado hasta solidificase, posteriormente se añadió una solución de T. harzianum donde se utilizaron 0.01g de hongo disueltos en 5 mL de agua destilada. La solución se deja reposar entre 10 y 15 minutos, para después colocarse en el medio de cultivo e incubarse a 36°C por 24 h. Este mismo procedimiento se utiliza para tres cultivos del blanco, tres con 0.001g de óxido de grafeno y los últimos tres con una dosis igual, pero de óxido de grafeno nitrogenado. La técnica utilizada consiste en colocar en cada uno de los cultivos, en la parte centro, un cuadrito o bien una pequeña cepa (aproximadamente de 2mm) de la muestra principal de T. harzianum, posteriormente se sellaron las cajas Petri, previamente rotuladas. Una vez finalizado el paso anterior, las muestras se incuban a una temperatura de 35°C por 24 h, después de este tiempo se dejan a temperatura ambiente (aproximadamente 23°C) para que continue el desarrollo y crecimiento del hongo.

RESULTADOS. Para verificar el crecimiento del hongo, se usó el modelo de crecimiento radial de la cepa, donde se midió diariamente el diámetro de cepa. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1. En la cual se puede observar que el día 2 el crecimiento del hongo en presencia del OG-N aparente tiene un crecimiento más acelerado que los otros dos experimentos, sin embargo, al comparar el crecimiento del hongo en el día 6 se observa que el hongo adquirió el tamaño de 8.5 cm en todos los experimentos. El crecimiento promedio en los diferentes ensayos es de aproximadamente 2 cm diariamente. Por otro lado, se puede señalar que dentro de las observaciones realizadas durante el crecimiento del hongo, el experimento del blanco mostró un crecimiento regular y homogéneo

en su circunferencia, mientras que los triplicados de OG y OG-N exhibían un crecimiento irregular, así como también, su transición de coloración hasta el color verde oscuro, esto puede observarse con mayor detalle en la Fig. 1.

Muestra	Variable	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Blanco 1	Diámetro (cm)	3.5	5.7	7	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/gris claro	Blanco/gris	Gris/verde	Verde oscuro
Blanco 2	Diámetro (cm)	3	5.2	7	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/amarillo	Blanco/gris	Gris/verde	Verde oscuro
Blanco 3	Diámetro (cm)	3.3	5.4	7	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/amarillo	Blanco/gris	Gris/verde	Verde oscuro
OG 1	Diámetro (cm)	3	5.1	7.3	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/amarillo	Blanco/gris	Gris/verde	Verde oscuro
OG 2	Diámetro (cm)	3	5.3	7.5	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/gris claro	Blanco/gris	Gris/verde	Verde oscuro
OG 3	Diámetro (cm)	3.1	5.1	7	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/gris claro	Blanco/verde	Gris/verde	Verde oscuro
OG-N 1	Diámetro (cm)	3	5.9	7	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/gris claro	Blanco/verde	Gris/verde	Verde oscuro
OG-N 2	Diámetro (cm)	3.6	5.5	7.2	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/amarillo	Blanco/verde	Gris/verde	Verde oscuro
OG-N 3	Diámetro (cm)	3.7	5.5	7.5	8.5	8.5
	Coloración	Blanco	Blanco/amarillo	Blanco/verde	Gris/verde	Verde oscuro

***Tabla 1**. Observaciones de la colorimetría y medidas del crecimiento radial de la cepa de T. Harzianum*

Por otra parte, en la Tabla 2 se pueden observar los resultados en promedio del crecimiento o desarrollo del organismo, dónde su crecimiento para los tres casos es muy similar, pero siempre destacando el crecimiento relativamente más acelerado del hongo en presencia del OG-N.

Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Blanco	3.26	5.43	7.10	8.5	8.5
OG	3.03	5.16	7.23	8.5	8.5
OG-N	3.43	5.63	7.23	8.5	8.5

***Tabla 2.** Crecimiento promedio en cm del T. harzianum*

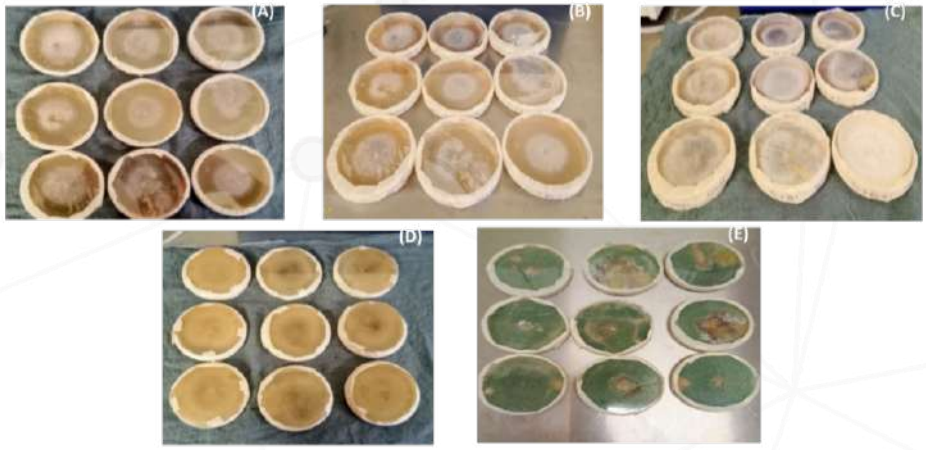


Figura 1. *En esta figura se muestra el proceso del crecimiento radial de Trichoderma harzianum en presencia de OG y OG-N. Donde los triplicados del lado izquierdo representan el blanco, los triplicados de en medio con OG y los del lado derecho con OG-N. A) Representa el día 2 donde el creciemiento es de aproximadamente 3 cm. B) Representa el día 3 donde el crecimiento es de 5 cm aproximadamente y la coloración blanco amarillo o grisaseo. C) Representa el día 4 donde el crecimiento es de 7 cm aproximadamente y la coloración blanco verdoso. D) Representa el día 5 donde el crecimiento es total de 8.5 cm y la coloración gris verdoso. E) Representa el día 6 donde la coloración es completamente verde.*

El crecimiento radial del *T. harzianum* se llevó a cabo en el sexto día, partiendo del día uno de la incubación, entre los cuales destacan que los triplicados del blanco que se desarrollaron de manera uniforme y regular, en comparación de los triplicados de OG y OG-N. El proceso de crecimiento se muestra en la Fig. 1 que a continuación se presenta, dónde además se puede observar su coloración a través de los días transcurridos.

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que el hongo Trichoderma harzianum en presencia de óxido de grafeno y óxido de grafeno nitrogenado no presenta alguna afectación significativa, directa e inmediatamente, debido a que el organismo crece, aunque con asimetría radial en las muestras con presencia de estos materiales a diferencia de las muestras sin presencia de los materiales, así como también, la coloración que presentó durante la experimentación cambio en tonos en tiempo menor, pero de acuerdo con el comportamiento que presenta el hongo.

REFERENCIAS.

1. De la peña, P., & García, A. (2016). Diseño nanotecnológico de superficies con propiedades antibacterianas: el grafeno. Revista de ingeniería de construcción, págs. Vol. 31, no. 3.
2. Interempresas. (2021). ¿Cómo aplicar el hongo Trichoderma a mi cultivo? Obtenido de Interempresas: https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/325458-Como-aplicar-el-hongo-trichoderma-a-mi-cultivo.html
3. Romero, O., Domínguez, F., Huerta, M., Damián, M. A., & Arellano, D. A. (2009). Características de Trichoderma harzianum, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. Revista colombiana de biotecnología, pág. Vol. 11 no. 2.
4. Urcuyo, R., González, D., & Cordero, K. (2021). Perspectivas y aplicaciones reales del grafeno después de 16 años de su descubrimiento. Revista Colombiana de Química, págs. Vol. 50, no 1.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324169

EFECTO DE LA ADICIÓN DE NOPAL (*Opuntia Ficus-indica*) A LA DIETA DE LECHONES DE 6 A 30 KG DE PESO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTUVO

Cyntia Michelle González Borja[1], Rosa Elena Pérez Sánchez[2], Ruy Ortiz Rodríguez[3], Daniel Val Arreola[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cyntia14gonzalez98@gmail.com

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rosa.perez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ruy.ortiz@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; dval@umich.mx

Palabras Clave: Destete, Estrés, Eficiencia productiva.

RESUMEN. El objetivo fue determinar el efecto de la adición de nopal (O. Ficus-indica) en base fresca (BF) a la dieta de lechones de 6 a 30 kg de peso sobre el comportamiento productivo. Se utilizaron 20 lechones destetados (21±2 días de edad y 7.2±0.8 kg) seleccionados al azar. La fase experimental se dividió en dos etapas (E): E1 o adaptación (17 días) a la fase de iniciación (FI); en esta se conformaron dos grupos (G) (n=10 lechones/grupo): G1, lechones con alimento comercial convencional (ACC) para la FI y G2, lechones con ACC más 1.0% de nopal en BF acorde al peso vivo/semana/lechón. E2 (duración 32 días), en esta etapa el G2 se subdividió en dos subgrupos (n=5 lechones/subgrupo): G2A, grupo con adición de nopal y G2B, grupo sin nopal. Se evaluó: consumo de alimento (CA), peso semanal (PS), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CAL). La información se analizó a través de mediciones repetidas. Las diferencias entre grupos se obtuvieron a través de medias de mínimos cuadrados a un α=0.05. No se encontró efecto de grupo ($p>0.05$) sobre CA, PS y GP en la E1 ni en la E2: en la E1, el CA/lechón/día fue de 0.45 a 0.47 kg y en la E2 fue de 0.88 a 0.92 kg. El peso final/Etapa fue de 10.1 y 10.6 kg para el G1 y G2, respectivamente en la E1 y de 33.7 y 35.4 kg, para el G2A y G2B, respectivamente, en la E2. El G2A mostró tendencia hacia un menor CA (5% menos) y mayor GP (5% más) vs G1 y G2B. La CAL fue mejor ($p<0.05$) en G2A (1.4) y G2B (1.4) vs G1A (1.5). La adición de nopal en BF a la dieta de lechones de 6 a 30 kg mejora la eficiencia de la conversión alimenticia.

INTRODUCCIÓN. El sector porcino de México requiere ser eficiente tanto productiva como económicamente para satisfacer la demanda interna de carne de cerdo y para ello, es esencial optimizar las fases inherentes a la producción del cerdo (Campoy et al., 2019), especialmente la fase de destete-iniciación; puesto que esta es la fase más compleja, debido a los cambios que experimenta el lechón recién destetado (separación de la madre, transporte, cambio de alimento, nuevas instalaciones y agrupamiento con lechones extraños) que les provoca un estado de estrés (Tang et al., 2022). El estrés postdestete desencadena una serie de eventos de forma simultánea que impactan de forma negativa tanto al consumo voluntario de alimento, como al sistema digestivo del lechón, el cual desarrolla un proceso inflamatorio intestinal (Zheng et al., 2021), mismo que provoca

alteración de la secreción y absorción de líquidos, atrofia de las vellosidades e hiperplasia de las criptas en el intestino delgado y la disminución del área de absorción intestinal; susceptibilidad a patógenos entéricos y diarreas mecánicas (Patankar y Becker, 2022). Así, la alteración gastrointestinal y la disminución del consumo de alimento, por separado o en conjunto, retardan el desarrollo del lechón en la fase de iniciación y el tiempo para alcanzar el peso al mercado (Zheng et al., 2021).

ANTECEDENTES. Ante el impacto negativo del estrés en la fase de iniciación, se han evaluado estrategias que mitiguen los efectos estresantes del lechón, como son: distractores (Espejo-Beristain et al., 2020), edad al destete (Ming et al., 2021), administración de antibióticos (Flores et al., 2015) o uso de alimentos nutraceúticos (Zheng et al., 2021), entre otras más. Sin embargo, estrategias como el uso de antibióticos en el alimento, no se recomiendan puesto que esta incrementa la resistencia a los antibióticos (Escalante et al., 2022). Las estrategias más recientes, para disminuir el estrés en dicha fase, son aquellas que utilizan insumos nutracéuticos para la alimentación y que proporcionan beneficios a la salud gastrointestinal del animal (Das et al., 2020). Dentro de estos alimentos se encuentra el nopal (Opuntia spp) el cual es susceptible de utilizarse en la alimentación del cerdo (Ordaz et al., 2019). Puesto que, a esta cactácea (Opuntia ficus-indica) se le ha atribuido propiedades, tales como: actividad antinflamatoria, acción antioxidante (El-Mostafa et al., 2014) y, como prebiótico (Luna-Zapién et al., 2023). Además, Gaytán (2017) sugiere que la fibra insoluble del nopal permite mantener la integridad y el crecimiento de las vellosidades intestinales en los cerdos y mejora la ganancia de peso de estos.

OBJETIVO. Determinar el efecto de la adición de nopal (O. ficus-indica) en base fresca (BF) a la dieta de lechones en fase de iniciación (6 a 30 kg) sobre el comportamiento productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación se llevó a cabo en el Sector porcino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ubicada en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, el cual se encuentra a una altura promedio de 1,855 msnm y ubicada en las coordenadas 19°19'N 101°10'O (INEGI, 2010). La fase experimental (7 semanas) fue dividida en dos etapas: Etapa 1, adaptación a la fase de iniciación y Etapa 2, post-adaptación a la fase de iniciación; la Etapa 1 abarcó los primeros 17 días (2.4 semanas) postdestete, mientras que la Etapa 2 tuvo una duración de 32 días (4.6 semanas). Se utilizaron 20 lechones destetados (21±2 días de edad) de ambos sexos seleccionados al azar, con un peso de 7.2±0.8 kg. En la etapa de adaptación a la fase de iniciación (Etapa 1), con los 20 lechones se conformaron dos grupos (n=10 lechones grupo^{-1}; lechón^{-1} considerado como una repetición): Grupo testigo o G1, a cada lechón de este grupo se le proporcionó alimento comercial convencional específico para la etapa 6 a 30 kg de peso vivo y Grupo experimental o G2, en este grupo a cada lechón se le ofreció alimento convencional para esta etapa adicionado con 1.0% de nopal en BF (porcentaje con base al peso vivo semana^{-1} del lechón). Etapa 2, transcurridos 17 días de la primera etapa de la fase experimental, el G2 se subdividió en dos subgrupos (n= 5 lechones subgrupo^{-1}): G2A, G2B. El G1A, continuó con el alimento comercial específico para la fase de iniciación (FI); G2A, continuó con el alimento para FI más nopal en BF y al G2B, se le retiró la adición del nopal y solo se le suministró alimento para la FI. La formación de los subgrupos G2A y G2B, tuvo como objetivo determinar si existió efecto residual de la dieta

adicionada con nopal en el comportamiento productivo de estos animales durante esta etapa. Cada lechón grupo^{-1} se confinó en jaula individual elevada al piso, la cual contenía: un comedero de aluminio confeccionado especialmente para la alimentación individual y un bebedero automático tipo chupón. El alimento convencional para la FI suministrado a los grupos y el agua de bebida se ofrecieron *ad libitum*. Mientras que la adición del 1.0% de *O. ficus-indica* en BF a la dieta de los lechones del G2 y G2A, se realizó diariamente por la mañana. Una vez obtenido el peso lechón^{-1} semana^{-1} se determinó la cantidad requerida de nopal semana^{-1} para adicionarse al alimento. El nopal fue picado en trozos de aproximadamente 1 cm^2 para poder ser suministrados a los cerdos. Las variables analizadas fueron: consumo de alimento (CA), peso semanal (PS), ganancia de peso (GP), consumo de alimento comercial total (CAT) y conversión alimenticia (CAL). El CA (tanto de alimento para FI como de nopal en BF) se determinó mediante la resta entre la cantidad de alimento comercial y nopal suministrados día^{-1} menos el rechazo de alimento comercial y nopal día^{-1}. El cálculo del rechazo de alimento día^{-1} se realizó a las 7:30 h, una vez retirado el sobrante de alimento del día anterior. Para ello, primeramente, se separó el nopal del alimento comercial de forma manual y posteriormente se pesó el alimento comercial y el nopal por separado. Las cantidades (kg) de alimento suministrado (alimento comercial y/o nopal en BF) día^{-1} cerdo^{-1} y sobrante se pesaron con una báscula SF-400® con una capacidad de 5 kg y precisión de 1 g. El PS lechón^{-1} se obtuvo mediante una báscula digital portátil MiniCraneScale ® modelo WH-C100 con capacidad de 100 kg. La GP se obtuvo mediante la resta de del peso final menos el peso inicial entre el tiempo que duró la etapa experimental (7 semanas). La CAL se determinó mediante la división del consumo de alimento total entre la ganancia de peso total. La información recabada se analizó a través de la metodología de mediciones repetidas utilizando para ello el modelo de efectos fijos y las diferencias entre grupos se obtuvo mediante la prueba de medias de mínimos cuadrados (LsMeans) a un $\alpha<0.05$ (Litell *et al*., 1998).

RESULTADOS. Los resultados únicamente determinaron efecto de grupo ($p=0.0001$) sobre conversión alimenticia. En cuanto al consumo diario de alimento grupo^{-1}(CAd) (Tabla 1); este tuvo un comportamiento similar ($p>0.05$) en los subgrupos analizados etapa^{-1}, mismo que fue entre 0.45 y 0.47 kg en la Etapa 1 para G1 y G2, respectivamente. Mientras que en la Etapa 2, fue de 0.89 a 0.92 kg cerdo^{-1} día^{-1}. Dichos resultados determinan el consumo total de alimento grupo^{-1} (CAT) (Tabla 1), que en la Etapa 1 fue de 3.31±058 y 3.12±0.59 kg para G1 y G2, respectivamente; promedios similares entre sí ($p>0.05$). Para la Etapa 2, el CAT fue similar ($p>0.05$) para todos los subgrupos: entre 6.14 a 6.46 kg (Tabla 1).

	Etapa 1		Etapa 2		
	G1	G2	G1	G2A	G2B
Variable	Prom±EE	Prom±EE	Prom±EE	Prom±EE	Prom±EE
CAT (kg)	3.31^a±0.58	3.12^a±0.59	6.46^a±0.45	6.22^a±0.48	6.14^a±0.45
CAd (kg)	0.47^a±0.08	0.45^a±0.08	0.92^a±0.06	0.89^a±0.07	0.88^a±0.64
Peso Inicial (kg)	7.28^a±0.31	7.33^a±0.31	14.78^a±0.56	13.76^a±0.84	14.30^a±0.75
Peso Final (kg)	10.60^a±0.56	10.10^a±0.56	33.73^a±1.22	35.41^a±1.22	33.93^a±1.22
GDP (kg)	0.36^a±0.06	0.33^a±0.06	0.60^a±0.05	0.63^a±0.05	0.61^a±0.05
CNT (kg)	--	0.40±0.05	--	0.90±0.04	--
CNd (kg)	--	0.06±0.01	--	0.13±0.01	--

Tabla 1. *Media de mínimos cuadrados para parámetros de crecimiento y consumos (alimento comercial y nopal) de acuerdo con la etapa y el subgrupo. Literales [a,b] indican diferencias estadísticas entre filas por Etapa.*

En cuanto al peso final por etapa (Tabla 1), este fue similar (p>0.05) en las dos etapas evaluadas: en la Etapa 1 fue de 10.10 a 10.6 kg *vs* Etapa 2 (33.73 a 35.41 kg). Promedios determinados por la ganancia diaria de peso (GDP) en las dos Etapas evaluadas (Tabla 1): para el caso de la Etapa 1 la GDP osciló entre 0.33 y 0.36 kg, mientras que en la Etapa 2, la GDP osciló entre 0.60 y 0.63 kg; promedios similares entre sí (p>0.05) (Tabla 1).
Por último, la conversión alimenticia (CAL), de acuerdo con los subgrupos analizados, fue mejor (p<0.05) en los subgrupos G2A y G2B (1.40:1 y 1.42:1, respectivamente) *vs* G1 (Fig. 1).

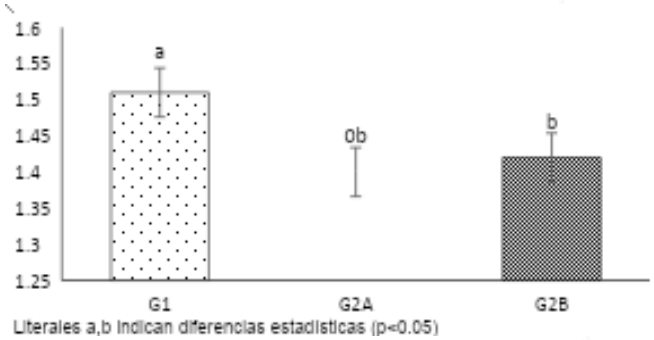


Figura 1*. Medias de mínimos cuadrados para Conversión Alimenticia de acuerdo con el subgrupo.*

CONCLUSIONES. Aún y cuando en esta investigación no se encontró efecto estadístico de la adición del nopal a la dieta de lechones en fase de iniciación sobre consumo de alimento y ganancia de peso, la tendencia hacia una mejor expresión de dichas variables (menor consumo de alimento y mayor ganancia de peso) en los lechones que consumen una dieta adicionada con 1% de nopal en BF puede asociarse con una mayor eficiencia en la asimilación del alimento consumido y reflejarse en la mejora de la conversión alimenticia.

REFERENCIAS.

1. Campoy, G.M.E., Martínez, C.M., Hernández, G.M.A. (2019) “Producción y comercialización de carne porcina y ovicaprina, ¿cadena productiva o pervivencia de una necesidad vuelta tradición? Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca, México”. Revista de El Colegio de San Luis, 1(20), 191-214.
2. Das, G., Lim, K.J., Tantengco, O.A.G., Carga, H.M., Goncalves, S., Romano, A., Kumar, D.S., Coy-Barrera, E., Han-Seung, S., Gutiérrez-Grijalva, E.P., Heredia, J.B., Kumar, P.J. (2020) “Cactus: Chemical, nutraceutical composition and potencial bio-pharmacological properties”. Phytotherapy Research, 1-36.
3. El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M., Cherkaoui-Malki, M. (2014) “Nopal Cactus (Opuntia ficus-indica) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease”. Molecules, 19(9), 14879-14901.
4. Escalante, D., Montalvo, K., Alvarez, L., Surco, R., Calle, S., & Siuce, J. (2022). Detección de genes de resistencia antimicrobiana en aislados de Escherichia coli de cerdos de producción con cuadros diarreicos. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 33(5).
5. Espejo-Beristain, G., Paredes-Ramos, P., Ahuja-Aguirre, C., Carrasco-García, A.A., Naranajo-Chacón, F. (2020) “Effect of environmental enrichment on performance of piglets during anxiety tests”. Bio Ciencias, 7(1), 1-21.
6. Flores, L., Elías, A., Proaño, F., Granizo, G., Medina, Y., López, S., Herrera, F., Caicedo, W. (2015) “Effects of a microbial preparation, a probiotic and comercial antibiotic on the productive performance and pigs health in post-weaning period”. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(3), 357-365.
7. Gaytán, L.S.B. (2017) “Efecto de la adición de nopal (Opuntia ficus-indica) en la dieta de cerdos para abasto sobre el consumo de agua alimento, rendimiento de la canal y producción de gas metano (CH4) en

excretas". Tesis de Maestría. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
8. INEGI. (2010) Anuario Estadístico del Estado de Michoacán. Pp. 45-50.
9. Littell, R.C., Henry, P.R., Ammerman, C.B. (1998) "Statistical analysis of repeated measures data using 528 SAS procedures". Journal of Animal Science, 76(1), 1216- 1231.
10. Luna-Zapién, E., Zegbe, J.A., Meza-Velázquez, J.A., Minjares-Fuentes, R. (2023) "Mucílago de nopal (Opuntia spp.) y su aplicación como aditivo alimentario: una visión general". Rev Fitotec Mex, 46(1), 51-61.
11. Ming, D., Wang, W., Huang, C., Wang, Z., Shi, C., Ding, J., Liu, H., Wang, F. (2021) "Effects of Weaning Age at 21 and 28 Days on Growth Performance, Intestinal Morphology and Redox Status in Piglets". Animals, 11(8), 1-12.
12. Ordaz, O.G, Juárez, C.A., Portillo, M.L., Pérez, S.R.E., Ortiz, R.R. (2019) "Evaluación productiva y análisis costo-beneficio de cerdas alimentadas con una dieta adicionada con nopal (Opuntia ficus-indica) durante la lactancia". Rev Med Cienc Pecu, 10(4), 1027-1041.
13. Patankar, J.V., Becker. (2020) "Cell death in the gut epithelium and implications for chronic inflammation". Nat Rev Gastroenterol Hepatol, 17(1), 543-556.
14. Tang, X., Xiong, K., Fang, R., Li, M. (2022) "Weaning stress and intestinal health of piglets: A review". Front Immunol, 13(1), 1-14.
15. Zheng, L., Duarte, M.E., Sevarolli, L.A., Sung, W.K. (2021) "Intestinal healt of pigs upon weaning: challenges and nutritional intervention". Front Vet Sci, 8(12), 1-18.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324171

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE QUESO FRESCO ADICIONADO CON HARINA DE BERRIES

Mario Lenin Molinero Cárdenas, Rafael Zamora Vega, José Octavio Rodiles López, Osvaldo Álvarez Cortes, Arturo Arias Alcalá, María de Jesús Tinajero Tello, Karen Cristina Hernández Justiniani

Palabras Clave: Queso fresco, berries, antioxidantes, nanoencapsulación.

RESUMEN. El queso es un alimento consumido en todo el mundo que este se obtiene a partir de la leche mediante dos métodos, ácido o enzimático, y en ambos casos se origina por la precipitación de las proteínas tipo caseínas, formado así un gel que contiene agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, pero sin fibra dietética a causa de su origen animal. Hoy en día, las frutas berries son altamente solicitadas a nivel mundial, principalmente por su aportación de agentes antioxidantes y fibra dietética. El objetivo de esta investigación fue desarrollar quesos fortificados con harinas de frutas berries, frambuesa, arándano y fresa. El concepto fue elaborar un producto rico en proteínas y lípidos, queso, y con presencia de fibra dietética y capacidad antioxidante. En los productos terminados el pH final depende del tipo fruta, y la acidez en general tiende a disminuir. Evaluando el color, mediante un colorímetro, usando la escala Lab, los valores de L* (blanco a negro) tienden a disminuir, es decir, los quesos con las harinas son más oscuros; en la escala a* (verde a rojo), todos los nuevos quesos tienden hacia el rojo; y en la escala b* (azul a amarillo), los quesos de frambuesa y arándano tienden al azul y el de fresa hacia el amarillo con respecto al queso testigo. Analizando la textura, usando un texturómetro, la dureza, interpretada como la fuerza necesaria para comprimir o penetrar un alimento con los dientes, disminuye al adicionar las harinas; así mismo disminuye la gomosidad, fuerza para desintegrar un alimento y que facilite su ingesta; y la masticabilidad, fuerza necesaria para masticar un alimento hasta la deglución total del mismo, varía dependiendo del tipo de harina. Así mismo, se confirmó que la actividad antioxidante aumenta con la presencia de las harinas, esto mediante las pruebas de DPPH y ABTS.

INTRODUCCIÓN. Las sociedades contemporáneas se han interesado cada vez más en buscar alimentos que cuenten con propiedades saludables. Por lo cual, el valor nutricional de un alimento puede ser un factor importante para los consumidores al momento de optar por un alimento u otro. Una de las alternativas para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas son los denominados alimentos funcionales, que se pueden definir como: “Alimentos naturales o procesados que contienen compuestos biológicamente activos que, en cantidades definidas, efectivas y no toxicas, proporcionan beneficios a la salud en la prevención, manejo o tratamiento de enfermedades crónicas o sus síntomas” (López, 2021). Un buen ejemplo de estos compuestos biológicamente activos son los antioxidantes. Los antioxidantes son un conjunto de moléculas que se encuentran de manera natural en una gran variedad de especies vegetales, siendo las frutas tipo berries especialmente ricas en dichos antioxidantes. Estos antioxidantes forman parte de los mecanismos de defensa celulares y su función es proteger al organismo de los radicales libres, los cuales se

caracterizan por contar con un electrón desapareado en su orbital externo y que se generan en la mitocondria a partir de la cadena transportadora de los electrones. Así pues, los radicales libres tienen una estrecha relación con el estrés oxidativo y muchas de las enfermedades crónicas como el cáncer (Zamora, 2020; Guija & Guija, 2023). Una de las metodologías más utilizada para concentrar los compuestos antioxidantes desde la materia prima es la preparación de extractos. Sin embargo, al extraer dichos compuestos de sus matrices se vuelven susceptibles a diversos factores como la luz, el oxígeno o el pH, con lo cual se pueden degradar y de esta manera se pierde su funcionalidad. Una manera de evitar que los antioxidantes queden expuestos al ambiente una vez extraídos de su matriz es utilizando tecnologías novedosas, como la nano-encapsulación, de esta manera se protegen estos compuestos y se facilita su administración al añadirlos a diversos alimentos, como por ejemplo, al queso fresco. (Castromonte et al., 2020). El queso fresco se basa en la coagulación y el amasado de la leche que proviene de bovinos sanos. Por otro lado, la NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018, considera que el queso es “el producto blando, semiduro, duro y extraduro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y las caseínas no sean superior a la de la leche” (Escobar et al, 2023). El queso es considerado como un alimento capaz de aportar proteína en la dieta de la población, ya que es un alimento que suele consumirse con bastante frecuencia. Además de ser un alimento que tiene baja capacidad antioxidante, por lo que, al adicionar harinas provenientes de berries se está proponiendo un alimento de tipo funcional, ya que estas frutas son aporte de fibra dietética y compuestos bioactivos con capacidad antioxidante (Arteaga et al., 2021).

OBJETIVO. Desarrollar una propuesta de alimento funcional a partir de un queso fresco adicionado con harinas de frutas tipo berries. Determinar la presencia de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante del queso fresco adicionado con harina mediante la determinación de flavonoides, polifenoles, DPPH y ABTS. Realizar una nana encapsulación a un extracto de la harina de berries

MATERIALES Y MÉTODOS. Harinas. Se obtuvieron harinas a partir de frutas tipo berries frescas, específicamente frambuesas, arándanos y fresas, las cuales se cortaron en trozos y se llevaron a un horno de secado durante 72 horas a una temperatura de 50°C a una humedad final de alrededor del 10%. **Queso**. Se siguió la metodología estándar para elaborar un queso tipo fresco a partir de leche bronca. La leche fue pasteurizada a 72°C por 15 segundos seguido de un choque térmico hasta temperatura ambiente. Posteriormente se usó la enzima renina (cuajo) para la formación de la cuajada y posterior prensado para eliminar el suero y adición de sal. A los quesos preparados se les realizaron una serie de determinaciones fisicoquímicas, tales pH, acidez, color usando un equipo tipo colorímetro usando la escala Laboratorio, y textura mediante un equipo tipo texturómetro. **Queso y Berries.** Se elaboraron quesos frescos adicionados con 10% de las harinas de cada una de las frutas berries. **Análisis Sensorial.** Se realizaron una serie de análisis sensoriales de tipo hedónico con una escala de 5 puntos para seleccionar el mejor queso usando las diferentes tipas de harinas. En base a estos resultados se determinó trabajar con el queso a partir de la harina de arándano. **Capacidad Antioxidante.** Se determinó la concentración de polifenoles y flavonoides, así como la capacidad antioxidante vía las pruebas DPPH y ABTS en la harina de arándano. También se determinaron dichas pruebas en el queso hecho con la harina de arándano. Cada una de estas determinaciones se realizó mediante métodos espectrofotométricos, construyendo curvas de calibración para cada una

de las determinaciones. **Extracto de Antioxidantes**. Se extrajeron los agentes antioxidantes presentes en las harinas de berries usando 2 métodos. Uno mediante una extracción por maceración usando agua como solvente, y otro mediante una extracción por ultrasonido usando nuevamente agua como solvente. Ambos extractos se prepararon a 40°C por un tiempo de 10 minutos y con agitación. Se evaluó cuál de los 2 métodos era el óptimo para obtener los compuestos antioxidantes para posteriormente ser nanoencapsulados. Se determinó la capacidad antioxidante de ambos extractos para seleccionar la mejor opción. **Nanocápsulas**. Se utilizó el extractó obtenido mediante ultrasonido porque presentó una mayor capacidad antioxidante. Como membrana se utilizó malto dextrina debido a que era el componente más estable para nuestro extracto. Debido a la alta capacidad del arándano para absorber humedad fue necesario utilizar el triple de concentración de malto dextrina que la que se utiliza de manera estándar.

RESULTADOS. Se prepararon una serie de quesos, los cuales fueron: queso fresco (testigo), queso de arándano, queso de fresa y queso de frambuesa. A cada queso se le adicionó un 10% de su correspondiente harina de berries. Se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos de pH, acidez, color usando la escala Lab y de textura. El pH vario dependiendo del tipo de harina, mientras que la acidez disminuye en todos los quesos nuevos. En color, se observó una disminución en la escala L*, se vuelven más oscuros. Por otro lado, la escala a* tiende a aumentar, los nuevos quesos tienden hacia un color rojo, justificado por el color de las berries. La escala b* tuvo diferencias, el queso de arándano tiende hacia el azul, mientras que los de fresa y frambuesa hacia el amarillo. Se realizaron una serie de pruebas sensoriales para determinar cual era el producto terminado con mejor aceptación. Acorde a los resultados se decidió trabajar con el queso de arándano. Los estudios de textura nos indican una menor dureza en los quesos de berries, así como en los índices de gomosidad y masticabilidad, esto nos sugiere que los nuevos productos son más fáciles de digerir. El queso de arándano fue el mejor aceptado por el público al realizar las pruebas panel. Se observó un aumento en la cantidad de flavonoides y fenoles con respecto al queso fresco testigo, así como un aumento en la capacidad antioxidante. Se extrajeron los agentes antioxidantes por dos métodos, maceración que es el método tradicional de extracción, y ultrasonido. Este último presentó mejores resultados. Finalmente, se nano encapsularon dichos compuestos usando maltodextrina como agente encapsulante, obtenido un rendimiento del 68%.

	Queso Fresco	Queso Arándano	Queso Fresa	Queso Frambuesa
pH	5.89 ± 0.28	6.37 ± 0.04	6.37 ± 0.04	5.20 ± 0.03
Acidez (%)	5.98 ± 0.04	2.70 ± 0.01	2.70 ± 0.02	3.90 ± 0.52

Tabla 1. *pH y acidez de los distintos quesos preparados*

	Queso Fresco	Queso Arándano	Queso Fresa	Queso Frambuesa
L* (luminosidad)	80.51 ± 5.0	15.13 ± 0.72	63.31 ± 0.09	27.87 ± 4.95
a* (rojo/verde)	-12.64 ± 1.0	0.74 ± 0.28	10.15 ± 0.14	8.50 ± 3.20
b* (amarillo/azul)	12.02 ± 1.0	2.93 ± 0.23	16.37 ± 0.12	10.94 ± 2.38

Tabla 2. *Análisis de Color*

	Queso Fresco	Queso Arándano	Queso Fresa	Queso Frambuesa
Dureza (N)	44.0 ± 1.0	16.6 ± 1.0	17.0 ± 3.0	14.0 ± 2.0
Adhesividad (kN)	8.5 ± 3.5	10.3 ± 0.6	13.3 ± 0.6	9.7 ± 0.6

Cohesividad	0.40 ± 0.03	0.69 ± 0.06	0.49 ± 0.17	0.53 ± 0.08
Elasticidad (mm)	0.88 ± 0.07	1.58 ± 0.05	0.72 ± 0.12	0.74 ± 0.06
Gomosidad (N)	17.6 ± 1.7	10.0 ± 0.2	8.6 ± 4.0	7.4 ± 1.2
Masticabilidad	15.6 ± 2.7	15.8 ± 0.8	6.5 ± 3.7	5.5 ± 1.1

Tabla 3. *Análisis de Textura*

	Queso Fresco	Queso Arándano
Polifenoles	4.04 ± 0.25	34.87 ± 2.19
Flavonoides	7.18 ± 2.97	64.84 ± 2.99
DPPH (µL TE/g). % Inhibición.	< 1	10.08 ± 1.33
ABTS (µL TE/g). % Inhibición.	2.68 ± 0.22	10.52 ± 6.50

Tabla 5. *Capacidad Antioxidante*

	Maceración	Ultrasonido
Polifenoles (mg EAG/100 g)	67.47 ± 0.37	85.98 ± 0.31
Flavonoides (mg EAG/100 g)	4.74 ± 0.04	4.93 ± 0.05
DPPH (µL TE/g). IC 50	9.67 ± 0.07	9.10 ± 0.36
ABTS (µL TE/g). IC 50	7.29 ± 0.30	6.82 ± 0.24

Tabla 6. *Extracción de los Agentes Antioxidantes*

	Sólidos presentes (g)	Maltodextrina utilizada (g)	Nanocápsulas obtenidas (g)	% Eficiencia
Extracto Ultrasonido (50 mL 1:4)	0.8420	2.5260	2.2883	68%

Tabla 7. *Resultados de Nanoencapsulación.*

CONCLUSIONES. Se logró el desarrollo de un alimento tipo funcional a partir de queso fresco fortificado con harinas de berries como fuente de agentes antioxidantes. Evaluando el color, mediante un colorímetro, usando la escala Lab, los valores de L* tienden a disminuir, es decir, los quesos con las harinas son más oscuros; en la escala a* (verde a rojo), todos los nuevos quesos tienden hacia el rojo; y en la escala b* (azul a amarillo), los quesos de frambuesa y arándano tienden al azul y el de fresa hacia el amarillo con respecto al queso testigo. Se analizó la textura de estos quesos, usando un texturómetro, observando que disminuye la dureza, así como los índices de masticabilidad y gomosidad, implicando que estos nuevos productos son más fáciles de digerir. Así mismo, se confirmó que la actividad antioxidante aumenta con la presencia de las harinas, esto mediante pruebas de DPPH y ABTS. Se extrajeron los agentes antioxidantes, polifenoles y flavonoides por dos métodos, maceración y ultrasonido, siendo mayor la extracción por ultrasonido. Se logró la nanoencapsulación de dichos compuestos.

REFERENCIAS.

1. Arteaga Solórzano, R. A., Armenteros Amaya, M., Quintana García, D., & Martínez Vasallo, A. (2021). Evaluación de las buenas prácticas de elaboración de queso artesanal en Manabí, Ecuador. Revista de Salud Animal, 43(2).
2. Castromonte, M., Wacyk, J., & Valenzuela, C. (2020). Encapsulation of antioxidant extracts from agroindustrial by-products: a review. Revista chilena de nutrición, 47(5), 836-847. https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182020000500836
3. Escobar, S., Albuja, A., Tene, K., Jara, H., & Ramírez, J. (2023). Análisis microbiológico y resistencia a antimicrobianos del queso fresco que se expende en un mercado, de la ciudad de Riobamba. Perfiles, 1(30), 13-23. https://doi.org/10.47187/perf.v1i30.223
4. Guija Guerra, H., & Guija Poma, E. (2023). Radicales libres y sistema antioxidante. Horizonte Médico (Lima), 23(2).

5. López Mas, R. (2021). Evidencia científica y alimentos funcionales: la regulación de las declaraciones de salud en la Unión Europea. Polít. Soc. (Madr.) 58(3), 74456. https://dx.doi.org/10.5209/poso.74456
6. NOM-223. (2018). Norma Oficial Mexicana. NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018, Queso-Denominación, especificaciones, información comercial y métodos de prueba.
7. Zamora, I., & Barboza, Y. (2020). Consumo de alimentos funcionales por estudiantes universitarios Ecuatorianos. Anales Venezolanos de Nutrición, 33(1), 14-23. ISSN 0798-0752.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324173

EL PÉPTIDO CLE14 AFECTA LA REGENERACIÓN DE LA PUNTA DE LA RAÍZ Y LA CALLOGÉNESIS EN *Arabidopsis thaliana*

Adrián Ávalos-Rangel[1], León Francisco Ruíz-Herrera[2], Javier Raya-González[3], José López-Bucio[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSHN); adrian.avalos.rangel@umich.mx

2 UMSNH; ainuropoda@hotmail.com

3 UMSNH; javier.raya@umich.mx

4 UMSNH; jbucio@umich.mx

Palabras Clave: *Arabidopsis thaliana*, péptidos, CLE14, regeneración celular.

RESUMEN. Las plantas responden y se adaptan a las diferentes señales ambientales a través del control de la expresión génica por péptidos pequeños, en especial aquellos que pertenecen a la familia CLE (CLAVATA/WUSCHEL) que participan en diferentes programas del desarrollo que incluyen la mitosis, la formación de nódulos y la configuración de la estructura radicular. En este trabajo se describe la función del péptido CLE14 sobre procesos de regeneración celular de la planta modelo Arabidopsis thaliana. El análisis del patrón de expresión en líneas transgénicas que expresan CLE14 tras sufrir un daño mecánico en el meristemo de la raíz principal se intensifica de manera localizada en las células adyacentes al daño, lo que correlaciona con la regeneración del tejido. El monitoreo de los niveles de expresión de marcadores moleculares implicados en estos procesos, indicaron que la aplicación farmacológica del péptido CLE14 regula negativamente la transcripción de ERF115. La desdiferenciación del tejido en crecimiento proliferativo se analizó en explantes de tallo de plantas normales, cle14 y 35S:CLE14 cultivadas en medio de inducción de callos. Los resultados mostraron una producción de callo-biomasa comparable para plantas normales y cle14, pero una callogénesis drásticamente reducida para los explantes 35S:CLE14. Nuestros datos muestran que CLE14 compromete la regeneración de la punta de la raíz, así como para la formación de callos.

INTRODUCCIÓN. Las plantas como organismos sésiles, han desarrollado la capacidad de percibir y responder a las diferentes señales ambientales bióticas o abióticas, a través de un estricto control sobre la expresión génica. La arquitectura del sistema radical, conformado por una raíz principal, raíces laterales y pelos radicales, representa uno de los principales órganos de las plantas debido a que desempeña funciones esenciales para su crecimiento y desarrollo, como son: anclar la planta al suelo y darle soporte, la absorción de agua y nutrientes, así como la interacción con microorganismos de la rizósfera (López-Bucio et al., 2002; Raya-González et al., 2016). La señalización por péptidos son un componente importante para el crecimiento, desarrollo de las plantas y la capacidad de respuesta ambiental. Se ha reportado que los genes CLE son una clase de péptidos vegetales que desempeñan diferentes funciones como señales sistémicas, regulación del tamaño de órganos y crecimiento de las raíces. La regeneración en plantas representa un proceso en el que muestran una notable plasticidad en la adaptación ante diferentes

estímulos ambientales como lesiones o enfermedades, además de que las plantas inician procesos de regeneración de órganos de novo en condiciones fisiológicas cambiantes (Ikeuchi et al ., 2019). Recientemente se reportó la participación del péptido CLE14 en procesos de diferenciación celular en condiciones de deficiencia de fosfato (Gutiérrez-Alanís, et al., 2017).

ANTECEDENTES. El sistema radical de Arabidopsis thaliana está conformada por una raíz principal, raíces laterales y pelos radicales, en conjunto desempeñan funciones esenciales como el anclaje al suelo, la absorción de agua y nutrientes, así como la interacción con microorganismos. El meristemo apical de la raíz se establece durante la embriogénesis y su principal función es proporcionar nuevas células para el crecimiento por medio de la división, el crecimiento y la diferenciación celular, todo esto regulado por un estricto control génico. Estos procesos se encuentran integrados por medio de la señalización intercelular a largas distancias desde el brote hasta la raíz, así como a distancias cortas dentro de un órgano o entre diferentes tipos de células. La regeneración celular ocurre ampliamente en el reino animal, tanto en invertebrados como hidras o salamandras. De forma similar, las plantas poseen una alta capacidad regenerativa en respuesta a múltiples respuestas de estrés abióticos, incluyendo el daño mecánico durante la exploración de la raíz en el suelo, el ataque por nematodos, y la exposición a compuestos genotóxicos. Se ha descrito que las hormonas vegetales como las auxinas y el ácido jasmónico participan en procesos de regeneración celular en el meristemo de A. thaliana. Estos y otros estudios se realizan mediante la incisión de la zoma meristemática de la raíz principal y posteriormente se monitorean los procesos de regeneración celular que se activan para la reconstrucción de un meristemo funcional. Recientemente se describió la función de péptidos pequeños en las plantas, en especial aquellos que pertenecen a la familia CLE (CLAVATA WUSHEL). CLE participa en diferentes programas del desarrollo y procesos celulares, que incluyen el control de la tasa mitótica, la morfología de las hojas, la formación de nódulos y la configuración de la estructura radicular, esto a través de mecanismos de señalización de corta y larga distancia. El genoma de A. thaliana contiene 31 genes CLE con diversos patrones de expresión y función. Se ha reportado que estas dos clases pueden interactuar entre ellos y producir efectos sinérgicos. En A. thaliana la aplicación combinada de los péptidos sintéticos CLE6 y CLE41 promueve la proliferación celular en la estela, siendo que los péptidos de forma individual no tienen efecto. En condiciones de deficiencia de fosfato, CLE14 activa la diferenciación del meristemo apical de la raíz, siendo este péptido es de nuestro particular interés, dado que se reportó que se expresa en los pelos radicales y en células de la cofia. Además, la aplicación farmacológica del péptido CLE14 reprime el crecimiento de la raíz y estimula la formación y crecimiento de los pelos radicales, como resultado de una reducción en la tasa mitótica y la activación de procesos de diferenciación celular. La relación de la señalización dependiente de CLE14 con respuestas a estrés abiótico, como es la deficiencia de fosfato y sus patrones de expresión basar de este péptido, nos hace pensar que CLE14 podría estar implicado en procesos de regeneración y/o viabilidad celular, lo que permite una rápida y eficiente adaptación de las plantas a múltiples señales ambientales.

OBJETIVO. Determinar la función del péptido CLE14 en procesos de viabilidad y regeneración celular en *Arabidopsis thaliana*.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para determinar la función del péptido CLE14, sobre procesos de viabilidad y regeneración celular en la raíz de Arabidopsis, se utilizó la línea transgénica pCLE14:GFP. Está línea fue sembrada y crecida en medio de cultivo para tejido vegetal bajo condiciones axénicas. Para esto, se utilizó sales comerciales Murashige y Skoog (MS) 0.2x base del medio de cultivo, adicionado con sacarosa como fuente energética y agar como gelificante. El pH del medio de cultivo se ajusta a pH 7.0 para posteriormente ser sometido a un proceso de esterilización en una autoclave bajo una presión de 15 lbs por 20 minutos. El medio de cultivo y con la ayuda de una campana de flujo laminar, se vierte en cajas Petri estériles, y una vez gelificado, las semillas de Arabidopsis previamente desinfectadas con etanol y cloro son sembradas y germinadas sobre el medio de cultivo. Las placas Petri con las semillas de Arabidopsis son colocadas en una cámara de crecimiento vegetal bajo condiciones óptimas de crecimiento. La desinfección de las diferentes líneas de Arabidopsis, así como la preparación del medio de cultivo se realizó para los diferentes experimentos. Para evaluar procesos de desdiferenciación celular en la mutante de CLE14y la sobre-expresión de CLE14, utilizamos las líneas cle14 y 35S:CLE14 . Para el análisis de regeneración celular, se realizó un corte preciso en la punta de la raíz principal en plantas con los marcadores moleculares CLE14:GFP cada 24 horas durante 3 días después del corte, utilizando ioduro de propidio, como marcador de viabilidad celular y registrándose por microscopia confocal. Para evaluar el efecto del péptido sintético de CLE14 (purificado al 98%) generado por GeneScript Biotech en una concentración de 0.001 a 1 µM.

RESULTADOS. Para validar el efecto del péptido CLE14 (CLE14p) sobre la arquitectura del sistema radicular, se utilizaron plantas normales de *A. thaliana* del ecotipo Columbia 0 (Col-0), las cuales se germinaron en medio para cultivo de tejidos de Murashige y Skoog (MS) al 0.2X adicionado con diferentes concentraciones del CLE14p (µM) bajo una curva logarítmica. Se observó que CLE14p reduce el crecimiento de la raíz principal acompañado por una proliferación de raíces laterales y pelos radicales, indicando que CLE14p regula el desarrollo de la raíz de *Arabidopsis* (Fig. 1a, b).
La inducción de callogénesis también es considerada como un proceso de regeneración celular para la formación de masa celular indiferenciada. Para analizar procesos de desdiferenciación celular de tejidos que conlleva producir masas celulares proliferativas, se realizó el análisis en explantes de tallo provenientes de plantas normales (Col-0), *cle14* y *35S:CLE14* cultivadas en medio para inducción de callos. Como resultados obtuvimos una producción de callos y biomasa similar en los genotipos Col-0 y cle14, pero una callogénesis reducida en los explantes de *35:CLE14* (Fig. 1c). Para estudiar la posible función del péptido CLE14 sobre procesos de regeneración celular, se analizó la expresión de CLE14, mediante el uso de la línea transgénica, monitoreando la activad del promotor del gen CLE14. Haciendo uso de la incisión del meristemo de la raíz principal, como una respuesta de regeneración celular, se analizó la expresión de *pCLE14:GFP* y. Interesantemente, 24 h posterior a la incisión de la raíz, se observó una fuerte y localizada expresión de CLE14, específicamente en las células adyacentes a la zona de daño. La expresión fue desapareciendo conforme la raíz regeneraba sus tejidos celulares hasta formar un meristemo completamente funcional. Estos resultados sugieren que la señalización de CLE14 participa a la re-especificación celular en el proceso de regeneración y/o daño celular (Fig. 1d). Para correlacionar positivamente la participación de CLE14 sobre los procesos de regeneración celular, se analizó la expresión de ERF115 un marcador genético de respuesta a regeneración celular mediante el uso de plántulas que albergaban la construcción

pERF115:GFP, a la cuales se les realizó un corte sobre el nicho de células iniciales para posteriormente ser transferidas a medio MS adicionado con 1µM de CLE14p. Se determinó que 24 horas después de la escisión, las plantas tratadas con CLE14p mostraron una reducción significativa de la expresión de ERF115 en las células adyacentes al daño, presentando además la pérdida de la regeneración de un meristemo *de novo*. Estos resultados muestran que CLE14 regula negativamente la transcripción de ERF115. No obstante, los eventos que ocurren entre la percepción de CLE14 y los efectos en ERF115 quedan por esclarecerse (Fig. 1e). En resumen, el presente trabajo además de generar conocimiento valioso para el entendimiento de como péptidos pequeños, por ejemplo, CLE14, están implicados en múltiples procesos fisiológicos, celulares y moleculares de las plantas; también genera un gran número de interrogantes interesantes a ser respondidas.

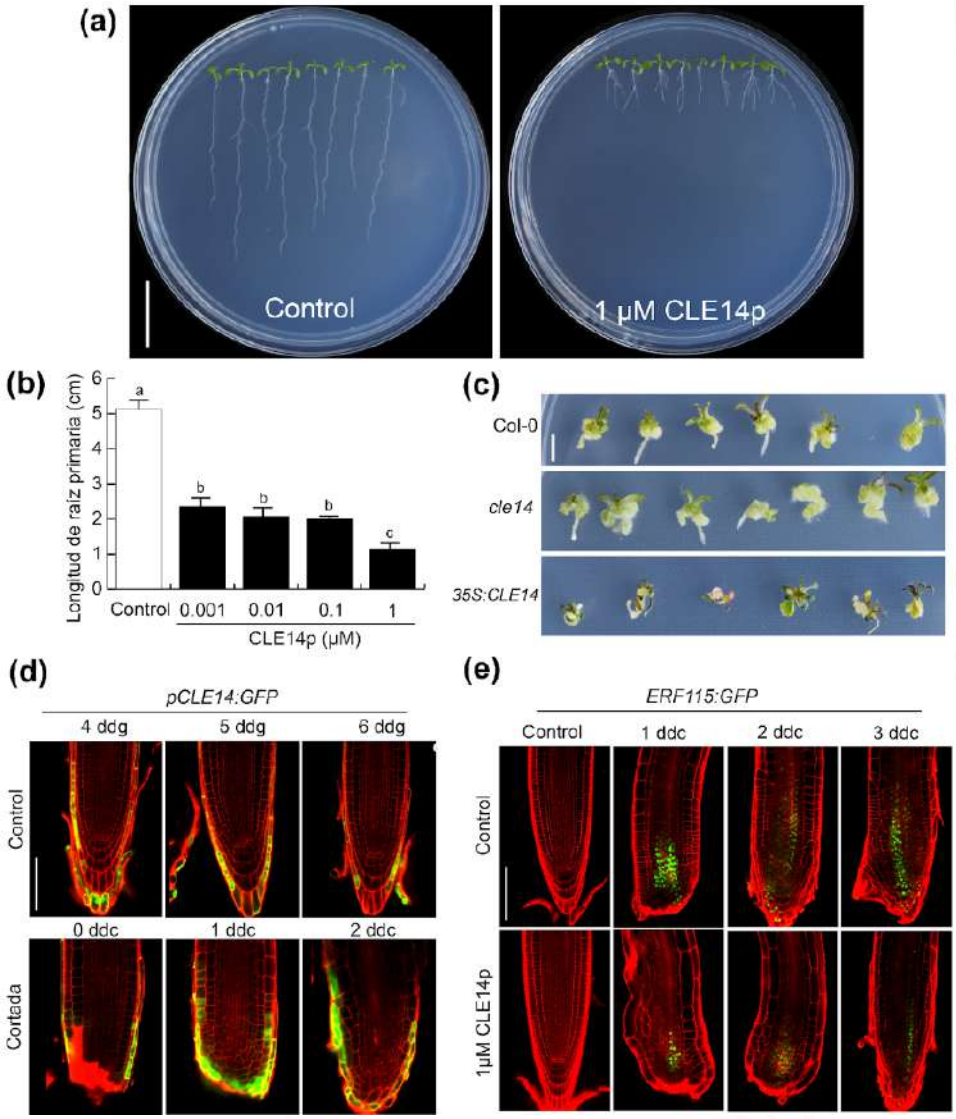


Fig. 1. *Análisis del péptido CLE14 en procesos de regeneración celular. (a-b) Efecto de la aplicación del péptido sintético CLE14 a los medios de crecimiento sobre el fenotipo de las plántulas de Arabidopsis. (c) Imágenes de explantes productores de callo, provenientes de plantas normales (Col-0), mutantes cle14 y sobre-expresoras*

35S:CLE14. (d) Imágenes por microscopia confocal del ápice de la raíz primaria de Arabidopsis que expresan pCLE14:GFP teñidas con yoduro de propidio 4-6 días después de la germinación. (e) Imágenes por microscopia confocal de la regeneración del ápice de la raíz primaria de plantas de Arabidopsis que expresan pERF115:GFP teñidas con yoduro de propidio en los días 1-3 después del corte con un bisturí. Las imágenes son representativas de seis individuos independientes. Los experimentos se repitieron tres veces con resultados similares. Barra de escala= 100 µm.

CONCLUSIONES. CLE14 es un componente clave de los mecanismos moleculares implicados en procesos de regeneración y daño celular en la raíz de Arabidopsis thaliana.

REFERENCIAS.

1. Motte et al., (2019) Molecular and environmental regulation of root development. Ann. Rev. Plant. Biol. 70: 465-488.
2. Raya-González et al. (2018) MEDIATOR18 influence Arabidopsis root architecture, represses auxin singnaling ans is a critical factor for cell viability in root mersitems. Plant J. 96: 985-909.
3. Raya-González et al. (2016) Microbial resources for improved crop productivity. In The handbook of Microbial Bioresources (Gupta V.K. et al. eds). Boston: CAB International, pp. 1-13.
4. Cruz-Ramírez et al. (2012) A bistable circuit involving SCARECROW-RETINOBLASTOMA integrates cues to inform asymmetric stem cell division. Cell 150: 1002-1015.
5. Kim et al. (2011) The role of Mediator in small and long noncoding RNA production in Arabidopsis thaliana. EMBO J. 30: 814-822.
6. López-Bucio et al. (2002) Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. Plant Physiol. 129: 244-256.
7. Gutiérrez-Alanís et al., (2017). Phosphate starvation-dependent iron mobilization induces CLE14 expression to trigger root meristem differentiation through CLV2/PEPR2 signaling. Developmental cell, 41(5), 555-570.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324175

EFECTOS SUBLETALES DEL MICROENCÁPSULADO DEL NUCLEOPOLIEDROVIRUS MÚLTIPLE CON PARTÍCULAS DE OXIDO DE ZINC (ZnO) SOBRE LA GENERACIÓN F1 DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Natalia Alejandra Negrete Ibarra[1], Ronaldo J. Cruz Ávila[2], M. Ana Martínez Castillo[3], Ricardo Lozano Rosas[4], Andrés Cruz Hernández[1], Sinue Isabel Morales Alonso[1]

1 Escuela de Agronomía, Universidad De La Salle Bajío. nni73201@lasallebajio.edu.mx, acruz@lasallebajio.edu.mx, smorale@lasallebajio.edu.mx

2 Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. 20005710@uan.edu.mx

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.ana.martinez@umich.mx,

4 Coordinación de Óptica, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. ricardo.lozano@inaoep.mx

Palabras Clave: Baculovirus, Nanopartículas, Efectos Subletales.

RESUMEN. El Nucleopoliedrovirus múltiple de Spodoptera frugiperda (SfMNPV) es el más utilizado y estudiado debido a su respuesta patogénica sobre larvas de esta plaga, causando mortalidades hasta de un 80% en campo. Sin embargo, es necesario conocer los efectos subletales que puedan causar en aquellas larvas sobrevivientes sobre los distintos parámetros biológicos de la plaga. En este sentido, el objetivo fue, evaluar la emergencia de adultos, fecundidad y emergencia larval sobre la generación F1 de S. frugiperda por microencápsulado del Nucleopoliedrovirus con Óxido de Zinc (ZnO). Se establecieron cuatro tratamientos: I) agua (control), II) partículas de óxido de zinc 10 mg/ml (ZnO), III) SfMNPV (1.74×104 OBs/ml) y ZnO, IV) SfMNPV. Para la inoculación de cada tratamiento sobre larvas L2 del gusano cogollero, se utilizó el método de gota. Posteriormente, las larvas fueron depositadas de manera individual en placas de cultivo de tejidos de 24 celdas (= a una repetición), las larvas se revisaron cada 24 horas. La emergencia de los adultos de S. frugiperda (F1), fue significativamente menor con el tratamiento de ZnO + SfMNPV (67% vs 96% del control); este mismo tratamiento, también disminuyo significativamente el número de masas de huevos por pareja de S. frugiperda (3 vs 7 masas/pareja del control) así como la emergencia de larvas (333 vs 753 larvas del control). Estos hallazgos destacan el potencial de los microencápsulado del SfMNPV con partículas de ZnO, afectando la biología de S. frugiperda en la generación F1, así como una alternativa eficiente en el manejo biorracional de esta plaga y su contribución a un enfoque más sostenible y ecológico en el manejo integrado de plagas.

INTRODUCCIÓN. El maíz, es uno de los cultivos de mayor relevancia a nivel mundial ocupando el segundo lugar en cuanto superficie sembrada, mientras que a nivel nacional ocupa el primer lugar de superficie sembrada, superado solamente por el trigo (Yáñez-López et al., 2019). Sin embargo, enfrenta problemas fitosanitarios, como la plaga, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) como una de las más devastadoras en el cultivo de maíz (Yáñez-López et al., 2019). Actualmente, se han desarrolla diversas alternativas para su regulación, entre ellas el uso del Nucleopoliedrovirus múltiple de S. frugiperda (SfMNPV) un baculovirus que ha demostrado una efectividad significativa para

el control de las poblaciones de S. frugiperda en los primeros estadios larvales (L2-L3) (García-Banderas et al., 2020) Por ejemplo, García-Banderas et al. (2020) reporto una tasa de infección viral por el SfMNPV sobre larvas de S. frugiperda hasta de un 80% a los siete días después de las aplicaciones en el cultivo de maíz en condiciones de campo; así mismo, causando efectos subletales sobre la fecundidad, fertilidad, longevidad, mortalidad en la generación F1 (Hernández-Camargo, 2019).

ANTECEDENTES.

S. frugiperda y sus daños en el cultivo de maíz. El gusano cogollero del maíz, S. frugiperda, es la plaga más importante del maíz, debido a que se adentra en el cogollo de la planta y se alimenta del mismo, en etapas vegetativas de V2 a V6, provocando así grandes pérdidas (~70%) en la producción de este cultivo (Martínez- Martínez et al., 2019). Las larvas de S. frugiperda en los primeros estadios consumen el tejido foliar sin llegar a perforarlo, es decir, deja intacta una capa epidérmica de la hoja. A partir del segundo o tercer estadio la alimentación de las larvas en el cogollo se manifiesta con una hilera de perforaciones en las hojas. La densidad larval usualmente se reduce a uno o dos individuos por planta cuando éstas se alimentan cerca, debido a su comportamiento canibalístico (Martínez- Martínez et al., 2019). **Efectos subletales del SfMNPV en S. frugiperda.** El uso de SfMNPV presenta una serie de efectos subletales sobre la reducción en la longevidad de los adultos que sobreviven de S. frugiperda; por ejemplo, la longevidad se ha visto disminuida significativamente (8.16 ± 1.53) comparada con los testigos (10.73 ± 0.98) (Hernández-Camargo, 2019). Por otra parte, el promedio de huevos por hembra de S. frugiperda ha sido mayor en el testigo (1.2 veces) con respecto al virus, así como la fertilidad de los huevos por hembras de S. frugiperda sobrevivientes a la infección por SfMNPV-MER, significativamente mayor (1.2 veces) en el testigo, comparado con el virus (Hernández-Camargo, 2019). De igual forma, el peso de pupas de S. frugiperda ha sido disminuido significativamente menor (1.1 veces) con respecto al testigo (Hernández-Camargo, 2019).
Nanopartículas de ZnO en el control de S. frugiperda y sus efectos subletales. El uso de las nanopartículas de ZnO como una alternativa en el control de larvas de S. frugiperda, no ha demostrado un control significativo. Sin embargo, ha demostrado efectos subletales en algunos parámetros biológicos en S. frugiperda, como en el desarrollo fisiológico, crecimiento larval, deformaciones corporales, reproducción, emergencia entre otros, por ejemplo, la fecundidad se ha visto reducida hasta en un 90% (Pittarate et al., 2021).

OBJETIVO. Evaluar la emergencia de adultos de S. frugiperda proveniente de larvas tratadas por el SfMNPV-Merida y partículas de ZnO, así como la fecundidad y emergencia de larvas de la generación F1 de esta plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Efectos subletales del SfMNPV y las partículas de ZnO en larvas de la F1 de *S. frugiperda*. Los bioensayos se mantuvieron en condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C y 56 ± 5% HR). El virus y las larvas de *S. frugiperda* fueron proporcionados por la Dra. Ana Mabel Martínez Castillo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se utilizaron larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, estableciéndose cuatro tratamientos experimentales: I) agua, II) partículas de óxido de zinc (ZnO), III) SFMNPV-MERIDA y IV) combinación de ZnO con el SfMNPV-MERIDA. Las concentraciones utilizadas fueron de 1.74×10^4 OBs/ml para el virus y 10 mg/ml para ZnO; las partículas fueron sintetizadas por el Dr. Ricardo Lozano Rosas

en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Para la inoculación de cada tratamiento sobre las larvas del gusano cogollero, se utilizó el método de gota (Hughes y Wood 1981). Para esto, en cajas Petri se distribuyeron al azar entre 35 a 40 gotas de cada tratamiento, a las gotas se les añadió un colorante artificial color azul; e inmediatamente, se introdujeron 35 larvas de *S. fugiperda*, para lograr una mayor ingesta de las gotas por la larva, estas se pusieron en ayuno por 6 h. Las larvas que expresaban en su cuerpo una coloración azul, fueron depositadas de manera individual en placas de cultivo de tejidos de 24 celdas (= a una repetición) más un trozo de dieta artificial (~1 gr). Se establecieron tres repeticiones para cada tratamiento, se revisaron cada 24 h, así como el cambio del alimento de las larvas, evaluando el porcentaje de emergencia de *S. frugiperda* (F1). Una vez que emergieron los adultos (F1), se les evaluó la fecundidad y fertilidad. Para esto, se elaboraron ponederos, que consistió en colocar una pareja del adulto de *S. frugiperda* (< 24 h), elegidos completamente al azar, dentro de una bolsa de papel estraza del No. 2 y como fuente de alimentación, se colocó algodón sobre una tapa de caja Petri de 43 mm y se humedeció con miel al 15%. La fecundidad de los adultos de *S. frugiperda* (F1), se determinó en tres periodos, cada uno de 48 h; en cada periodo la pareja se cambiaba a un nuevo ponedero. Las bolsas de papel estraza se abrían para contabilizar el número de masas de huevos (fecundidad). Un ponedero fue una repetición, se establecieron cinco repeticiones por periodo y tratamiento. Para la fertilidad se resguardaron tres masas de huevos de cada periodo y tratamiento, las cuales fueron colocadas individualmente en un vaso de plástico transparentes (1/2 L) para registrar larvas emergidas. Se establecieron tres repeticiones por periodo y tratamiento, una masa de huevos fue una repetición.

Análisis de datos. Los datos obtenidos de emergencia de adultos, masa de huevos, larvas emergidas y mortalidad de larvas de la F1, fueron analizados con el modelo lineal generalizado (Proc GLM). La separación de medias, se realizó mediante la prueba de Media de Mínimos Cuadrados (LSMEANS; $P < 0.05$).

RESULTADOS. La emergencia de adultos de *S. frugiperda* provenientes de larvas inoculadas con los tratamientos de ZnO, SfMNPV-MERIDA y ZnO + SfMNPV-MERIDA influyeron estadísticamente (DF=3; F=7.6; P=0.0002) (Fig. 1). Registrando significativamente una menor tasa de emergencia de adultos de *S. frugiperda* en todos los tratamientos (entre 61 a 91%) con respecto al testigo (97%) (Fig.1). La fecundidad, la cual se registro como el número de masa de huevos por hembra de S. frugiperda provenientes de larvas inoculadas con los tratamientos de ZnO, SfMNPV-MERIDA y ZnO + SfMNPV-MERIDA se vio afectada estadísticamente (DF=3; F=3.82; P=0.0426) (Fig. 2). Registrando ~3 masas de huevos/hembra de *S. frugiperda* por ZnO + SfMNPV-MERIDA, el cual fue significativamente distinto al resto de los tratamientos, incluido el testigo (7 masas de huevos/hembra de S. frugiperda) (Fig. 2).

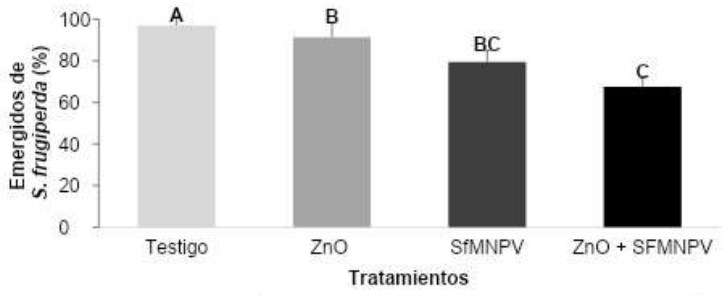


***Figura 1**. Porcentaje de emergencia de adultos de S. frugiperda provenientes de larvas inoculados con ZnO (10 mg/ml) y SfMNPV-MERIDA (1.74×10⁴ OBs/ml). Barras etiquetas con la misma letra, no difieren significativamente (GLM y separación de medias LSMEANS; P < 0.05).*

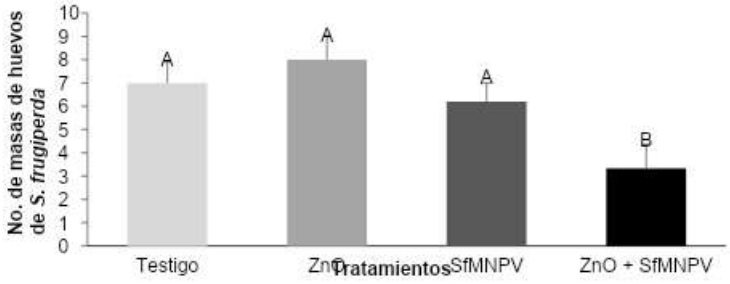


***Figura 2**. Número de masas de huevos por hembras de S. frugiperda provenientes de larvas inoculadas por ZnO (10 mg/ml) y SfMNPV-MERIDA (1.74×10⁴ OBs/ml). Barras etiquetadas con la misma letra, no difieren significativamente (GLM y separación de medias LSMEANS; P < 0.05).*

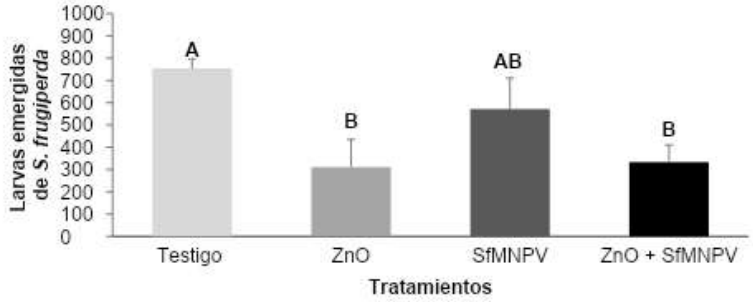


***Figura 3.** Número de larvas emergidas de S. frugiperda de la generación F1, proveniente de larvas inoculadas con ZnO (10 mg/ml) y SfMNPV-MERIDA (1.74×10⁴ OBs/ml). Barras etiquetadas con la misma letra, no difieren significativamente (GLM y separación de medias LSMEANS; P < 0.05).*

El número de larvas emergidas de S. frugiperda de la generación F1, la cual proviene de larvas inoculadas con los tratamientos de ZnO, SfMNPV-MERIDA y ZnO + SfMNPV-MERIDA fue afectada estadísticamente (DF=3; F=4.15; P=0.0476) (Fig. 3).

CONCLUSIONES. Los tratamientos de virus y de virus + ZnO 10 mg, mostraron ser efectivos para el control biológico de S. frugiperda y tener una influencia sobre la fecundidad, disminución de oviposición y la emergencia de larvas; sin embargo, se debe de evaluar la residualidad que se puede heredar a las nuevas generaciones y los efectos que estos presentan.

REFERENCIAS.

1. García-Banderas, D., Tamayo-Mejía, F., Pineda, S., de la Rosa, J. I. F., Lasa, R., Chavarrieta-Yáñez, J. M., Gervasio-Rosas, E., Zamora-Avilés, N., Morales, S. I., Ramos-Ortiz, S., Valle, J., & Martínez-Castillo, A. M. (2020). Biological characterization of two Spodoptera frugiperda nucleopolyhedrovirus isolates from Mexico and evaluation of one isolate in a small-scale field trial. Biological Control: Theory and Applications in Pest Management, 149(104316), 104316. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104316
2. Hernández Camargo, L. A. (2019). Características genéticas y biológicas de un aislado del nucleopoliedrovirus múltiple de Spodoptera frugiperda: efecto sobre el desarrollo y reproducción del huésped. Tesis de Maestría. Instituto de Investigación Agropecuarias y Forestales. Morelia Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
3. Martínez-Martínez, L., Montaño-Montaño, A., Padilla-Cortes, E., & López, y. R. J.-. (2019). DAÑO A MAÍZ POR Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) Y SU MUESTREO EN

OAXACA, MÉXICO. Acaentmex.org. https://acaentmex.org/entomologia/revista/2019/EA/EA%20236-241.pdf

4. Pittarate, S., Rajula, J., Rahman, A., Vivekanandhan, P., Thungrabeab, M., Mekchay, S., & Krutmuang, P. (2021). Insecticidal effect of Zinc Oxide nanoparticles against Spodoptera frugiperda under laboratory conditions. Insects, 12(11), 1017. https://www.mdpi.com/2075-4450/12/11/1017
5. Yáñez López, Ricardo, Vázquez Ortega, Antonio, Arreguín Centeno, José Honorato, Soria Ruíz, Jesús, & Quijano Carranza, Juan Ángel. (2019). Sistema de alerta contra el gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(2), 405-416. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.803

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324176

DIVERSIDAD GENÉTICA DEL GUAJOLOTE NATIVO (Meleagris gallopavo) EN POBLACIONES DE TRASPATIO EN MICHOACÁN

Jesus Santibañez Salgado[1], Mauricio Perea Peña[1], Jesus Llanderal Mendoza[2], Selene Ramos Ortiz[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2001172d@umich.mx, mauricio.perea@umich.mx

2 ENES-Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; jllanderalm@enesmorelia.unam.mx

3 CONAHCYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; selene.ramos@umich.mx

Palabras Clave: Guajolote, COI, Erosión genética, Diversidad, Impacto antropogénico.

RESUMEN. La especie Meleagris gallopavo conocida como guajolote, tiene un origen mexicano, se difundió ampliamente en la región mesoamericana y actualmente se encuentra de dos formas básicas: silvestre y doméstico. Este es criado en un sistema de traspatio complementando la economía familiar en el medio rural, mientras que en las zonas suburbanas es cada vez menor y tiende a desaparecer comprometiendo la producción y la diversidad genética de la especie. El gen mitocondrial citocromo c oxidasa subunidad 1 (COI), presenta una alta tasa de sustitución, lo que permite utilizarlo como marcador molecular para el estudio. El objetivo del estudio fue determinar la diversidad genética de dos poblaciones de guajolote nativo (M. gallopavo) en Michoacán. La diferenciación genética encontrada, diferenciación genética baja, lo que se puede atribuir principalmente a una erosión genética por la presión antropogénica y la cercanía geográfica entre las poblaciones del guajolote nativo, esto nos permite conocer la situación actual de la especie en la región y la importancia de la domesticación local.

INTRODUCCIÓN. En México Meleagris gallopavo es conocido como guajolote, también se le conoce con otros nombres como: pípilos, huilos, totol, guanajo, tunto o pavo (Cuca-García et al., 2015), el pavo que conocemos hoy en día, de granja avícola, es muy diferente al guajolote silvestre que aún podemos observar en los estados de la república en contraste, el más parecido al de granja, es el domesticado en las rancherías y pueblos alejados de las grandes urbes americanas, al cual hemos dado en llamar “guajolote de traspatio” (Medina-Hernández et al., 2022). Los primeros guajolotes que viajaron a Europa en el siglo XIV salieron de la Nueva España a España y de ahí se distribuyeron a algunos países de Europa entre ellos Inglaterra. Posteriormente los ingleses lo llevaron a lo que es ahora Estados Unidos y de ahí fue traído a México como especie mejorada a la cual se le conoce en la actualidad como pavo (Cuca-García *et al.,* 2015). En México es muy apreciado en las comunidades rurales donde se caza como medio de subsistencia de manera tradicional y de forma eventual se colectan sus huevos, se incuban y el producto se cría como parte de la ganadería familiar de traspatio. Sin embargo, las alteraciones de su hábitat, en el mayor de los casos, para agricultura, ganadería y dasonomía, y su cacería excesiva, han afectado de manera notable a su población y reducido el área de su distribución, a tal grado que ha sido incluido en el listado de especies protegidas por la Norma Oficial Mexicana, NOM-059-ECOL 2001 (Camacho-Escobar *et al.,* 2011; Medina-Hernández *et al.,* 2022). La preocupación de la mayor parte de estados en el mundo por la

pérdida de diversidad genética en poblaciones y razas animales es cada vez mayor aún más, si se tiene en cuenta que la diversidad del presente puede contribuir a satisfacer necesidades humanas más amplias en materia de producción alimentaria y agrícola futura (Hortua-López *et al.,* 2021; Olvera-Hernández *et al.,* 2017). El gen mitocondrial citocromo c oxidasa subunidad 1 (COI) localizado en las mitocondrias con aproximadamente 648 pares de bases (pb) (Sánchez-González & Trejo-Bahena, 2006). Las propiedades más interesantes de COI en términos filogeográficos son su alta tasa de evolución (sustitución) a nivel de secuencias de nucleótidos, su prácticamente nula recombinación, gran variación intraespecífica, y más importante, su herencia estrictamente o matrilineal que convierten al ADNmt en una valiosa herramienta en estudios de genética de poblaciones (Eguiarte *et al.,* 2007; Cardoso *et al.,* 2011).

ANTECEDENTES. Los estudios de variación genética en guajolotes nativos son escasos, la mayoría de los estudios moleculares se han realizado con guajolotes silvestre para evaluar el impacto de reintroducción, esto mediante método de amplificación aleatorio de ADN polimórficos (RAPDs) en poblaciones silvestres de Michoacán y Puebla donde se encontraron altos valores de diversidad genética (Chassin-Noria et al., 2005). En un estudio donde se incluyeron las cinco subespecies de guajolote silvestre se analizaron un total de 245 individuos utilizando 438 pb de la región control del ADNmt y se obtuvieron 42 haplotipos, también utilizaron microsatélites y AFLP, donde analizaron muestras obtenidas de Florida, Río Poblaciones de Grande, Merriam Gould, Además, muestras de tejido de pavos ocelados (Meleagris ocellata) asesinados por cazadores fueron obtenido de la Península de Yucatán, México, ellos concluyeron que las denominaciones actuales para las subespecies están soportadas, excepto para M. g. silvestris, M. g. oscetalla, las cuales forman un grupo distinto al resto de las subespecies (Conejo-Pérez, 2011). En Michoacán estudios previos han sugerido que hay tres poblaciones distintas genéticamente, la primera incluye a las poblaciones del Bajío y Balsas, la segunda a la población de Eje Neovolcánico Transversal y la tercera a las poblaciones de Sierra y Costa. Estas estructuras poblacionales se correlacionaron con los datos morfométricos que mostraron diferencias en peso y envergadura; los guajolotes domésticos de traspatio de la Faja Volcánica Transmexicana son los más pesados y de mayor envergadura

OBJETIVO. Determinar la diversidad genética de Guajolote nativo (Meleagris gallopavo domesticus) en dos poblaciones de Michoacán mediante gen citocromo oxidasa subunidad I.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Estandarizar y optimizar protocolo de extracción de ADN genómico de Guajolote nativo (Meleagris gallopavo domesticus). Analizar y comparar la diversidad genética inter e intrapoblacional de Guajolote nativo (Meleagris gallopavo domesticus).

MATERIALES Y MÉTODOS. Durante la recolección de material biológico, se realizó un muestreo por conglomerados en las localidades de Álvaro Obregón y Cuitzeo, Michoacán. Se obtuvo sangre periférica mediante punción de la vena cubital cutánea, extrayendo un máximo de 1 ml por muestra. El aislamiento de ADN se estandarizó basado en el protocolo Doyle-Doyle (1987), en cual se modificaron los tiempos de centrifugación las muestras se cuantificaron y diluyeron para la reacción de amplificación. La amplificación del gen COI se realizó mediante la técnica de PCR, todas las amplificaciones se secuenciaron por el

método de Sanger y Coulson (1975). El análisis de datos se llevó a cabo mediante los programas, Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) 11.0.13, DnaSP v6 y Population Analysis with Reticulate Trees (PopART) 4.8.4.

RESULTADOS. Se colectaron un total de 34 individuos, 16 de Cuitzeo y 18 de Álvaro Obregón, en el aislamiento de DNA genómico se obtuvo una media de pureza de por medio de la relación (A260/A280) de 1.77 (Fig. 1). En cuanto a la amplificación del fragmento COI la
Temperatura óptima de alineamiento fue de 41 °C, con un fragmento esperado de 658 pb (Fig. 2).

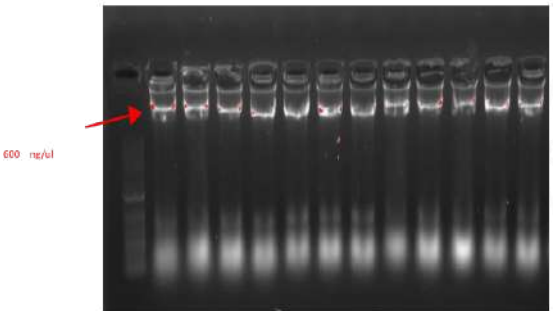


Figura 1. *Electroforesis de aislamiento de COI*

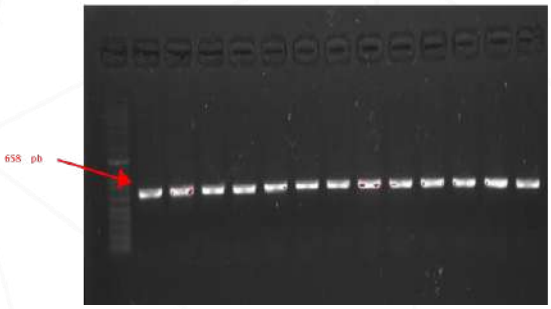


Figura 2. *Electroforesis de amplificación de ADN genómico de Meleagris gallopavo.*

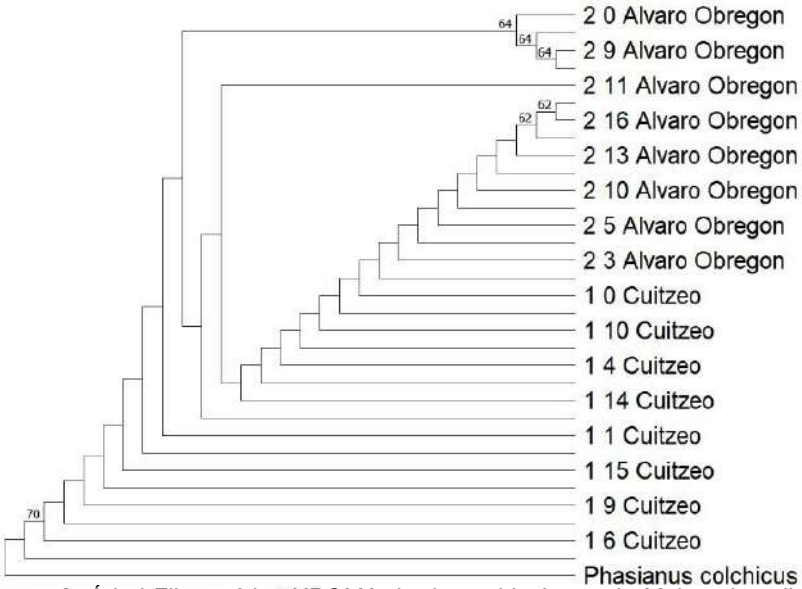


Figura 3*. Árbol Filogenético UPGMA de dos poblaciones de Meleagris gallopavo domesticus. Los valores al inicio de cada nodo representan la robustez de cada rama (Bootstrap).*

Población	Número de secuencias	S	H	HD	PI
Cuitzeo	16	12	9	0.9011	0.0056
Álvaro Obregón	18	6	5	0.60131	0.00183

Tabla 1*. Valores de diferenciación genética, sitios segregantes.*

*s: número de sitios segregados; H: núm de haplotipos; HD: diversidad media haplotípica; PI: diversidad de nucleótidos.

G_{st}	F_{st}
0.11374	0.13907

Tabla 2. *Distancia genética de poblaciones estudiadas.*
*Gst: coeficiente de diferenciación genética; Fst: índice de fijación.

El árbol filogenético (Fig. 3), construidos bajo la metodología UPGMA se enraízo con una secuencia de faisán común o faisán vulgar (*Phasianus colchicus*) donde se observó una divergencia entre las poblaciones. La población Cuitzeo presentó mayores valores de diferenciación genética (tabla 1), tiene un número mayor de sitios polimórficos y haplotipos, así como una mayor diversidad haplotípica y diversidad nucleotídica en comparación con la población Álvaro Obregón pese al número de individuos de cada población. Para evaluar la divergencia entre las poblaciones estudiadas, se calculó G_{st} (Tabla 2), que indica un valor bajo de diferenciación genética al igual que un índice de fijación moderada (Fig. 4).

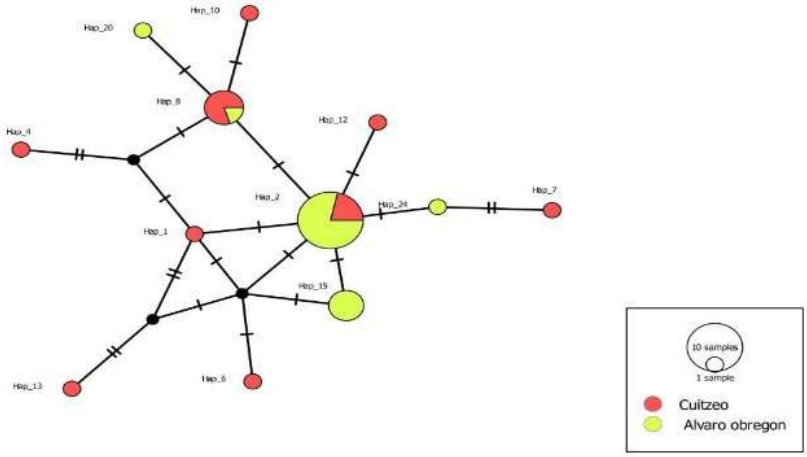


Figura 4*. Red de haplotipos generadas mediante derivados de secuencias del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa I de Meleagris gallopavo construida bajo el enfoque TCS Network.*

Para visualizar la variabilidad genética entre poblaciones se construyó una red de haplotipos (Fig. 4), en la que se observa que los haplotipos más antiguos se encuentran en Álvaro obregón, sin embargo, en Cuitzeo se encuentra una diversidad genética mayor debido a una alta cantidad de haplotipos únicos.

CONCLUSIONES. El gen Citocromo Oxidasa Subunidad I permitió comprender la diversidad genética del guajolote nativo en las poblaciones de estudio. La diferenciación genética encontrada, indicó que el flujo genético existente es bajo sobre todo en la localidad de Álvaro Obregón, lo que se puede atribuir principalmente a una erosión genética por la presión antropogénica y la cercanía geográfica entre las poblaciones del guajolote nativo,
El estudio nos permite conocer la situación actual de la especie en la región sobre todo ya que estos recursos genéticos determinan la calidad y cantidad de productos generados, así como contribuir ingreso económico de las familias que realizan la crianza de estos.

REFERENCIAS.

1. Camacho-Escobar MA, Jiménez-Hidalgo, E., Arroyo-Ledezma, J., Sánchez-Bernal, E. I., & PérezLara, E. (2011). Historia natural, domesticación y distribución del guajolote (Meleagris gallopavo) en México. Universidad y ciencia, 27(3), 351-360.
2. Cardoso S. Palencia, Pancorbo M. M., Quintana J. C. L., & Lizasu, A. G. (2011). Análisis DE ADN
3. MITOCONDRIAL EN LOS RESTOS HUMANOS DE LA CUEVA DE SANTIMAMIñE (KORTEZUBI, BIZKAIA) Analysis of mitochondrial DNA in the human remains from the cave of Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). Kobie.
4. Chassin-Noria, O., López-Zavala, R., Cano-Camacho, H., Suárez-Corona, E., JuárezCaratachea, A., & Zavala-Páramo, M. G. (2005). Diversidad y similitud genética entre poblaciones de guajolotes mexicanos utilizando un método de amplificación aleatorio de ADN polimórfico (RAPD). Técnica Pecuaria en México, 43(3), 415-424.
5. Conejo-Perez ME. (2011). Análisis genético de poblaciones de guajolote doméstico de traspatio a través de marcadores moleculares ADN mitocondrial. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
6. Cuca-García, J. M. (2015). La avicultura de traspatio en México: historia y caracterización. Agro productividad, 8(4).
7. Eguiarte LE, Souza V & Aguirre X. (2007). Ecología molecular. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat. [Primera Edicion] ISBN 978-968-817-839-3.
8. Hotúa-López, L. C., Cerón-Muñoz, M. F., de Lourdes Zaragoza-Martínez, M., & Angulo-Arizala, J. (2021). Avicultura de traspatio: aportes y oportunidades para la familia campesina. Agronomy Mesoamerican, 1019-1033.
9. Medina-Hernández Pérez Roldán, G., Rodríguez Galicia, B., Medina, A., & Valadez Azúa, R. (2022). Huexolotl: pasado y presente en México. Catalogación en la publicación UNAM Dirección General de Bibliotecas.Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, CP 04510, Instituto de Investigaciones Antropológicas.ISBN 978-607-30-2967-4.
10. Olvera-Hernández, J. I., Álvarez-Calderón, N. M., Aceves-Ruiz, E., & Guerrero-Rodríguez, J. D. D. (2017). Perspectivas del traspatio y su importancia en la seguridad alimentaria. Agroproductividad, 10(7), 39-45.
11. Sánchez-González, D. J., & Trejo-Bahena, N. I. (2006). Biología Celular y Molecular. México: Editorial Alfil, 205-34.
12. Speller, C. F., Kemp, B. M., Wyatt, S. D., Monroe, C., Lipe, W. D., Arndt, U. M., & Yang, D. Y.
13. (2010). Ancient mitochondrial DNA analysis reveals complexity of indigenous North American turkey domestication. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(7), 2807-2812.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324177

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE LOS EXTRACTOS DE ACETATO DE ETILO DE LIPPIA CALLICARPIFOLIA SOBRE EL CRECIMIENTO DE *fusarium sporotrichum*

Ana K. Villagómez-Guzmán[1], Miriam Arlette López-Pérez[2], Ana M. García-Bores[3], Edgar Antonio Estrella-Parra[4], Israel Valencia-Quiroz[5], José Guillermo Avila Acevedo[6], Tzasna Hernández Delgado[7]

1 Laboratorio de Bioactividad de Productos Naturales, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; kvillagomez@live.com

2 Laboratorio de Fitoquímica, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; lophophorada@gmail.com

3 Laboratorio de Fitoquímica, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; boresana@yahoo.com

4 Laboratorio de Fitoquímica, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; estreparr@iztacala.unam.mx

5 Laboratorio de Fitoquímica, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; israelv@unam.mx

6 Laboratorio de Fitoquímica, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; tuncomaclovio2000@yahoo.com.mx

7 Laboratorio de Bioactividad de Productos Naturales, UBIPRO, FES-Iztacala, UNAM; tzasna@unam.com

Palabras Clave: *Lippia callicarpifolia*, extractos vegetales, actividad antifúngica.

RESUMEN. La agricultura constituye una actividad primordial para la sociedad. Sin embargo, este sector se ve amenazado por la existencia de hongos fitopatógenos, que cada año diezman aproximadamente un tercio de los cultivos. En concreto, cinco alimentos fundamentales: el arroz, el trigo, el maíz y las papas. Algunos de los hongos que afectan a estos cultivos pertenecen al género Fusarium. Históricamente, la estrategia empleada para combatir las enfermedades fúngicas ha consistido en la aplicación de fungicidas químicos. Sin embargo, la utilización prolongada de estos ha llevado a la degradación ambiental, lo que influye negativamente en los ecosistemas. En la búsqueda de alternativas ambientalmente sostenibles, los productos naturales, representan una solución prometedora debido a su aplicación tradicional como agentes antimicrobianos. En México, numerosas especies de Lippia (Verbenaceae) se utilizan por sus atributos antimicrobianos. L. callicarpifolia, conocida comúnmente como flor del aire y rosa de Castilla en la comunidad de Tonatico, Edo. de México. El objetivo de presente trabajo fue evaluar la eficacia antifúngica de los extractos vegetales de L. callicarpifolia sobre la proliferación de F. sporotrichum.

INTRODUCCIÓN. Los hongos que causan daños a diversos cultivos se denominan hongos fitopatógenos, y son responsables de pérdidas financieras sustanciales en la producción agrícola a nivel mundial. El género Fusarium exhibe una distribución cosmopolita y se encuentra dentro de los diez principales hongos fitopatógenos de importancia tanto en investigación científica como económica. Esta familia de hongos posee la capacidad de infectar a una amplia variedad de cultivos e induce marchitez vascular en las plantas. Las manifestaciones que produce incluyen podredumbre de raíces y frutos, marchitamiento de las hojas y, en última instancia, la muerte de la planta (Ruiz-Leyva et al., 2024). El enfoque predominante para el tratamiento de enfermedades fúngicas en plantas ha sido la aplicación de fungicidas químicos. Los fungicidas son una categoría de compuestos químicos que se

emplean para de inhibir o eliminar hongos patógenos que afectan negativamente a la flora o a las semillas. Estos agentes pueden aplicarse directamente a las plantas ornamentales, a diversas especies de árboles, a los cultivos agrícolas y a los cereales, o durante su fase de almacenamiento para proteger tubérculos, frutas y hortalizas (Gupta, 2014). Sin embargo, la utilización excesiva y prolongada de estas sustancias ha provocado la contaminación ambiental y ha repercutido negativamente en los ecosistemas (Ruiz-Leyva et al., 2024). En la búsqueda de alternativas ecológicamente sustentables, las plantas, junto con sus respectivos extractos, representan una opción notable debido a su aplicación como agentes antimicrobianos. En México, varias especies del género Lippia se utilizan con fines antibacterianos y antifúngicos. L. callicarpifolia es una planta arbustiva, perene de carácter aromático conocida popularmente como flor del aire, mostranzo y rosa de Castilla en la comunidad de Tonatico, Edo. de México. El objetivo de la investigación fue evaluar la actividad antifúngica de los extractos de acetato de etilo de hojas y flores de L. callicarpifolia sobre el crecimiento de F. sporotrichum.

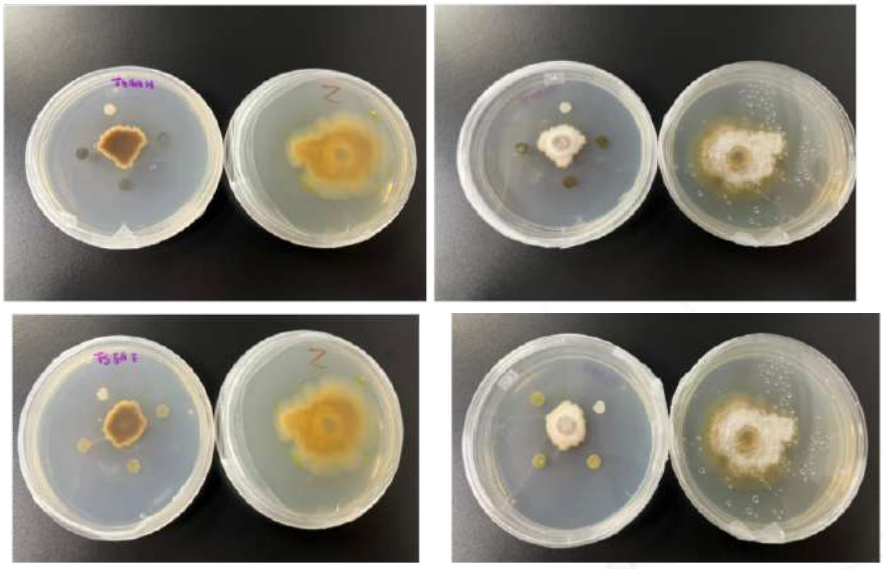
ANTECEDENTES. En nuestro País, el género Lippia (Verbenaceae), está constituida por 26 géneros y 286 especies, algunos de estos especímenes se utilizan en la medicina tradicional como remedios herbales (López-Villafranco et al., 2017). Dado el considerable reconocimiento de Lippia como flora medicinal, ha sido objeto de investigaciones exhaustivas en los ámbitos de la farmacología y la fitoquímica (López-Villafranco et al., 2017). Los estudios farmacológicos han revelado propiedades antipalúdicas, sedantes, anestésicas hipertensivas, antiinflamatorias, antiprotozoarias, antibacterianas y antifúngicas, lo que confirma su importancia medicinal. Adicionalmente, investigaciones sobre la composición química han relacionado estos efectos farmacológicos con la presencia de aceites esenciales y flavonoides extraídos de estas plantas (Pascual et al., 2001, Da Cunha et al., 2010, Shikanga et al., 2010, De Melo et al., 2013, Camilo et al., 2022). L. callicarpifolia ha sido reconocida como planta medicinal. La Sociedad Farmacéutica de México la identificó como una especie beneficiosa para el tratamiento del asma. En Tonatico, hay casos documentados en los que L. callicarpifolia se utiliza para tratar infecciones respiratorias y gastrointestinales, así como baños después del parto (Biblioteca Digital de Medicina Tradicional Mexicana). L. callicarpifolia tiene un importante valor medicinal local; sin embargo, actualmente carece de estudios químicos y/o biológicos de los extractos vegetales.

OBJETIVO. El objetivo de la presente investigación fue obtener los extractos vegetales de Lippia callicarpifolia y determinar el efecto antifúngico contra especies de hongos fitopatógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron Fusarium sporotrichum de ATCC NRLL 3299; donados por el Dr. Cesar Flores (Laboratorio de Fisiología Vegetal, UBIPRO, FES-Iztacala). Los cultivos madre de los mohos se mantuvieron en agar papa dextrosa (PDA). La evaluación de imbibición de crecimiento radial se realizó en placas de Petri que contenían 25 mL de agar PDA. En el centro de cada placa se colocó un disco micelial de *Fusarium sporotrichum*. Tras establecer el micelio, se colocaron discos de papel, cada uno saturado con 2 mg del extracto correspondiente a una distancia de 1 cm del borde de la colonia micelial. Las placas de Petri se incubaron a temperatura ambiente durante 8 días. Se consideró que los discos que mostraban zonas de inhibición (semilunas) presentaban propiedades antifúngicas (Serrano et al., 2009). Para realizar un análisis cuantitativo, se

integraron siete concentraciones de cada extracto (0.125, 0.250, 0.500, 1.0, 1.5, 2.0 y 4.0 mg/mL) en agar PDA (1 mL, por triplicado) y, posteriormente, se transfirieron a placas de 24 pocillos. Una vez que el agar alcanzó la temperatura ambiente, se colocó una suspensión de micelio (5 µL) en el centro de cada pozo.

RESULTADOS. La evaluación cualitativa de los extractos vegetales sobre el crecimiento de *F. sporotrichum* se muestra en la Figura 1. Es evidente que todos los extractos mostraron una inhibición del crecimiento micelial del hongo desde la evaluación inicial. En la Fig. 1: a y b. se muestra el efecto de los extractos de acetato de etilo de hojas y flores sobre el hongo *F. sporotrichum*.



a)

b)

Figura 1. *Efecto de los extractos de las hojas (a) y flores (b) de L. callicarpifolia sobre el crecimiento radial de F. sporotrichum. En el centro de la placa la colonia micelial, los discos de papel adyacentes, cada uno con 2 mg del extracto correspondiente. Como control + se utilizó ketoconazol (60 µg). Las placas de Petri se incubaron a temperatura ambiente durante 8 días. Se consideró que los discos que presentaban zonas de inhibición (semilunas) tenían propiedades antifúngicas (Serrano et al., 2009).*

Los análisis cuantitativos de los bioensayos indicaron que tanto extracto de acetato de etilo de hojas como el extracto de acetato de flores mostraron actividad antifúngica contra *F. sporotrichum.* La curva de concentración-respuesta (Fig. 2) mostró que *F. sporotrichum* fue sensible al tratamiento con extracto de acetato de flores con un el valor IC_{50} = 0.51 mg/mL (R^2 = 9.6).

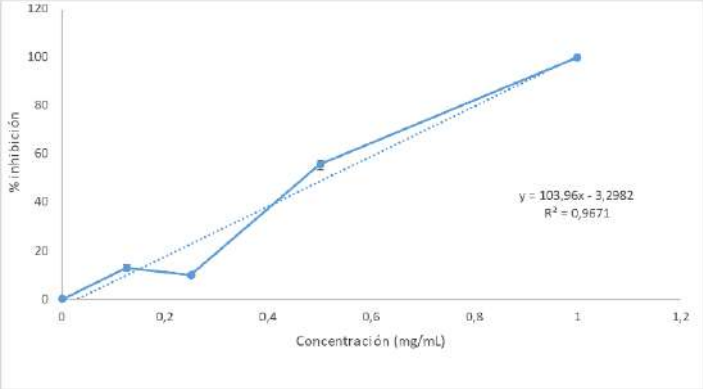


Figura 2. *Efecto del extracto de acetato de etilo de flores sobre el crecimiento de F. sporotrichum.*

CONCLUSIONES. La evaluación de la actividad antifúngica reveló que los extractos de acetato de etilo de hojas y flores de L. callicarpifolia inhibieron el crecimiento radial del micelio de F. sporotrichum. En consecuencia, los extractos acetato de etilo de las partes aéreas de L. callicarpifolia podrían representar una fuente alternativa de agentes antifúngicos naturales.

REFERENCIAS.

1. Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=lippia-callicarpifolia
2. Camilo, C. J., Leite, D. O. D., Nonato, C. D. F. A., de Carvalho, N. K. G., Ribeiro, D. A., da Costa, J. G. M. (2022). Traditional use of the genus Lippia sp. and pesticidal potential: A review. Biocatalysis And Agricultural Biotechnology, 40, 102296.
3. Da Cunha, M. A., de Barros, F. M. C., de Oliveira Garcia, L., de Lima Veeck, A. P., Heinzmann, B. M., Loro, V. L., Baldisserotto, B. (2010). Essential oil of Lippia alba: a new anesthetic for silver catfish, Rhamdia quelen. Aquaculture, 306(1-4), 403-406.
4. De Melo, J. O., Bitencourt, T. A., Fachin, A. L., Cruz, E. M. O., de Jesus, H. C. R., Alves, P. B., Scher, R. (2013). Antidermatophytic and antileishmanial activities of essential oils from Lippia gracilis Schauer genotypes. Acta tropica, 128(1), 110-115.
5. Gupta, P. K. (2014). Herbicides and fungicides. In Biomarkers in Toxicology (pp. 409-431). Academic Press.
6. López-Villafranco, M. E., Aguilar-Contreras, A., Aguilar-Rodríguez, S., Xolalpa-Molina, S. (2017). Las Verbenaceae empleadas como recurso herbolario en México: Una revisión etnobotánica-médica. Polibotánica, (44), 195-216.
7. Pascual, M. E., Slowing, K., Carretero, E., Mata, D. S., Villar, A. (2001). Lippia: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. Journal of ethnopharmacology, 76(3), 201-214.
8. Serrano, R., Hernández, T., Canales, M., García-Bores, A. M., de Vivar, A. R., Cespedes, C. L., Avila, J. G. (2009). Ent-labdane type diterpene with antifungal activity from Gymnosperma glutinosum (Spreng.) Less. (Asteraceae). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 8(5), 412-418.
9. Ruiz-Leyva I. C., Hermida-Montero L.A., Paraguay-Delgado F., Pariona-Mendoza N., Muñoz-Castellano L. N. (2024). La sinergia de nanomateriales como nuevos fungicidas. https://www.inecol.mx/index.php/divulgacion/ciencia-hoy/la-sinergia-de-nanomateriales-como-nuevos-fungicidas
10. Rzedowski, J., Calderón de Rzedowski, G. (2002). Flora del Bajío y de regiones adyacentes Fascículo 100 Verbenaceae. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México.
11. Shikanga, E. A., Combrinck, S., Regnier, T. (2010). South African Lippia herbal infusions: Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities. South African Journal of Botany, 76(3), 567-571.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324178

EFECTOS TÓXICOS DEL 2,4-DINITROFENOL SOBRE LA MICROALGA *Chlorella vulgaris*

Gerardo Solís González[1], Ana D'Ors de Blas[2], Martha Estrella García Pérez[3], Héctor Eduardo Martínez Flores[4], Alondra Alelie Cortés Téllez[5], María Carmen Bartolomé Camacho[6]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gerardo.solis@umich.mx

2 Universidad Complutense de Madrid; anadors@ucm.es

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; estrella.perez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; hector.martinez.flores@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alondra.cortes@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; carmen.bartolome@umich.mx

Palabras Clave: 2,4-dinitrofenol, toxicidad, microalgas.

RESUMEN. El 2,4-Dinitrofenol (2,4-DNP) es un compuesto químico ampliamente utilizado en las industrias agrícola e industrial, cuya elevada toxicidad y capacidad para alterar sistemas biológicos lo convierten en un serio riesgo para los ecosistemas acuáticos. La investigación ecotoxicológica desempeña un papel fundamental en la comprensión y mitigación de sus impactos, con especial atención en organismos clave como las microalgas, que son esenciales para la red trófica y los ciclos biogeoquímicos. En este estudio, se utilizó la microalga Chlorella vulgaris como organismo bioindicador. Se llevaron a cabo bioensayos de toxicidad con el objetivo de evaluar la inhibición del crecimiento poblacional y medir el balance de oxígeno en el medio. Los resultados revelaron que el 2,4-DNP tiene una toxicidad moderada en C. vulgaris, con un CI50 de 36.22 mg L-1, según la categorización de sustancias peligrosas para el ambiente acuático establecida por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). Además, el bioensayo de balance de oxígeno demostró una mayor sensibilidad al 2,4-DNP en comparación con el bioensayo de inhibición del crecimiento poblacional. Esta mayor sensibilidad observada podría atribuirse a que el 2,4-DNP tiene un efecto subletal más pronunciado que letal sobre esta microalga. Estos hallazgos subrayan la importancia de comprender las respuestas específicas de diferentes especies y cepas de microalgas a contaminantes ambientales como el 2,4-DNP. Estudios de este tipo son esenciales para evaluar el impacto ambiental y proteger los ecosistemas acuáticos frente a la creciente amenaza de la contaminación química.

INTRODUCCIÓN. Los nitrofenoles, como el 2,4-Dinitrofenol (2,4-DNP), se emplean en la fabricación de medicamentos, tintes, pesticidas, conservantes para la madera y explosivos. Debido a su alta reactividad y resistencia a la descomposición biológica, estos compuestos se convierten en contaminantes comunes en entornos acuáticos, donde persisten y se acumulan en organismos vivos, generando un riesgo significativo para la salud pública (Rüzgar et al., 2023). En particular, el 2,4-DNP es ampliamente utilizado en la industria química y agroquímica, pero es altamente tóxico para los seres humanos y mamíferos debido a su capacidad de formar metahemoglobina y desacoplar la fosforilación oxidativa,

lo que provoca efectos adversos graves (Ramos et al., 2024). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) clasifica el 2,4-DNP como un contaminante prioritario por su persistencia en el ambiente y ha advertido sobre su creciente popularidad, especialmente en su comercialización por internet como una sustancia para "quemar grasa" (Gziut y Thomas, 2022). Para evaluar su toxicidad en ecosistemas acuáticos, los bioindicadores, como los organismos del fitoplancton, son fundamentales, ya que permiten determinar las concentraciones letales de este compuesto en la red trófica y proporcionar información sobre la calidad del agua y la salud de los organismos (Piontek et al., 2023).
La contaminación del agua es una de las principales amenazas para la salud humana, la biota y los ecosistemas acuáticos. Esta problemática surge de diversas actividades humanas, como la urbanización, la agricultura y la industrialización, que generan una amplia variedad de contaminantes, incluyendo fertilizantes, pesticidas, metales pesados, compuestos orgánicos y residuos biológicos (Chaudhry y Malik, 2017). Estos contaminantes no solo afectan a los organismos de manera individual, sino que pueden interactuar entre sí y generar efectos sinérgicos peligrosos para la biota acuática. Además, el cambio climático agrava esta situación al incrementar la temperatura global, alterar las condiciones atmosféricas e hidrológicas, y modificar la distribución de las especies en los ecosistemas acuáticos (Prakash, 2021; Zhu et al., 2024). La disponibilidad de información sobre los efectos de estas sustancias contaminantes es limitada, lo que complica la evaluación precisa del nivel de riesgo. Por ello, la monitorización de los parámetros ambientales es esencial para detectar la contaminación y prever sus efectos. En este contexto, los bioindicadores desempeñan un papel clave al proporcionar datos valiosos sobre las condiciones químicas y físicas de un lugar específico y servir como señales de alerta temprana ante cambios perjudiciales en los ecosistemas (Skok y Breus, 2021). Los bioindicadores se utilizan para evaluar el impacto de los contaminantes a través de bioensayos, que permiten determinar los efectos tóxicos tanto agudos como crónicos en organismos de distintos niveles tróficos. Estos ensayos son fundamentales para entender cómo una sustancia afecta a una población y su entorno, y proporcionan una visión general del estado de un ecosistema al extrapolar los resultados a otros niveles de la cadena trófica. Según Ravera (2001), estos bioensayos y estudios retrospectivos sobre casos de intoxicación son las principales herramientas para obtener conocimiento sobre la toxicidad de las sustancias contaminantes.

ANTECEDENTES. Aunque existen pocos estudios sobre la toxicidad del 2,4-DNP en el medio ambiente, los disponibles coinciden en su peligrosidad. Sin embargo, los resultados varían según los autores. Por ejemplo, la US-EPA (1986) reportó una CI50 de 86.53 mg L-1 en C. vulgaris, mientras que Shinkaya y Dilek (2009) obtuvieron 20.25 mg L-1 para la misma microalga. En esta investigación, la CI50 fue de 36.22 mg L-1. Según la US-EPA, el 2,4-DNP se clasifica como moderadamente tóxico (categoría III), lo que refleja cómo afecta la reproducción de C. vulgaris, pero no abarca otros aspectos celulares como la fotosíntesis. El 2,4-DNP podría interferir en la fotosíntesis del fitoplancton, reduciendo la producción de oxígeno y otros metabolitos esenciales. Esto afecta el balance de oxígeno, un parámetro más sensible que la cuantificación celular, según Boyd et al. (2001), aunque Pereira et al. (2009) y Bartolomé et al. (2009) hallaron resultados diferentes. La variabilidad podría explicarse por diferencias en la estructura molecular del tóxico y su impacto en el metabolismo celular. Además, el 2,4-DNP afecta la cadena de transporte de electrones en los fotosistemas de las microalgas verdes, reduciendo la producción de oxígeno durante la fotosíntesis (Latifi et al., 2009). Finalmente, se destaca la importancia de evaluar el 2,4-DNP

considerando no solo el crecimiento celular, sino también daños subyacentes como el balance de oxígeno, que podrían ser perjudiciales para los ecosistemas acuáticos.

OBJETIVO. Evaluar la toxicidad aguda del 2,4-DNP a través de bioensayos de toxicidad aguda utilizando como bioindicador a la microalga *Chlorella vulgaris*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar la CI_{50} tras 72 horas de exposición del 2,4-DNP sobre poblaciones microalgales de *C. vulgaris*. Determinar la NOEC tras 72 horas de exposición del 2,4-DNP sobre poblaciones microalgales de *C. vulgaris*. Establecer el impacto del 2,4-DNP con una valoración del balance de oxígeno, mediante el análisis de la capacidad de producción/consumo de *C. vulgaris*.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Sustancia de ensayo. La sustancia de ensayo utilizada fue el 2,4-dinitrofenol con una pureza de ~ 97 % (Sigma-Aldrich Chemie, Taufkirchen, Alemania). El compuesto fue disuelto en agua destilada y desionizada. Se trabajó a concentraciones crecientes en un rango de 10 a 100 mg L-1. **Material biológico.** El material biológico utilizado fue la microalga C. vulgaris obtenida de la colección de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH, sometidas a un crecimiento axénico en frascos de cultivo (Grainer, Bio-One, Longwood, NJ, USA) con 20 ml de medio de cultivo BG-11. Las microalgas se mantienen a 21 °C bajo un ciclo de luz/oscuridad del 50 % y una intensidad de 60 µmol m-2 s-1 en un rango de banda entre 400 y 700 nm. Se procedió a determinar la concentración inhibitoria media (CI50), que es aquella que causa la inhibición de crecimiento del 50 % de C. vulgaris en 72 horas, mediante intoxicación aguda con el 2,4-DNP, de acuerdo con los parámetros establecidos por la Directriz 201 de la OECD. **Análisis estadístico.** Los valores de la CL50 y NOEC fueron obtenidos por regresión lineal a través de la relación Concentración-Respuesta. La prueba de distribución normal de los datos se realizó a través de la prueba D'Agostino-Pearson por el sistema estadístico Graphpad Prism v 7.0 (Graph-Pad Software Inc., USA) basada en el test de normalidad por D'Agostino y Pearson, (1973).

RESULTADOS. Se obtuvo una CI_{50} de 36.22 mg L^{-1} y una NOEC de 6.45 mg L^{-1} del 2,4-DNP sobre *C. vulgaris* tras 72 horas de exposición, lo que lo incluye, de acuerdo con la clasificación para sustancias tóxicas propuesta por la US-EPA, dentro de la Categoría III como una sustancia moderadamente peligrosa para el ambiente acuático. El efecto de la exposición aguda de *C. vulgaris* al 2,4-DNP, es una respuesta dependiente de la concentración de la sustancia de ensayo como se observa en la Fig. 1, donde a mayor concentración de la sustancia de ensayo mayor es la respuesta tóxica. Los resultados del balance de oxígeno indican que la respuesta al 2,4-DNP de la microalga *C. vulgaris* mostró un incremento de la capacidad de producción/consumo de oxígeno de 1.43 % en las microalgas expuestas a la NOEC con respecto al control; y una disminución del 49.02 % en las microalgas expuestas a la CI_{50} con respecto al control, lo que indica un daño a los fotosistemas de la microalga como se muestra en la Fig. 2.

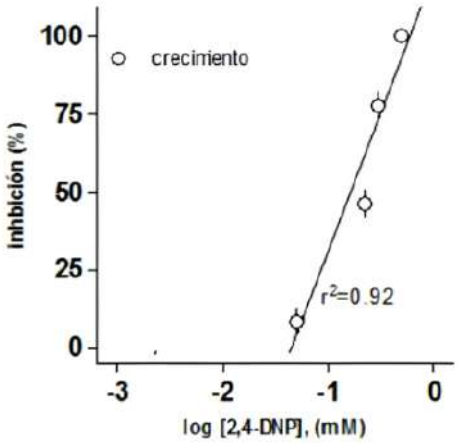


Figura 1 *SEQ Figura * ARABIC 1. Curva Concentración-Respuesta de la exposición aguda de C. vulgaris con el 2,4-DNP tras 72 horas de exposición.*

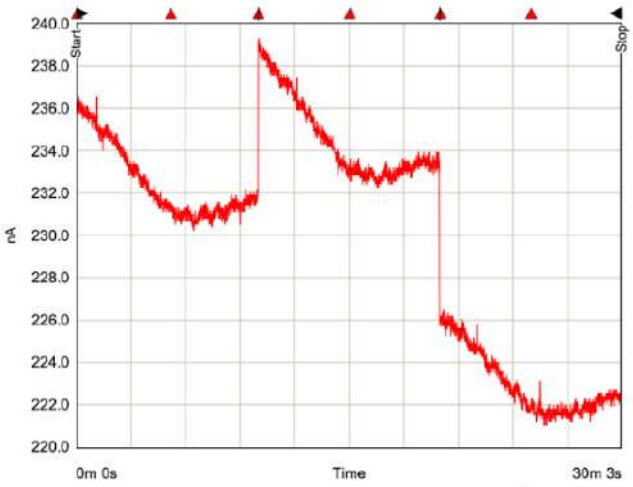


Figura 2. *Gráfica de las relaciones entre la producción y consumo de oxígeno de C. vulgaris en el control (izquierda), NOEC (centro) y CI_{50} (derecha).*

CONCLUSIONES. El 2,4-DNP demostró una toxicidad moderada sobre la microalga Chlorella vulgaris en el bioensayo de inhibición del crecimiento poblacional. Esto sugiere que la sustancia puede generar daños subyacentes en el organismo bioindicador, como alteraciones en los fotosistemas, lo cual impacta la relación de producción y consumo de oxígeno. Dichos efectos pueden estar relacionados con problemas fisiológicos en el organismo de estudio, con la posibilidad de derivar en consecuencias más graves en evaluaciones crónicas. La evidencia actual señala la necesidad de realizar más pruebas para evaluar los efectos a corto, mediano y largo plazo de la exposición a esta sustancia en poblaciones de organismos sensibles.

REFERENCIAS.

1. Chaudhry, F. N., & Malik, M. F. (2017). Factors affecting water pollution: a review. J. Ecosyst. Ecography, 7(1), 225-231. 10.4172/2157-7625.1000225.

2. D'Agostino, R., Pearson, E. S. (1973). Test for Departure from Normality. Empirical Results for the Distributions of b2 and √ b1. Biometrika 60, 613-622.
3. Gziut, T., & Thomas, S. H. (2022). International trends in systemic human exposures to 2, 4 dinitrophenol reported to poisons centres. Clinical Toxicology, 60(5), 628-631.
4. Piontek, M., Czyżewska, W., & Mazur-Marzec, H. (2023). Effects of harmful cyanobacteria on drinking water source quality and ecosystems. Toxins, 15(12), 703. https://doi.org/10.3390/toxins15120703.
5. Prakash, S. (2001). Impact of Climate change on Aquatic Ecosystem and its Biodiversity: An overview. International Journal of Biological Innovations, 3(2). https://doi.org/10.46505/IJBI.2021.3210.
6. Ramos, R. L., Moreira, V. R., & Amaral, M. C. S. (2024). Phenolic compounds in water: Review of occurrence, risk, and retention by membrane technology. Journal of Environmental Management, 351, 119772. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119772
7. Repetto, M. & Sanz, P. (1988). En Toxicología fundamental. Editorial Científico Médicas. 2da edición. 408.
8. Rüzgar, A., Karataş, Y., & Gülcan, M. (2023). Synthesis and characterization of Pd0 nanoparticles supported over hydroxyapatite nanospheres for potential application as a promising catalyst for nitrophenol reduction. Heliyon, 9(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21517
9. Skok, S., & Breus, D. (2021). Bioindication Assessment of Drinking Water Toxicity in Large Cities of Ukraine. http://hdl.handle.net/123456789/7938
10. Zhu, M., Wang, J., Zhang, J., & Xing, Z. (2024). Responsibility-sharing and compensation scheme of transboundary water pollution embodied in China's inter-provincial trade: a perspective from economic value capturing. Environmental Science and Pollution Research, 1-12. https://doi.org/10.1007/s11356-023-31708-w

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324179

EVALUACIÓN IN VITRO DEL EFECTO FUNGICIDA DEL EXTRACTO DE TAGETES ERECTA PARA EL CONTROL DE *FUSARIUM OXYSPORUM*

Enid Nadia Lara Palma[1], Mariana Álvarez Navarrete[2]
1 Instituto Tecnológico de Morelia; enidmovav@gmail.com
2 Instituto Tecnológico de Morelia; mariana.an@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: *Tagetes erecta*, Fusarium oxysporum, fungicida, extracto

RESUMEN. El cempasúchil (Tagetes erecta) es una planta conocida por sus propiedades insecticidas, bactericidas y fungicidas, utilizada tradicionalmente en México para la ofrenda del día de los muertos. Se ha reportado que el efecto fungicida de Tagetes erecta se atribuye a compuestos bioactivos como flavonoides, terpenos y fenoles, que interfieren en el ciclo de vida del hongo, impidiendo su proliferación. Un método eficaz para extraer estos compuestos es el arrastre de vapor. Este trabajo se enfoca en el estudio del efecto antifúngico de T. erecta contra Fusarium oxysporum, hongo patógeno responsable de la enfermedad fusariosis, a través de la cual, coloniza los conductos xilemáticos de la planta, bloqueando y tapando los vasos, provocando marchitamiento, decaimiento y, en casos severos, la muerte de las plantas, lo que resulta en significativas pérdidas económicas en la agricultura, particularmente en cultivos de importancia comercial, como son los cereales, leguminosas, plantas tropicales, hortalizas, flores y plantas ornamentales. Para evaluar la eficacia del extracto de T. erecta como fungicida, obtenido a través de destilación por arrastre de vapor; se realizaron pruebas in vitro en medio PDA utilizando el método Kirby-Bauer. Se preparó un césped de esporas de F. oxysporum sobre medio PDA y sobre este se colocaron cuatro discos impregnados con extracto de Tagetes erecta. Se utilizó captán como control positivo y agua destilada como control negativo. El extracto de T. erecta logró reducir el crecimiento del hongo en un 17.03% en comparación con el crecimiento micelial del control negativo. Estos resultados indican que el extracto reduce notablemente el crecimiento del hongo, lo que sugiere un interesante potencial inhibitorio. El bajo costo y facilidad de extracción lo convierten en una alternativa viable. Este enfoque no solo es prometedor para el control de F. oxysporum en cultivos agrícolas, sino que también representa una alternativa más ecológica y sostenible en comparación con los fungicidas químicos tradicionales.

INTRODUCCIÓN. La planta conocida comúnmente como Cempoalxóchitl (Tagetes erecta) es la especie más popular del género Tagetes, compuesto por 58 especies distribuidas alrededor del continente americano, poco más de la mitad de estas especies se encuentran en México. El cultivo de cempasúchil en México, particularmente en estados como Michoacán, tiene una relevancia histórica y cultural significativa, vinculada a tradiciones como el Día de Muertos. Sin embargo, aunque es una especie nativa, la producción de cempasúchil para usos industriales ha disminuido drásticamente en el país, mientras que naciones como China e India se han convertido en los principales productores mundiales.

(INTAGRI, 2018; DCGCS, 2023). En Michoacán, uno de los principales estados productores de esta flor, se cultivaron 165 hectáreas en 2023, distribuidas principalmente en los municipios de Tarímbaro, Copándaro y Cuitzeo. La producción, aunque significativa, se centra en la elaboración de manojos y macetas para el mercado local, con un valor económico importante. No obstante, la disminución en la producción industrial de cempasúchil en México refleja una pérdida de competitividad en el mercado mundial, que antes era liderado por nuestro país (Boletín, 2022; Contramuro, 2023). Por lo que la flor cempasúchil no es solo necesaria en nuestra cultura, sino que tiene una importancia económica. Varias investigaciones reflejan diversas actividades biológicas de extractos de T. erecta para el control de enfermedades bacteriana, fungosas y como plaguicida. En estudios recientes se han identificado compuestos bioactivos en esta planta, como flavonoides y terpenoides, que pueden ser utilizados en el control de patógenos agrícolas y en la industria farmacéutica. Este potencial subutilizado resalta la necesidad de revitalizar la investigación y la producción en torno a esta especie en México. Sin embargo, el perfil fitoquímico de cada planta varía debido a numerosos factores ambientales, así como el genotipo. Por estas razones, es necesario realizar estudios fitoquímicos y biológicos de esta especie en nuestra localidad, que permitan justificar los usos etnobotánicos que tiene T. erecta (Xu et al., 2011; Camacho-Campos et al., 2019).

ANTECEDENTES.

Autor y año	**Especie de *Tagetes***	**Especies de hongos sensibles a los extractos**
Gakuubi, *et al*. 2016	*T. minuta* (*Asteraceae*)	*Aspergillius niger, A. parasiticus* & *A. flavus* presentaron demora de crecimiento. *F. solani*, *F. Oxysporum* inhibición de crecimiento.
Du, *et al*. 2017	*T. erecta L*.	Fuerte actividad inhibitoria contra *T. mentagrophytes* y *R. solani*.
Céspedes, *et al*. 2006	*T. lucida*	Efecto inhibitorio en *Fusarium Oxysporum*.
Barajas-Pérez, *et al*. 2011	*Tagetes, T. foetidissima, T. lucida, T. erecta, T. filifolia & T. coronopifolia*	*Tagetes* inhibió el crecimiento micelial en todos los aislamientos de *Sclerotium rolfsii* y *Monilinia fructicola*. *T. foetidissima*, *T. lucida* y *T. erecta* inhibieron la esporulación de *M. fructicola*. *T. filifolia* y *T. coronopifolia* estimularon la esporulación de *M. fructicola.*
López-López, *et al*. 2018	*T. lucida*	Reducción de crecimiento micelial para *F. oxysporum, R. solani, A. niger* y P. *janthinellum*. Solo en *R. solani* se observó la mayor la reducción del crecimiento micelial.
Sánchez-Cabrera, *et al*. 2017	*T. Erecta*	Efecto fungicida sobre el crecimiento micelial de *Fusarium SP.*

Tabla 1. Antecedentes de investigaciones del efecto inhibitorio de extractos de Tagetes spp. contra hongos fitopatógenos.

Las plantas del género *Tagetes* tienen efecto inhibitorio contra hongos fitopatógenos, entre ellos *Fusarium oxysporum*.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de extractos de flor de *Tagetes erecta* en el crecimiento *in vitro* del hongo *Fusarium oxysporum* para el control de enfermedades en cultivos de hortalizas.

OBJETIVOS PARTICULARES. Obtener extractos de la flor de *Tagetes erecta* mediante destilación por arrastre de vapor. Determinar el efecto antifúngico del extracto de *Tagetes erecta* en *Fusarium oxysporum* por el método de Kirby-Bauer.

MATERIALES Y MÉTODOS. El efecto *in vitro* del extracto de *Tagetes erecta* se evaluó contra *Fusarium oxysporum* cultivado en medio agar papa y dextrosa (PDA), obtenido de la colección de cepas del Laboratorio de operaciones unitarias del Instituto Tecnológico de Morelia. Se evaluó el efecto inhibitorio de una sustancia como control positivo: Captán (conseguido en una tienda de agroquímicos). **Material biológico.** Las flores de *Tagetes erecta* se obtuvieron del municipio de Tarímbaro, Michoacán de Ocampo, en las coordenadas 19°47'44.8"N 101°10'40.2"W. En esta región, *T. erecta* se cultiva en grandes cantidades en condiciones naturales de campo, para la celebración del día de muertos. Las muestras se colectaron de manera aleatoria y se transportaron en bolsas ziploc selladas para los estudios posteriores. **Separación de órganos.** Las flores se separaron manualmente del tallo, y los pétalos se, cortaron de las flores. **Deshidratación de la materia prima.** Los pétalos se extendieron en una charola de acero inoxidable y se sometieron a secado en sombra a temperatura ambiente durante una semana. **Molienda de la materia prima.** Los pétalos secos se molieron en un triturador Microbulet y se guardaron en bolsas de polipapel. **Destilación por arrastre de vapor.** Se pesaron 50 g de polvo de pétalos de *Tagetes erecta* y se depositaron en un matraz de bola de doble boca. Se montó un equipo de destilación para llevar a cabo la técnica de destilación por arrastre de vapor. Un matraz de bola de una boca se colocó sobre una parrilla y se le añadieron 500 mL de agua destilada. La temperatura de trabajo fue de 92 °C a una presión de 1 atm por 1 hora. Los vapores se condensaron y colectaron en un frasco ámbar. **Concentración de los aceites esenciales.** La muestra obtenida por arrastre de vapor se concentró en un rotavapor a 98°C por 30 minutos a 100 rpm. Los extractos de *T. erecta* se almacenaron en frascos ámbar en refrigeración hasta su uso. **Actividad antifúngica *in vitro* del extracto de *Tagetes erecta*.** La determinación de la actividad antifúngica del extracto de *T. erecta* se realizó mediante el método de Kirby-Bauer. Medio de cultivo PDA se sembró con una suspensión de esporas de *F. oxysporum*, formando un césped uniforme. Cuatro discos de papel filtro de 5mm de diámetro, impregnados con el extracto de *T. erecta* se colocaron en la superficie del medio de cultivo. Como control positivo se utilizó Captán 50 WP Marca ADAMA Como control negativo se utilizó agua destilada estéril. El monitoreo del crecimiento del hongo se realizó cada 24 horas por 5 días.

RESULTADOS. Los diámetros de los halos de inhibición generados alrededor de los discos de papel filtro se midieron. Los resultados de los tratamientos se compararon con el control positivo y el control negativo. El crecimiento de *F. oxysporum* se monitoreó cada 24 horas por 5 días. En la Figura 1, se muestra el porcentaje de crecimiento del hongo con base en el área de crecimiento (cm^2).

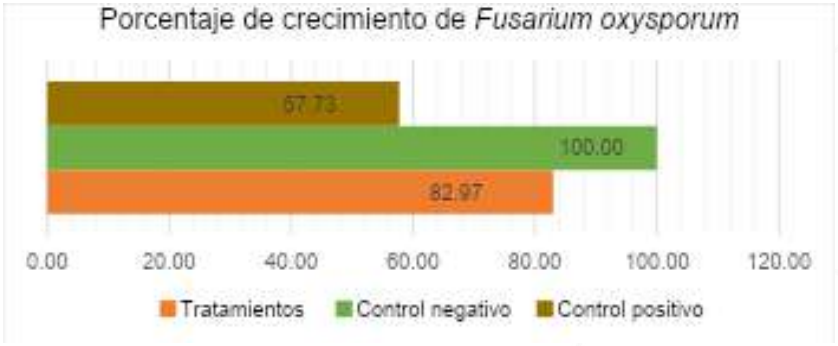


Figura 1. *Porcentaje de crecimiento.*

Fusarium oxysporum fue inhibido en los tratamientos de extracto de *Tagetes erecta* un 17.03 ± 5.1%.

CONCLUSIONES. El extracto de T. erecta inhibe en un 17.03 ± 5.01% al hongo patógeno F. oxysporum, lo que indica que contiene compuestos bioactivos con potencial para combatir la enfermedad de la fusariosis en cultivos agrícolas; considerando la posibilidad de resistencia a los fungicidas, lo que puede comprometer su eficacia a largo plazo. El empleo de estrategias de manejo integrado que combinen el uso de fungicidas naturales con prácticas culturales y el uso de cultivares resistentes resultará en un control más efectivo de las enfermedades en cultivos agrícolas.

REFERENCIAS.

1. Barajas Pérez, Juan Saúl, Montes-Belmont, Roberto, Castrejón Ayala, Federico, Flores-Moctezuma, Hilda Elizabeth, & Serrato Cruz, Miguel Ángel. (2011). Propiedades antifúngicas en especies del género Tagetes. Revista mexicana de micología, 34, 85-91. Recuperado en 15 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802011000200010&lng=es&tlng=es.
2. Boletín. (2022). Se mantiene Michoacán como uno de los principales productores de flor de cempasúchil. Mi Morelia.com. https://mimorelia.com/noticias/michoacan/se-mantiene-michoac%C3%A1n-como-uno-de-los-principales-productores-de-flor-de-cempas%C3%BAchil
3. Camacho-Campos, C., Pérez-Hernández, Y., Valdivia-Ávila, A., Ramírez-Pérez, H. L., & Gómez-Brisuela, L. (2019). Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de extractos de Tagetes erecta L. (Asteraceae). Revista cubana de química, 31(1), 53–64. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212019000100053
4. Céspedes CL, Avila JG, Martínez A, Serrato B, Calderón-Mugica JC, Salgado-Garciglia R. Antifungal and antibacterial activities of Mexican tarragon (Tagetes lucida). J Agric Food Chem. 2006 May 17;54(10):3521-7. doi: 10.1021/jf053071w. PMID: 19127719.
5. Contramuro. (2023). Estos son los gigantes en producción de cempasúchil en Michoacán. Contramuro Noticias. https://www.contramuro.com/estos-son-los-gigantes-en-produccion-de-cempasuchil-en-michoacan/
6. DCGCS (2023). Flor de cempasúchil, símbolo vital de Noche de Muertos. Michoacán. https://michoacan.gob.mx/noticias/flor-de-cempasuchil-simbolo-vital-de-noche-de-muertos/
7. Du, R., Liu, J., Sun, P. et al. Inhibitory effect and mechanism of Tagetes erecta L. fungicide on Fusarium oxysporum f. sp. niveum . Sci Rep 7, 14442 (2017). https://doi.org/10.1038/s41598-017-14937-1
8. Gakuubi, M. M., Wagacha, J. M., Dossaji, S. F., & Wanzala, W. (2016). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Essential Oils ofTagetes minuta(Asteraceae) against Selected Plant Pathogenic Bacteria. International Journal Of Microbiology, 2016, 1-9. https://doi.org/10.1155/2016/7352509
9. Intagri. (2018). Género Tagetes en el Control de Plagas | Intagri S.C. https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/genero-tagetes en-el-control-de-plagas
10. Juan Saúl Barajas Pérez, Roberto Montes–Belmont, Federico Castrejón Ayala, Hilda Elizabeth Flores–Moctezuma, Miguel Ángel Serrato Cruz. (2011). Propiedades antifúngicas en especies del género Tagetes. Revista mexicana de micología, 34. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802011000200010

11. López López, E., Peña Ortega, M. G., Colinas León, M. T. B., Díaz Cedillo, F., & Serrato Cruz, M. A. (2018). Fungistasis del aceite esencial extraído de una población de Tagetes lucida de Hidalgo, México. Revista mexicana de ciencias agricolas, 9(2), 329–341. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1075
12. Sánchez Cabrera, V. E., Romero Bozzetta, J. L., Bazán Bautista, R. E., Trejo López, M. S., Romero Canales, Y. M. D. C., & Romero Canales, M. Y. (2017). Efecto fungicida del extracto acuoso de Tagetes Erecta sobre el crecimiento Micelial De Fusarium SP. Big Bang Faustiniano, 6(3). https://doi.org/10.51431/bbf.v6i3.167
13. Xu, LW., Wang, GY. & Shi, YP. Chemical constituents from Tagetes erecta flowers. Chem Nat Compd 47, 281–283 (2011). https://doi.org/10.1007/s10600-011-9905-5

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324180

EFECTOS DE NANOTUBOS DE CARBONO DE ORIGEN BIOTICO BIOTRANSFORMADOS POR *Trichoderma sp*. EN EL DESARROLLO DE *Zea mays* A TRAVES DE LA ESTIMULACIÓN DE LA FOTOSÍNTESIS

Nestor Alejandro Muñoz Ruiz, Gladys Juárez Cisneros, Héctor Javier Anselmo Villegas Moreno

Palabras Clave: MWCNTs, biodegradación, variables fenotípicas, promoción del crecimiento vegetal, nanopartículas.

RESUMEN. El maíz es crucial en México tanto para el consumo humano como para la alimentación animal, pero su producción depende en gran medida de insumos químicos que contaminan el medio ambiente. Una alternativa para reducir el uso de agroquímicos es la aplicación de nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNTs) naturales, que pueden promover el crecimiento vegetal. Este estudio investigó el impacto de los MWCNTs naturales, tanto biotransformados por el hongo Trichoderma sp. como no biotransformados, en el crecimiento de Zea mays (maíz) y su fotosíntesis. Los MWCNTs fueron expuestos al hongo en condiciones in vitro. Las semillas de maíz fueron inoculadas con las nanopartículas a concentraciones de 10, 20 y 40 µg/semilla y cultivadas durante tres semanas. Se evaluaron variables fenotípicas como la altura de la parte aérea, longitud de la raíz, biomasa y concentración de clorofila. Los resultados mostraron que la biotransformación de MWCNTs de origen biótico mejora el crecimiento del maíz, tanto en sus partes aéreas como subterráneas, y aumenta la biomasa y la concentración de clorofila. Esta biotransformación de los MWCNTs naturales contribuye positivamente al desarrollo vegetal.

INTRODUCCIÓN. El maíz (Zea mays L), originario de Mesoamérica y el cereal más producido globalmente, juega un papel crucial en la industria alimentaria y ganadera, especialmente en México. Sin embargo, el aumento en la demanda de maíz ha llevado a un uso intensivo de suelos y fertilizantes químicos, lo que ha causado problemas ambientales y económicos debido a la baja eficiencia y alta pérdida de estos insumos (Perales & Golicher, 2014). Para abordar estos desafíos, la investigación ha comenzado a explorar nuevas tecnologías que podrían optimizar la producción agrícola de manera más sostenible. Desde su descubrimiento en 1991, los nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNTs) han sido estudiados por sus propiedades excepcionales en electrónica, biomédica y agricultura (Khan et al., 2017). Se dividen en nanotubos de pared simple (SWCNTs) y de pared múltiple (MWCNTs), destacando estos últimos por su alta reactividad y dureza. Recientemente, se han encontrado MWCNTs de origen natural, formados en madera incinerada tras incendios forestales, con características similares a los sintéticos (Lara-Romero et al., 2017). Estos MWCNTs, tanto sintéticos como naturales, han demostrado un potencial prometedor en la agricultura, ya que pueden contribuir a mejorar la eficiencia en el uso de recursos para las plantas. Los MWCNTs sintéticos han demostrado

mejorar la germinación y el crecimiento de plantas a bajas concentraciones, al aumentar la captación de agua en las semillas. También favorecen el desarrollo de la arquitectura radical, la síntesis de clorofila y la tasa fotosintética (Tiwari et al., 2014). Los MWCNTs de origen natural han mostrado efectos positivos similares, estimulando el crecimiento de plantas como el maíz y otras especies (Juárez et al., 2020). Además de su uso directo en la agricultura, la biotransformación de MWCNTs mediante microorganismos surge como una alternativa innovadora para mejorar su eficacia y sostenibilidad. La biotransformación de MWCNTs mediante microorganismos, como hongos lignolíticos, está emergiendo como una alternativa para modificar sus propiedades fisicoquímicas. Hongos como Penicillium chrysosporium y Trametes versicolor pueden alterar la estructura de los MWCNTs, lo cual podría tener implicaciones en el desarrollo vegetal y el microbioma del suelo. A pesar de los avances, se requiere más investigación para comprender los efectos de estos MWCNTs biotransformados en los sistemas agrícolas y ecológicos, así como su papel que tienen en procesos como la fotosíntesis vegetal (Zhang et al., 2014; Juárez et al., 2021).

OBJETIVO. Evaluar los efectos de MWCNTs naturales con y sin biotransformación por Trichoderma sp. en variables fenotípicas de crecimiento y clorofila de plántulas de Zea mays

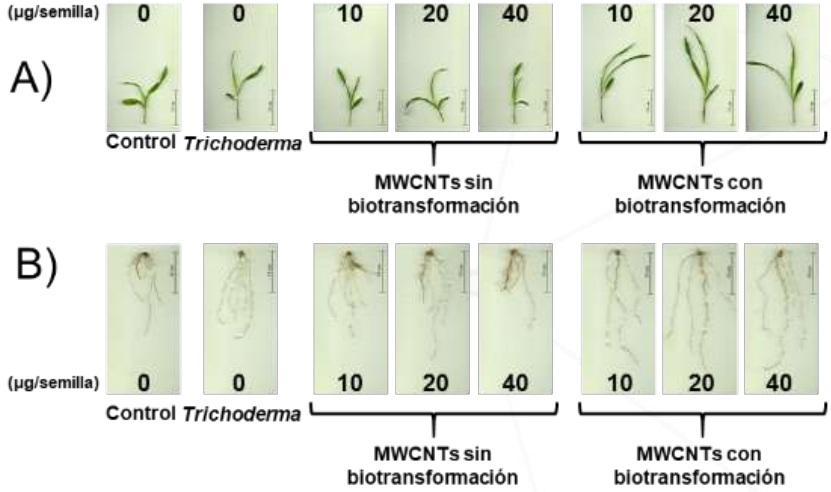
MATERIALES Y MÉTODOS.

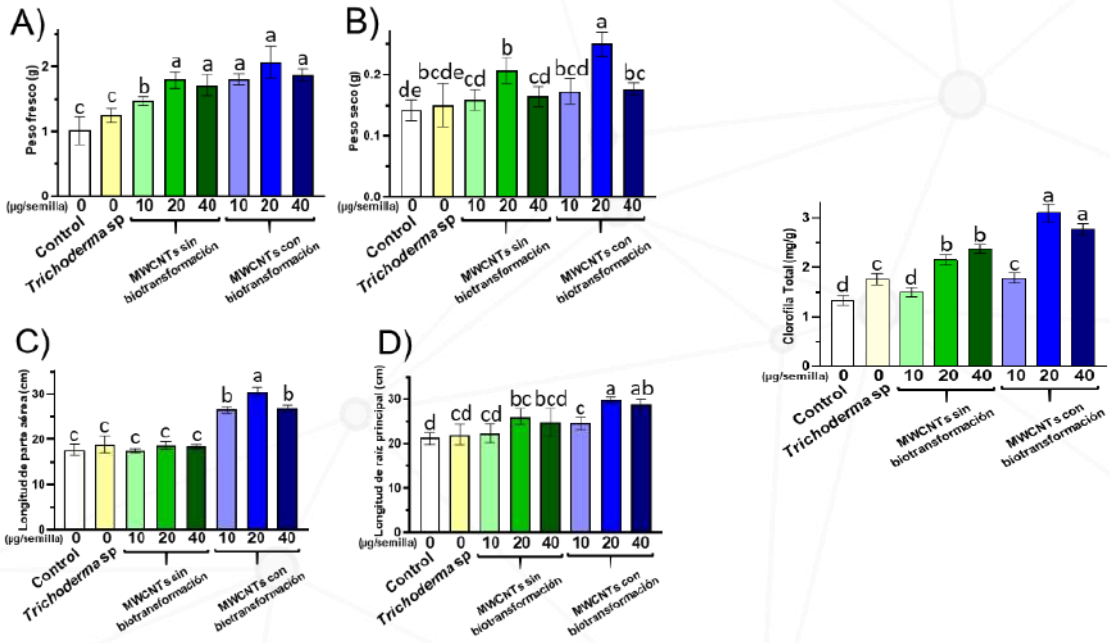
MWCNTs naturales. Se utilizaron MWCNTs de origen natural obtenidos de muestras de madera quemada de Pinus oocarpa de boques en Michoacán después de un incendio forestal, centro-oeste de México. Los MWCNTs fueron recolectados y purificados de acuerdo con Lara-et al., 2017 y presentaron las siguientes características estructurales: ~10 capas de grafeno, con diámetros interior y exterior de 2.52 nm y 12- 15 nm, respectivamente. Para la preparación de las nanopartículas biotransformadas por Trichoderma sp. se suplemento un medio líquido de papa dextrosa con MWCNTs de origen biótico en concentraciones de 10, 20 y 40 µg/ml. Posteriormente se incubaron a 30ºC con 150 rpm en shaker durante 14 días. Después de 14 días de crecimiento de Trichoderma sp en medio líquido, se eliminó el H2O en horno de secado a 75º C por 8 h. Finalmente se pulverizó el material seco con el hongo-nanomateriales en molino orbital para homogeneizar y reducir el tamaño de partícula. Los MWCNTs con y sin exposición al crecimiento de Trichoderma sp (pulverizado) se calcinaron a 1000 º C/3 h, posteriormente se caracterizaron para evaluar el efecto de Trichoderma sp sobre los cambios estructurales de los nanomateriales mediante espectroscopia Infrarroja con Transformada de Fourier (FTIR), espectroscopía Raman y microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

Bioensayos en Zea mays. Semillas de maíz impregnadas durante 24 h con el inóculo nanopartículas-Trichoderma sp. y nanopartículas en concentraciones 0, 10, 20 y 40 µg/semilla, se cultivaron en agrolita previamente estéril y se mantuvieron en casa sombra por tres semanas, posterior se evaluaron variables fenotípicas como la altura de la parte aérea, longitud de la raíz, biomasa y concentración de clorofila.

RESULTADOS. En la figura 1 A-B se muestran imágenes representativas de la parte aérea y raíz de maíz cultivadas con MWCNTs de origen biótico con y sin biotransformación, suplementadas en concentraciones de 0, 10, 20 y 40 µg/semilla. Estas plántulas se conservaron en casa sombra durante veintiún días después de la siembra para su desarrollo. Los resultados sobre la influencia de estas nanopartículas sobre la longitud de la parte aérea se muestra en la figura 1C, en la cual se observa que la adición de MWCNTs con biotransformación en concentraciones de 20 µg/semilla con 30.54 cm fue el tratamiento

con el mayor aumento significativo con respecto al obtenido en las plántulas control, con 17.72 cm, para los tratamientos a concentración de 10 y 40 µg/semilla de MWCNTs naturales con biotransformación también se obtuvo un aumento significativo sobresaliente con respecto al control. Para la longitud de la raíz principal de igual forma el tratamiento de MWCNTs con biotransformación a concentración de 20 µg/semilla con 29.34 cm, fue el de mayor aumento significativo con respecto al control de 21.38 cm (Fig 1B).





Se observó que la adición de MWCNTs con y sin biotransformación estimuló el peso fresco del maíz, comparado con el control con un peso fresco de 1.01 g, siendo el tratamiento con 20 µg/semilla de MWCNTs con biotransformación el que mostró el mayor aumento de peso, con 2.1 g, es decir, más del doble alcanzado en las plantas control (Fig. 2A); mientras que para el peso seco el tratamiento que obtuvo un mayor aumento fue el de 20 µg/semilla de

MWCNTs con biotransformación con 0.23 g respectivamente, en comparación al control con 0.14 g (Fig. 2B).
En la concentración de clorofila total para los distintos tratamientos de maíz suplementados a 10, 20 y 40 µg/semilla de las nanopartículas a base de carbono con biotransformar, generó un aumento significativo, siendo el de 20 µg/semilla el de mayor aumento con 3.09 mg/g de clorofila total, en comparación a la del control con 1.33 mg/g, en los tratamientos de MWCNTs sin biotransformación a concentración de 20 y 40 µg/semilla también se encontraron diferencias significativas con respecto al control al igual que el tratamiento de *Trichoderma* sp. (Fig. 3).

CONCLUSIONES. Los hallazgos obtenidos en este trabajo de investigación, demostraron la capacidad de Trichoderma sp. para biotransformar las NPs bajo las condiciones experimentales que evaluamos. Esta biotransformación modificó e incremento la actividad de la planta de maíz, donde contribuyeron a la promoción del crecimiento vegetal, desde el desarrollo de partes aéreas como subterráneas y la biomasa, al mismo tiempo que estimulan la producción de pigmentos esenciales del desarrollo vegetal como la clorofila.

REFERENCIAS.

1. Perales, H., & Golicher, D. (2014). Mapping the Diversity of Maize Races inMexico. PLoS ONE, 11(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone
2. Khan, N., Mobin, M., Abbas, Z., AlMutairi, K., & Siddiqui, Z. (2017). Role of nanomaterials in plants under challenging environments. Plant Physiology and Biochemistry, 110, 194–209. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.038
3. Lara, J., Campos, J., Dasgupta, N., Borjas, S., Tiwari, D., Paraguay, F., Jiménez, S., Alonso, G., Gómez, M., Lindig, R., de la Cruz, H., & Villegas, J. (2017). Biological effects of carbon nanotubes generated in forest wildfire ecosystems rich in resinous trees on native plants. PeerJ, 2017(8), 1–15. https://doi.org/10.7717/peerj.3658
4. Juárez, G., Campos-García, J., Díaz-Pérez, S. P., Lara-Romero, J., Tiwari, D. K., Sánchez-Yáñez, J. M., la Cruz, H. R. de, Jiménez-Sandoval, S., & Villegas, J. (2021). Ligninolytic activity of the Penicillium chrysogenum and Pleurotus ostreatus fungi involved in the biotransformation of synthetic multi-walled carbon nanotubes modify its toxicity. PeerJ, 9. https://doi.org/10.7717/peerj.11127
5. Juárez, G., Gómez, M., Reyes, H., Campos, J., & Villegas, J. (2020). Multi-walled carbon nanotubes produced after forest fires improve germination and development of Eysenhardtia polystachya. 1–13. https://doi.org/10.7717/peerj.8634

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324182

LA FUNCIONALIZACIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO CON FOSFITOS, UNA ALTERNATIVA PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN Y BIOMASA EN SOLANUM LYCOPERSICUM

Marco Antonio Alemán Méndez[1*], Gladys Juárez-Cisneros[3], Javier Villegas-Moreno[2], D.K Tiwari[4]

1 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Marco.aleman@umich.mx

2 Laboratorio de Biotecnología microbiana, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. javier.villegas@umich.mx

3 Investigadora por México Conahcyt. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Ciudad de México. México. gladys.juarez@conahyt.mx

4 CONAHCYT-El Colegio de Michoacán/LADIPA, La Piedad, Michoacán México. dkt.phy@gmail.com

Palabras Clave: Nanopartículas, promotores del crecimiento, peso fresco, nanotecnología.

RESUMEN. En México, Solanum lycopersicum (jitomate) ocupa un lugar crucial tanto a nivel productivo como cultural, por lo cual buscar maneras de eficientizar y mejorar este cultivo es uno de los ejes más importantes de la investigación actual. En este contexto, la nanotecnología nos brinda alternativas a los fertilizantes tradicionales, siendo los nanotubos de carbono (NTC) una de las nanopartículas más estudiadas, ya que se ha reportado que tienen efectos positivos en la germinación y la biomasa de diferentes sistemas vegetales. Por otra parte, se ha documentado el efecto de los fosfitos como moléculas elicitoras y promotoras del crecimiento vegetal. En esta investigación, se planteó como objetivo evaluar el impacto que tienen los NTC y los fosfitos de forma individual sobre la germinación y la biomasa de S. lycopersicum, pero al mismo tiempo, analizar su efecto coordinado al diseñar NTC funcionalizados con fosfitos mediante un método covalente. Para ello, los NTC fueron oxidados con HNO_3 y H_2SO_4, para luego realizar la funcionalización con los fosfitos en proporciones 1:1, 1:10 y 10:1. Posteriormente, estas nanopartículas se usaron para vernalizar las semillas de S. lycopersicum durante 24 horas en tratamientos con 0, 30, 60 y 90 µg/ml cada uno. Las semillas fueron sembradas en cajas Petri, y se evaluó la germinación. Luego se trasplantaron en agrolita y se dejaron crecer durante 45 días para analizar su biomasa. Los resultados evidenciaron que los NTC funcionalizados con fosfitos no solo aceleró la velocidad de germinación de S. lycopersicum, sino que también aumentó significativamente la biomasa de esta solanácea, en mayor medida que con las plantas suplementadas NTC prístinos y los fosfitos individualmente. Lo que demuestra que la funcionalización de los NTC funcionalizados con fosfitos son una estrategia prometedora para mejorar el crecimiento de S. lycopersicum.

INTRODUCCIÓN. La nanotecnología ha mostrado tener aplicaciones significativas en diversos campos como, la medicina, la energía y la remediación ambiental, entre otros. En el área de la agronomía las nanopartículas demuestran ser una herramienta para abordar problemáticas agrícolas, para el control de plagas, la mitigación del estrés abiótico y biótico, así como aumentar la producción de los diferentes cultivos (Nel et al., 2009). Entre los

diferentes tipos de nanopartículas (NPs), los nanotubos de carbono (NTC) han adquirido relevancia debido a su capacidad de promover el crecimiento vegetal, numerosos estudios han reportado que los (NTC) pueden aumentar no solo la velocidad de germinación, sino también el porcentaje final de germinación, además también se ha reportado que son capaces de incrementar la biomasa vegetal en fases más avanzadas del desarrollo vegetal (Marlene Lariza Andrade Cuel, Lluvia Itzel López López, 2020). Entre los aspectos asociados de estas NPs al desarrollo vegetal se encuentran procesos esenciales como la fotosíntesis, y otros procesos fisiológicos esenciales para el desarrollo de la planta (Swift et al., 2019). Estas mejoras se suelen atribuir a las propiedades únicas de los NTC, como son su alta conductividad, su estabilidad química y la alta relación entre el diámetro y el área superficial entre otras. Una estrategia clave para potenciar las capacidades de los NTC en su aplicación en la agricultura es la funcionalización, esto implica la modificación de la estructura química, al adicionar grupos funcionales o moléculas más complejas a la pared del NTC, este proceso permite modificar las propiedades fisicoquímicas, y así optimizar su interacción con los diferentes modelos biológicos (Enyashin & Ivanovskii, 2007). En este contexto es de interés la funcionalización de los NTC con moléculas como los fosfitos que son moléculas capaces de desencadenar mecanismos de defensa, así como mejorar el desarrollo de la planta aumentando la absorción de nutrientes, y estimulando la resistencia contra estrés abiótico y biótico (Havlin & Schlegel, 2021).

ANTECEDENTES. El uso de nanotubos de carbono en sistemas vegetales ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a sus múltiples efectos positivos en los diferentes procesos del desarrollo vegetal. Por ejemplo (Wang et al., 2012) demostraron que la adición de NTC en Triticum aestivum promueve la elongación de la raíz, lo cual atribuyen a un aumento en la actividad de la enzima deshidrogenasa, enzima clave en el metabolismo celular, de manera similar (Martínez-Ballesta et al., 2016) encontraron que la aplicación de NTC en plantas de Brassica oleracea mejora tanto la germinación como el crecimiento, este efecto se asocia con una mayor absorción de agua así como un incremento en la asimilación neta del CO2, lo que favorece la fotosíntesis. Por otro lado en el caso de los NTC funcionalizados, (Cañas et al., 2008) reportaron que los NTC afectan positivamente la elongación de la raíz en diversas especies vegetales como, Cucumis sativus, Allium cepa, Lactuca sativa y Solanum lycopersicum , además observaron un aumento en la germinación total en las especies tratadas; por otro lado el uso de fosfitos evidenciaron que estos no solo estimulan el crecimiento y el metabolismo vegetal, sino que también aumentan la resistencia a patógenos especialmente de origen fúngico (Havlin & Schlegel, 2021) , sin embargo la información sobre la funcionalización de NTC con fosfitos, es nula, por lo que este estudio nos aportara información valiosa sobre si la funcionalización puede potenciar el desarrollo de Solanum lycopersicum.

OBJETIVO. Evaluar los efectos de los nanotubos de carbono funcionalizados con PO3 de manera covalente sobre la germinación y la biomasa de Solanum lycopersicum.

MATERIALES Y MÉTODOS. El primer paso para funcionalizar los nanotubos de carbono (NTC) mediante un método covalente consistió en oxidarlos con una mezcla de HNO_3 y H_2SO_4 (2:3 v/v), bajo agitación constante durante 24 horas. Posteriormente, los residuos ácidos se eliminaron por decantación, seguidos de lavados con agua destilada hasta neutralizar el pH. Los NTC se secaron en horno a 100 °C durante 24 horas. Una vez secos, los NTC se funcionalizaron con fosfitos en relaciones 10:1, 1:1 y 1:10 de NTC y fosfitos

respectivamente, durante un periodo de 8 horas. El precipitado resultante se lavó con metanol para eliminar residuos no funcionalizados de PO_3 y, finalmente, se secó la muestra en horno a 70 °C por 24 horas. Para los bioensayos con Solanum lycopersicum, se utilizaron tanto NTC funcionalizados y sin funcionalizar, junto con un control. Las semillas de jitomate se desinfectaron sumergiéndolas en etanol al 90% durante 7 minutos, seguidas de 5 lavados con agua destilada estéril. En el último lavado, las semillas se sumergieron en las soluciones que contenían NTC, PO3 y nanotubos funcionalizados, según el tratamiento correspondiente. La siembra se realizó en macetas con agrolita estéril, colocando 5 semillas por maceta, con 3 réplicas por tratamiento. Las plantas se cultivaron en invernadero bajo condiciones controladas de luz durante 45 días. Durante los primeros 10 días se evaluó el porcentaje y la velocidad de germinación. A los 45 días, se midieron la biomasa fresca y el peso seco, secando las plantas a 70 °C por 24 horas antes de pesarlas en balanza analítica.

RESULTADOS. Los resultados de germinación se muestran en la **tabla 1** pudo observarse que, al aplicar los tratamientos con NTC, PO_3 y los NTC funcionalizados, se aceleró la velocidad de germinación. Para el día 2, se observa que todos los tratamientos tienen efectos positivos en la velocidad de germinación, excepto los tratamientos con NTC 90 µg/ml y NTC-PO_3 (1:1) 90 µg/ml. Para el día 4, solo los tratamientos con NTC a 30 y 60 µg/ml, PO_3 a 60 y 90 µg/ml, y la funcionalización relación 10:1 a una concentración de 30 µg/ml mantuvieron porcentajes de germinación significativamente mayores en comparación con el control. Al día 8, los tratamientos NTC-PO_3 (10:1) a 30 y 60 µg/ml, PO_3 (1:1) a 30 µg/ml, y NTC-PO_3 (1:10) a 60 µg/ml presentaron resultados significativamente superiores en comparación con el control. En el porcentaje final de germinación, se observa que solo los tratamientos con PO_3 dan resultados positivos con respecto al control. Además, los tratamientos con funcionalización en la relación 10:1 a concentraciones de 30 µg/ml, así como en la relación 1:1 a la misma concentración, también mostraron resultados significativamente superiores que el control.

Germinación de semillas (covalente)							
Tratamientos	Concentración (µg /mL)	Días después de la siembra					
		0	2	4	6	8	10
Control	0	0	24	70	80	80	88
NTC	30	0	38 *	80 *	86	86	88
	60	0	44 *	82 *	86	86	90
	90	0	30	68	82	88	88
$(PO_3)^{-3}$	3	0	32 *	72	80	86	96 *
	6	0	36 *	78 *	80	84	96 *
	9	0	36 *	80 *	80	84	94 *
NTC-PO3 (10-1)	30	0	36 *	86 *	90 *	90 *	94 *
	60	0	42 *	78	84	92 *	94 *
	90	0	30	67	82	88	88
NTC-PO3 (1-1)	30	0	42 *	78	87	92 *	94 *
	60	0	38 *	60	72	72	90
	90	0	64 *	74	80	82	90

Germinación de semillas (covalente)							
NTC-PO_3 (1-10)	30	0	38 *	60	72	76	84
	60	0	52 *	76	76	90 *	90
	90	0	64 *	74	76	82	86

Tabla 1. *Germinación de Solanum lycopersicum cultivada con nanotubos de cabrono funcionalizados de forma covalente con fosfitos de manera covalente.*

En la **Fig. 1** se muestra el peso fresco de las plántulas 45 días después de la germinación, En el caso de los tratamientos con NTC y $(PO_3)^{-3}$ solos, se observó que las a 30 µg/ml presentaron diferencias significativas. Por otro lado, en la funcionalización con la relación 10:1, se observó un aumento considerable en el peso fresco a 30 µg/ml, siendo tres veces mayor que el control. Sin embargo, este efecto no se repitió en los tratamientos de 60 y 90 µg/ml. En cuanto a la funcionalización con la relación 1:1, se observaron diferencias significativas en las tres concentraciones, siendo la más efectiva la de 30 µg/ml. Finalmente, en la funcionalización con la relación 1:10, se obtuvieron resultados positivos en las tres concentraciones, destacando la de 90 µg/ml como la más efectiva. Estos resultados muestran cómo la funcionalización de los NTC con PO_3 mejora significativamente los resultados en comparación con el uso de NTC o PO_3 de manera individual.

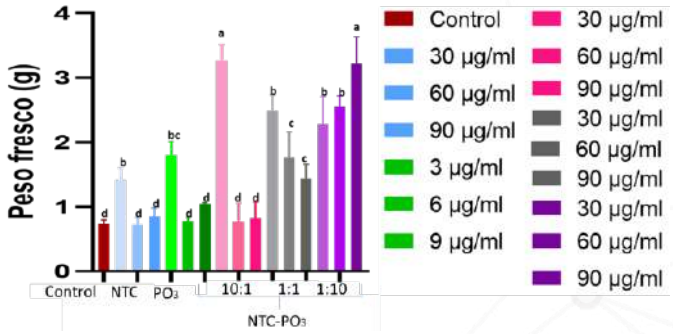


Figura 1. *Peso fresco de Solanum lycopersicum 45 días después de la siembra.*

Los resultados presentados en la **Fig. 2** muestran que los fosfitos y los NTC a 30 µg/ml tienen efectos positivos en comparación con las plántulas control. Sin embargo, las diferencias significativas se observan nuevamente con los NTC funcionalizados, que mantienen la consistencia en el peso fresco. Los tratamientos más efectivos fueron los NTC funcionalizados con la relación 10:1 a 30 µg/ml y la relación 1:10 a una concentración de 90 µg/ml.

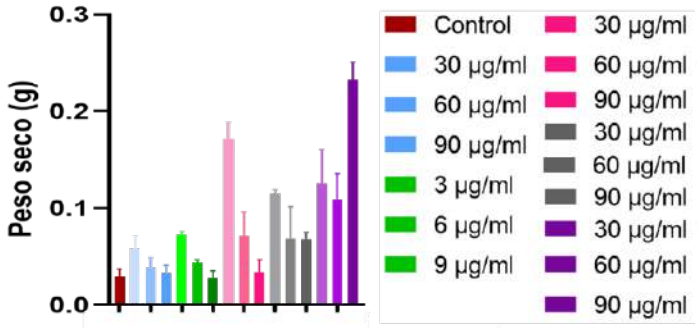


Figura 2. *Peso seco de Solanum lycopersicum 45 días después de la siembra.*

CONCLUSIONES. Los tratamientos NTC, PO3 y los NTC funcionalizados muestran un aumento en la velocidad de germinación en los primeros días, pero solo los fosfitos tienen un efecto significativo en el porcentaje final de germinación. En cuanto al peso fresco y seco, se observa que la unión covalente de NTC-PO3 genera mejores resultados en comparación con el uso de NTC o PO3 de manera individual. Esto demuestra que la funcionalización de los NTC con fosfitos estimula significativamente la biomasa de Solanum lycopersicum.

REFERENCIAS.

1. Cañas, J. E., Long, M., Nations, S., Vadan, R., Dai, L., Luo, M., Ambikapathi, R., Lee, E. H., & Olszyk, D. (2008). Effects of functionalized and nonfunctionalized single-walled carbon nanotubes on root elongation of select crop species. Environmental Toxicology and Chemistry, 27(9), 1922–1931. https://doi.org/10.1897/08-117.1
2. Enyashin, A. N., & Ivanovskii, A. L. (2007). Functionalization of carbon nanotubes by covalently bonded graphite nanoplatelets: a theoretical study. Mendeleev Communications, 17(4), 199–201. https://doi.org/10.1016/j.mencom.2007.06.003
3. Havlin, J. L., & Schlegel, A. J. (2021). Review of phosphite as a plant nutrient and fungicide. Soil Systems, 5(3), 1–19. https://doi.org/10.3390/soilsystems5030052
4. Marlene Lariza Andrade Cuel, Lluvia Itzel López López, A. S. C. (2020). Carbon nanotubes: Functionalization and biological applications. International Journal of Pharmaceutical Research, 12(sp2), 9–18. https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.sp2.569
5. Martínez-Ballesta, M. C., Zapata, L., Chalbi, N., & Carvajal, M. (2016). Multiwalled carbon nanotubes enter broccoli cells enhancing growth and water uptake of plants exposed to salinity. Journal of Nanobiotechnology, 14(1), 1–14. https://doi.org/10.1186/s12951-016-0199-4
6. Nel, A. E., Mädler, L., Velegol, D., Xia, T., Hoek, E. M. V., Somasundaran, P., Klaessig, F., Castranova, V., & Thompson, M. (2009). Understanding biophysicochemical interactions at the nano-bio interface. Nature Materials, 8(7), 543–557. https://doi.org/10.1038/nmat2442
7. Swift, T. A., Oliver, T. A. A., Carmen Galan, M., & Whitney, H. M. (2019). Functional nanomaterials to augment photosynthesis: Evidence and considerations for their responsible use in agricultural applications. Interface Focus, 9(1). https://doi.org/10.1098/rsfs.2018.0048
8. Wang, X., Han, H., Liu, X., Gu, X., Chen, K., & Lu, D. (2012). Multi-walled carbon nanotubes can enhance root elongation of wheat (Triticum aestivum) plants. Journal of Nanoparticle Research, 14(6). https://doi.org/10.1007/s11051-012-0841-5

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324183

EFECTO DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y FOTOPERIODO EN LA CRÍA Y REPRODUCCIÓN DE *Chrysoperla carnea* PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS

José Manuel Oregel Zamudio[1], Rodolfo Daniel Alcázar Marín[2], Guadalupe Oyoque Salcedo[3], Oscar Giovanni Gutiérrez Cárdenas[4], Jesús Rubén torres García[5], Ernesto Oregel Zamudio[6].

1 Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán, Justo Sierra 28, Col. Centro, 59510, Jiquilpan, Michoacán, México (joseoregel@outlook.com ; n-io@hotmail.es ; goyoque@ipn.mx ; jrtorresg@ipn.mx ; eoregel@ipn.mx)

4 Universidad de la Ciénaga del Estado de Michoacán de Ocampo (oggutierrez25@gmail.com

Palabras Clave: *Chrysoperla carnea*, control biológico, fecundidad, fotoperiodo, temperatura y humedad

RESUMEN. Ante los desafíos ambientales y de salud pública asociados con los plaguicidas químicos, el uso de controladores biológicos como Chrysoperla carnea ha ganado importancia. Este insecto depredador, perteneciente a la familia Chrysopidae del orden Neuroptera, es valorado por su papel en el control biológico de plagas, con larvas que son depredadoras voraces de una amplia variedad de insectos nocivos en la agricultura. En este estudio, evaluamos el efecto de diferentes condiciones de cría sobre la fecundidad, viabilidad de huevos y supervivencia de C. carnea, sometiéndolo a tres tratamientos distintos que varían en temperatura, humedad y fotoperiodo. Nuestros resultados muestran que el tratamiento con 25 ± 2 ºC, 40 ± 10 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad es el más efectivo, logrando una mayor fecundidad (41 huevos por hembra), una tasa de eclosión del 90% y un ciclo biológico reducido a 21 días. Las transiciones de larva a pupa representaron las etapas críticas con mayor mortalidad, destacando la necesidad de optimizar estas fases para mejorar la supervivencia. Concluimos que estas condiciones son las más adecuadas para la cría y reproducción de C. carnea, lo que podría potenciar su uso en programas de manejo integrado de plagas (MIP), reduciendo la dependencia de plaguicidas químicos.

INTRODUCCIÓN. La agricultura moderna enfrenta el desafío continuo de controlar las plagas de manera efectiva y sostenible. El uso extensivo de plaguicidas químicos, aunque eficaz, ha llevado a problemas ambientales significativos como la contaminación del suelo y del agua, la reducción de la biodiversidad y riesgos para la salud humana. En este contexto, el control biológico surge como una alternativa prometedora, ofreciendo soluciones más sostenibles y menos perjudiciales al medio ambiente (Errard et al., 2016).
Chrysoperla carnea se ha identificado como un agente de control biológico particularmente efectivo, capaz de prevenir daños a una amplia variedad de cultivos agrícolas mediante la depredación de plagas comunes como áfidos y cochinillas (Mena et al., 2020). Este insecto depredador no solo se adapta bien a diferentes condiciones ambientales, sino que también puede ser criado en masa para su liberación en los campos, lo que representa un método

de control de plagas económicamente viable. Sin embargo, su éxito en programas de manejo integrado de plagas depende en gran medida de las condiciones bajo las cuales se cría y libera. Estudios han mostrado que la temperatura, humedad y la composición de la dieta tienen un impacto significativo en su supervivencia y eficacia predadora. Además, es crucial evaluar su compatibilidad con los insecticidas utilizados en el campo para evitar efectos adversos sobre su población.

ANTECEDENTES. Como lo describe Errard (2016) el control biológico ha emergido como una estrategia fundamental para abordar estos desafíos, promoviendo el uso de organismos naturales como depredadores, parasitoides y patógenos para gestionar las poblaciones de plagas de manera efectiva y ecológico. Entre los depredadores naturales, Chrysoperla carnea, conocida comúnmente como la crisopa verde, ha demostrado ser un agente de control biológico altamente eficaz. Este depredador generalista se alimenta de una amplia variedad de plagas agrícolas, incluyendo áfidos, cochinillas, ácaros y larvas de lepidópteros, lo que lo convierte en un candidato ideal para el manejo integrado de plagas. La capacidad para adaptarse a diferentes entornos y su dieta generalista potencian su utilidad en diversas situaciones agrícolas. Los estudios de Gutiérrez (2022), han demostrado que este depredador no solo reduce las poblaciones de plagas, sino que también puede actuar como vector de baculovirus, lo cual añade una dimensión adicional a su eficacia en el control biológico. Además, exploró las interacciones entre Chrysoperla carnea y baculovirus, destacando cómo estos depredadores pueden actuar como vehículos de dispersión de virus entomopatógenos, lo que aumenta su eficacia en el control de plagas. El control de plagas en la agricultura es un desafío constante debido a los significativos impactos negativos que las plagas pueden tener en la producción de cultivos. Tradicionalmente, los plaguicidas químicos han sido la solución predominante para mitigar estos problemas; sin embargo, su uso extensivo está asociado con graves consecuencias ambientales y para la salud humana. Entre los problemas más críticos se encuentran la contaminación del suelo y del agua, la reducción de la biodiversidad y los riesgos para la salud pública, tales como enfermedades crónicas y agudas provocadas por la exposición a estos productos químico, mencionados por Huerta (2023). Estas preocupaciones han motivado una búsqueda intensiva de métodos de control de plagas más sostenibles y seguros.

OBJETIVO. Evaluar el impacto de diferentes condiciones de temperatura, humedad y fotoperiodo sobre la cría y reproducción de Chrysoperla carnea en condiciones controladas para su posterior propagación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar el efecto de la temperatura sobre el ciclo biológico de Chrysoperla carnea, especialmente en la transición entre los estadios larvarios y la fase de pupa. Analizar la influencia de la humedad relativa en la supervivencia y fecundidad de las hembras de Chrysoperla carnea. Evaluar el impacto del fotoperiodo en la longevidad y comportamiento reproductivo de Chrysoperla carnea. Identificar las etapas críticas del ciclo biológico de Chrysoperla carnea que presentan mayor mortalidad, y proponer mejoras en las condiciones de cría para minimizar pérdidas.

MATERIALES Y MÉTODOS. La cría de Chrysoperla carnea se realizó en el laboratorio de fitopatología del CIIDIR, unidad Michoacán, bajo tres condiciones controladas: T1 (18 ± 2 ºC, 20 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L), T2 (25 ± 2 ºC, 40 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L) y

T3 (30 ± 2 ºC, 60 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L), siguiendo el protocolo de Gutiérrez (2022). Los insectos fueron criados desde huevo hasta adulto, con monitoreo diario de cada fase del ciclo de vida.

Se registraron el número de individuos vivos (nx), muertos (Dx) y se calcularon parámetros como la probabilidad de muerte (dx), tasa de mortalidad (qx), probabilidad de supervivencia (px) y esperanza de vida (ex). Las larvas en fase L1, proporcionadas por Koppert México, se trasladaron a cámaras de cría con separadores de zigzag y cascarilla de trigo sarraceno para reducir la depredación intraespecífica. Las larvas fueron alimentadas con una mezcla de Ephestia kuehniella (16.67%) y Artemia spp. (83.33%), y huevos de Sitotroga cerealella para futuras generaciones. Al alcanzar la fase L2, las larvas fueron individualizadas en vasos de plástico (8 cm de alto x 7.5 cm de diámetro), divididas en dos grupos con diferentes cantidades de alimento (0.01 g y 0.05 g), y mantenidas en tres casilleros con 30 espacios cada uno. El cambio de fase se monitoreó diariamente, y las larvas muertas fueron retiradas. En la fase de pupa, se trasladaron a cámaras de cría para la emergencia de los adultos, acondicionadas con gasas para evitar su escape y facilitar la ovoposición. Se colocaron 30 pupas por cámara, con tres cámaras en total, una para cada tratamiento. Al emerger los adultos, se les proporcionó un bebedero con una mezcla de 70% agua destilada y 30% agua purificada, y se realizó el conteo de crisopas cada 24 horas. Los huevos recolectados fueron contabilizados con una lámina contadora y documentados detalladamente, asegurando un registro preciso de las transiciones y cambios de fase durante todo el experimento.

RESULTADOS. El estudio evaluó el impacto de tres tratamientos con diferentes condiciones de temperatura, humedad y fotoperiodo en la cría de *Chrysoperla carnea*. Los principales parámetros biológicos medidos fueron el periodo de preoviposición, la fecundidad, la tasa de eclosión de huevos, la longevidad y la ratio sexual.

Parámetro	Media
Periodo de preoviposición (días)	5
Fecundidad (huevos/hembra)	23
Eclosión de huevos %	80%
Longevidad (días)	60
Ratio sexual (% H)	47.2%

Tabla 1. *Parámetros biológicos de hembras del tratamiento 1*

El tratamiento T1 (18 ± 2 ºC, 20 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L) mostró un periodo de preoviposición relativamente largo (5 días) y una fecundidad moderada de 23 huevos/hembra por día. Aunque presentó un buen porcentaje de eclosión (80%), la longevidad fue la más alta entre los tres tratamientos (60 días).

Parámetro	Media
Periodo de preoviposición (días)	3
Fecundidad (huevos/hembra)	41
Eclosión de huevos %	90%
Longevidad (días)	45
Ratio sexual (% H)	50.43%

Tabla 2. *Parámetros biológicos de hembras del tratamiento 2*

El tratamiento T2 (25 ± 2 ºC, 40 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L) fue el más efectivo, con la mayor fecundidad (41 huevos/hembra por día), la mejor tasa de eclosión (90%) y una longevidad media de 45 días. Estos resultados son ideales para el uso de *C. carnea* en programas de control biológico.

Parámetro	Media
Periodo de preoviposición (días)	3
Fecundidad (huevos/hembra)	38
Eclosión de huevos %	30%
Longevidad (días)	25
Ratio sexual (% H)	**51.8%**

Tabla 3. *Parámetros biológicos de hembras del tratamiento 3*

El tratamiento T3 (30 ± 2 ºC, 60 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L) presentó una fecundidad similar a la del tratamiento T2 (38 huevos/hembra), pero la tasa de eclosión de huevos fue considerablemente menor (30%), y la longevidad de las hembras fue la más baja (25 días).



Figura 1. *Fecundidad por Tratamiento (huevos/hembra por día)*

Fig. 1. Comparación de la fecundidad en los tres tratamientos de cría de *Chrysoperla carnea*. El tratamiento T2 muestra la mayor fecundidad, seguido por el tratamiento T3, mientras que el tratamiento T1 presenta la menor fecundidad.

Tratamiento	Huevo	L1	L2	L3	Pupa	Total (huevo-adulto)
T1	6	3	5	4	13	29
T2	3	2	4	3	9	21
T3	2	3	4	3	10	22

Tabla 4. *Duración promedio (en días) de los estadios de desarrollo de Chrysoperla carnea*

El tratamiento T2 fue el más eficiente, reduciendo el tiempo de desarrollo de *C. carnea* y acelerando su transición a la fase adulta, lo que es crucial para su implementación en programas de manejo integrado de plagas. La mortalidad más alta se presentó en las transiciones larvarias L2-L3 y L3-pupa, con tasas de 0.17% y 0.18%, respectivamente. Sin embargo, la probabilidad de supervivencia mejoró significativamente en la fase adulta (0.98%), lo que sugiere que, una vez superadas las etapas críticas, los individuos tienen una alta probabilidad de contribuir a la reproducción de la población.

CONCLUSIONES. El estudio demostró que las condiciones ambientales de temperatura, humedad y fotoperiodo influyen significativamente en la cría y reproducción de Chrysoperla carnea. El tratamiento T2 (25 ± 2 ºC, 40 ± 10 % RH, fotoperiodo 16:8 L) resultó ser el más

efectivo, logrando una mayor fecundidad, tasa de eclosión de huevos y un ciclo biológico más corto en comparación con los otros tratamientos. Estos hallazgos son cruciales para optimizar la cría de C. carnea en condiciones controladas, lo que permite su uso eficiente en programas de manejo integrado de plagas, reduciendo así la dependencia de plaguicidas químicos. Además, se identificaron las etapas críticas del ciclo biológico (transiciones L2-L3 y L3-pupa) donde la mortalidad fue más alta, lo que resalta la importancia de mejorar las condiciones durante estas fases para maximizar la supervivencia. En general, las condiciones controladas bajo el tratamiento T2 proporcionan un marco óptimo para la cría y reproducción de C. carnea, lo que puede facilitar su implementación a gran escala en la agricultura sostenible.

REFERENCIAS.

1. Errard, A., Ulrichs, C., Kühne, S., Mewis, I., Mishig, N., Maul, R., Drungowski, M., Parolin, P., Schreiner, M., & Baldermann, S. (2016). Metabolite profiling reveals a specific response in tomato to predaceous Chrysoperla carnea larvae and herbivore(s)-predator interactions with the generalist pests Tetranychus urticae and Myzus persicae. Frontiers in Plant Science, 7, 1256. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01256
2. Gutiérrez, O. G. (2022). Study of interactions between predators and Alphabaculoviruses (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas.
3. Huerta, A., Díaz, M. A., & Aragón, M. (2023). Parámetros poblacionales de Chrysoperla carnea en condiciones de laboratorio en Puebla. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 14(29 Suppl Especial), e3546. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i29.3546
4. Mena, Y. M., Mesa, N. C., Escobar, A., & Pérez, S. (2020). Evaluation of Phytoseiidae mites and Chrysoperla carnea (Stephens) on the control of Tetranychus urticae in Carica papaya L. Agronomía Colombiana, 38(1), 101-109. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.73271

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324187

EFECTOS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS ELECTROLIZADAS EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LECHUGA EN HIDROPONÍA CON TÉCNICA NFT

Suárez-Sánchez, Mónica Fernanda, Montañez-Soto, José Luis[1], Oyoque-Salcedo, Guadalupe[1], Villar-Luna, Edgar[1], Arias-Martínez, Sergio[1], Oregel-Zamudio, Ernesto[1]

1Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán, Justo Sierra 28, Col. Centro, 59510, Jiquilpan, Michoacán, México (msuarezs2200@alumno.ipn.mx; eoregel@ipn.mx)

Palabras Clave: Crecimiento vegetal, Desarrollo de lechuga, Electrólisis, Hidroponía, Técnica de película nutritiva

RESUMEN. La hidroponía es una técnica agrícola innovadora que permite el cultivo de plantas sin suelo, utiliza soluciones nutritivas que proporcionan todos los elementos esenciales para el crecimiento. En los sistemas hidropónicos, la técnica de película nutritiva es ampliamente utilizada por su eficiencia en la administración de nutrientes. Sin embargo, la calidad y composición de las soluciones nutritivas juegan un papel crucial en el desarrollo de las plantas. Aquí evaluamos el impacto de soluciones nutritivas electrolizadas en el crecimiento y desarrollo de lechuga un sistema hidropónico con técnica NFT (Ayres et al., 2022). Nuestros resultados muestran que las soluciones nutritivas sometidas a electrólisis mejoran significativamente la absorción de nutrientes, lo que se traduce en un mayor crecimiento de las plantas y una mayor eficiencia en el uso del agua en comparación con las soluciones no electrolizadas. En comparación con los métodos tradicionales, las plantas tratadas con soluciones electrolizadas presentaron un aumento en la biomasa y en la calidad general de las hojas, reduciendo simultáneamente el tiempo necesario para alcanzar la madurez. Estos hallazgos sugieren que la electrólisis de soluciones nutritivas puede ser una herramienta efectiva para optimizar la producción de cultivos en sistemas hidropónicos, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola mediante el uso más eficiente de los recursos.

INTRODUCCIÓN. La hidroponía, un método de cultivo sin suelo que utiliza soluciones nutritivas acuosas para proporcionar los nutrientes esenciales a las plantas. En los sistemas hidropónicos, la técnica de película nutritiva es ampliamente utilizada por su eficiencia en la administración de nutrientes debido a que la calidad y composición de las soluciones nutritivas juegan un papel crucial en el desarrollo de las plantas (Choez Morales, 2019). A pesar de las ventajas que ofrecen este tipo de sistemas, se han encontrado problemas por deficiencia de algunos nutrimentos en platas cultivadas por este medio. Para que las soluciones nutritivas utilizadas dentro de los sistemas hidropónicos proporcionen la nutrición adecuada es necesario que el agua esté libre de exceso de sales y minerales debido a que esto va a afectar el rango adecuado del pH para que los nutrientes estén disponibles para la planta (Cajo-Curay, 2016). Por otro lado, la electrólisis combina principios de electricidad y química, en el que la electroquímica analiza las interacciones entre fenómenos químicos acompañados por intercambios de energía eléctrica y describe

las transformaciones de la materia a nivel atómico mediante cambios de carga electrónica controlados por dispositivos eléctricos (Mantell, 2021). Estas transformaciones, conocidas como reacciones de oxidoreducción, implican la transferencia de electrones entre especies químicas en una celda electrolítica, donde se produce la oxidación en el ánodo y la reducción en el cátodo (Xu et al., 2021). En relación con la hidroponía, la solución nutritiva utilizada en el cultivo de plantas contiene varios iones esenciales, tales como nitrato (NO_3^-), potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}), hierro (Fe-EDTA), zinc (Zn-EDTA), cobre (Cu-EDTA) y sodio (Na^+) (Herrera et al, 2023). La electrólisis de esta solución nutritiva moviliza la disponibilidad de estos nutrientes y mejora la nutrición de las plantas.

ANTECEDENTES. La hidroponía, ha tenido aplicaciones desde la década de 1930 documentadas por Gericke, la cual ha evolucionado significativamente, por permitir el cultivo de plantas en ambientes controlados y con optimización en el uso de recursos como el agua y los nutrientes (Cajo-Curay, 2016). Este sistema es especialmente útil en áreas con suelos pobres o donde el espacio es limitado, como en entornos urbanos. La técnica NFT es uno de los sistemas hidropónicos más difundidos en la actualidad y se desarrolló en la década de los 60´s en Inglaterra por el Dr. Allan Cooper (Jaimes et al., 2019). Para aprovechar mayormente los sistemas NFT, se optó por la aplicación del método de hidrolisis de la solución nutritiva, el cual a pesar de ser de reciente aplicación en la agricultura existe trabajos que respaldan que este puede mejorar la nutrición y salud de las plantas que promueven el crecimiento por generar soluciones nutritivas enriquecidas con oxígeno y permitir controlar propiedades como el pH, la salinidad, y el contenido de oxidantes, medido como cloro libre disponible (Panicheva y Sampson, 2015). Respecto a la hidroponía, estas soluciones nutritivas electroquímicamente tratadas pueden utilizarse porque mejora la gestión del agua, y la reducción de olores, además pueden ser ciclicadas a través del sistema hidropónico de manera continua o intermitente para proporcionar nutrientes y controlar el crecimiento de algunas bacterias y hongos (Steffen, 2015).

OBJETIVO. Objetivo general. Evaluar el efecto del electrólisis de soluciones nutritivas en el desarrollo de un cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa L.*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar las condiciones para generar la hidrólisis de una solución nutritiva para ser aplicada a un sistema hidropónico. Evaluar los efectos de soluciones nutritivas electrolizadas en el crecimiento y desarrollo de lechugas en sistema hidropónico con técnica de película nutritiva (NFT).

MATERIALES Y MÉTODOS. Se adquirió el empaque de Solupongics® Lechuga estándar A+B específica para lechugas hidropónicas que rinde 1000 L, tanto la bolsa “A” como la bolsa “B” fueron diluidas en 10 L de agua en recipientes por separado y para preparar los 50 L se colocaron 0.5 mL de la solución A y 0.5 mL de la solución B en los tanques de almacenamiento para la solución nutritiva. La solución nutritiva estuvo conformada por NO3, NH4, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Cu, Mn y Mo. El equipo de electrólisis consistió en 8 electrodos de grafito de fundición electroquímica (OEM con 99% de pureza, Generic, México), cada uno de 1 cm de diámetro y 10 cm de largo. Se formaron dos grupos de cuatro electrodos cada uno conectados a una fuente eléctrica (SPS-C3010, KEATRONIC, China) mediante caimanes eléctricos, se sumergieron en la solución nutritiva y se suministró un voltaje de 9 V durante 16h. Material vegetal. Se utilizó lechuga italiana verde (Lactuca sativa) variedad Starfinge. La germinación se realizó en charolas con sustrato estéril. El

sustrato consistió en una mezcla de vermiculita y turba, colocadas a una profundidad de 0.5 cm y se hidrataron uniformemente con agua destilada. Las charolas se mantuvieron en un ambiente controlado a una temperatura constante de 22-24°C y una humedad relativa del 70-80%. Las plántulas crecieron en las charolas hasta desarrollar al menos siete hojas verdaderas, momento en el cual se consideraron listas para el trasplante al sistema hidropónico (Choez-Morales, 2019). A partir del quinto día y hasta el décimo día de germinación, se suministró una solución nutritiva hidrolizada a mitad de dosis. Después del décimo día, se aplicó la dosis completa de la solución nutritiva también hidrolizada. El trasplante al sistema hidropónico se realizó el día 30. Las plántulas, se colocaron en canastillas hidropónicas que se introdujeron en los orificios de los tubos de PVC del sistema hidropónico NFT. Las plantas se fertilizaron mediante la recirculación de la solución nutritiva durante 15 minutos, seguidos de un período de descanso de 60 minutos. El día 45, se realizó un cambio completo de la solución. La temperatura de la solución nutritiva se mantuvo entre 18-22°C, mientras que el pH se ajustó regularmente para mantenerse en un rango de 6 a 6.5 y la conductividad eléctrica (CE) se mantuvo en un rango de 1.5 a 2.5 mS/cm (Ayres et al., 2022). Diseño experimental. Se establecieron dos tratamientos diferentes para evaluar el impacto de las soluciones nutritivas electrolizadas en el crecimiento y desarrollo de las lechugas. El primer tratamiento, denominado Agua Electrolizada (T1), consistió en lechugas tratadas con agua electrolizada y segundo tratamiento, denominado Control, cada uno fue replicado tres veces, con un total de 30 plantas por tratamiento con distribución aleatoria. Evaluación de lechugas. El primer muestreo se realizó en el día 36 posterior a la germinación, siguiendo el manejo agronómico descrito anteriormente. Se seleccionaron aleatoriamente tres plantas de cada tratamiento. Este procedimiento se repitió en los días 42, 48, 54 y 60 del ciclo fenológico del cultivo. Se contabilizó el número total de hojas por planta, masa fresca de raíz y parte aérea se determinó utilizando una balanza de precisión con una sensibilidad de 0.01 g, se separaron las plantas en raíz y parte aérea, y pesando cada parte por separado. Se midió la parte aérea como altura de la planta y el largo de la raíz. La masa seca de raíz y parte aérea se obtuvo colocando las muestras frescas en un horno de circulación forzada de aire a una temperatura de 65°C hasta alcanzar un peso constante, lo que tomó aproximadamente 72 horas. Posteriormente, se determinó el peso seco utilizando una balanza de precisión. El contenido de clorofila se midió con un medidor de clorofila (SPAD 502 Plus, FieldScout CM, Japón), las mediciones realizaron entre las 8 y las 10 de la mañana en la hoja con mayor actividad fotosintética, y tomando cuatro lecturas por hoja (dos en el lado izquierdo y dos en el lado derecho) para calcular el promedio (Tellez et al., 2023). Análisis Estadístico. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Previamente, se realizaron análisis de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y análisis de homocedasticidad mediante la prueba de Levene para asegurar la validez de los supuestos del ANOVA. Posteriormente, se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey para identificar diferencias específicas entre tratamientos con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. El análisis se llevó a cabo con el uso del software RStudio, versión 4.2.3.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos (Fig. 1) mostraron que las plantas tratadas con agua electrolizada presentaron un crecimiento significativamente superior en comparación con el control en todos los parámetros evaluados. A partir del día 20, se observaron diferencias notables en la altura, número de hojas, peso fresco, peso seco y tamaño de la raíz. Al finalizar el estudio, las plantas tratadas electrolíticamente alcanzaron una altura

promedio de 25 cm, en comparación con los 20 cm de altura del control. Además, el número de hojas fue mayor en las plantas tratadas, superaron las 30 hojas frente a las 25 del control. El peso fresco y seco también fue mayor en las plantas tratadas, con 35 g y 15 g, respectivamente, frente a los 25 g y 10 g del control. El tamaño de la raíz en las plantas tratadas alcanzó 17 cm, mientras que en el control fue de 12 cm. Estas diferencias se deben a las propiedades del agua electrolizada, que mejora la absorción de nutrientes y promueve una mayor actividad fotosintética y fisiológica gracias a la presencia de especies oxigenadas activas sin dañar los tejidos vegetales. La tecnología de soluciones electrolizadas, como lo indican estudios previos, fomenta el crecimiento y protege las plantas de manera sistémica al generar radicales oxidativos que mejoran la salud vegetal sin el uso de químicos dañinos.

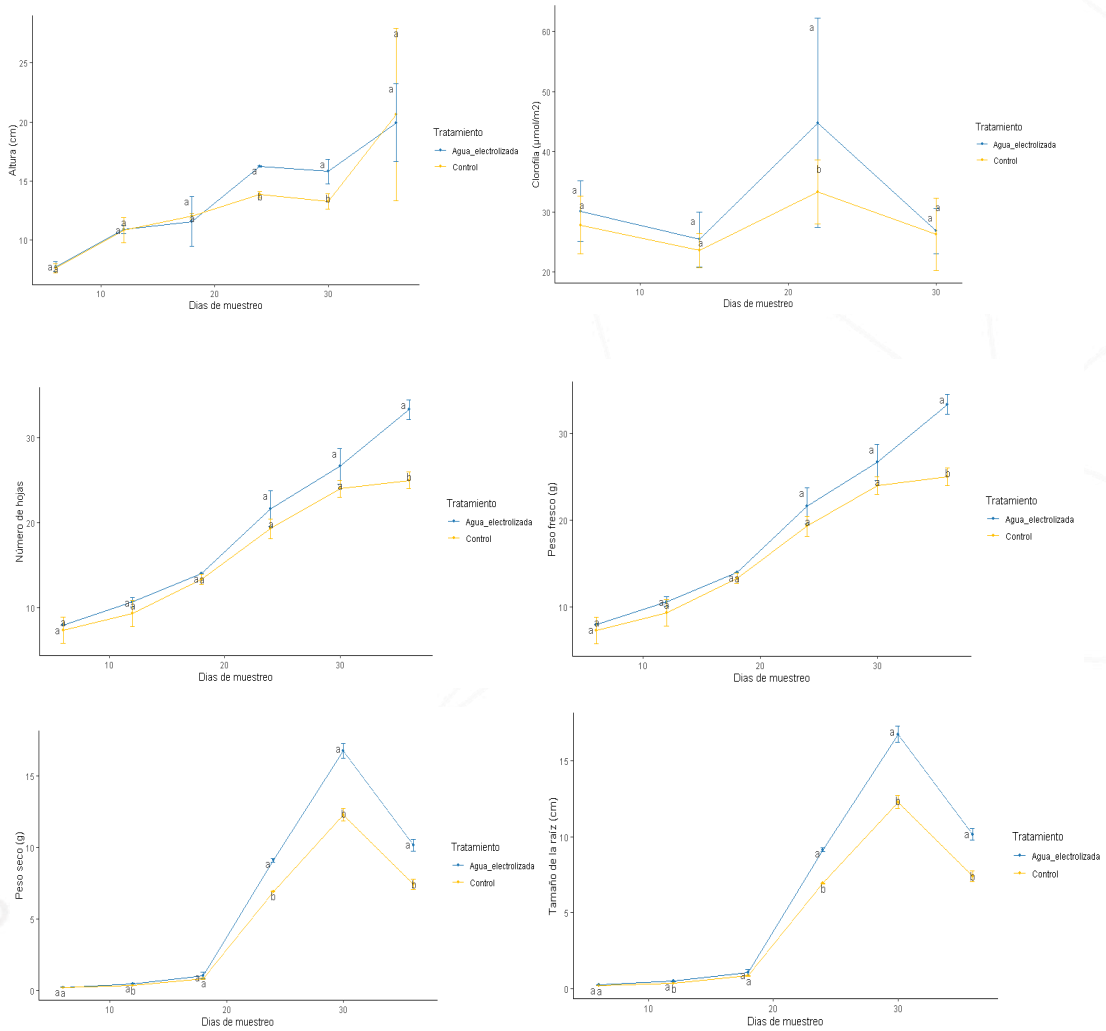


Figura 1. *Parámetros evaluados de las plantas tras diferentes tratamientos de electrólisis. Cada barra de los puntos de muestreo representa la mediana de la altura de las plantas, cantidad de clorofila, número de hojas, peso seco, peso fresco y tamaño de la raíz para cada tratamiento, extendiéndose desde el mínimo al máximo valor. Las diferencias significativas están marcadas por letras, que indican significancia estadística a un nivel de 0.05 según ANOVA y prueba de Tukey. Tratamientos: Solo Agua Electrolizada AE (T1) y Control (T2).*

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la aplicación de soluciones nutritivas electrolizadas en el cultivo hidropónico de lechuga bajo la técnica NFT promueve un crecimiento y desarrollo significativamente superior en comparación con las soluciones no electrolizadas. Las plantas tratadas con agua electrolizada presentaron mayor altura, número de hojas, biomasa fresca y seca, así como un desarrollo radicular más extenso. Estos efectos pueden atribuirse a la capacidad de las soluciones electrolizadas para mejorar la disponibilidad de nutrientes, aumentar la eficiencia en la absorción y optimizar la actividad fotosintética. Asimismo, el control de patógenos sin recurrir a químicos dañinos contribuye a una mejor salud vegetal, lo que respalda el uso de esta tecnología como una herramienta sostenible y eficiente para mejorar la productividad en sistemas hidropónicos. Estos hallazgos sugieren que las soluciones nutritivas electrolizadas pueden ser una estrategia viable para incrementar la producción agrícola, reduciendo el tiempo necesario para que las plantas alcancen la madurez y optimizando el uso de los recursos.

REFERENCIAS.

1. Ayres, J., Grasso, R., & Berrueta, C. (2022). Control de la solución nutritiva hidropónica (NFT) basado en el pH y la conductividad: luces y sombras. Hortifruticultura, 71, 108-112.
2. Cajo Curay, A. M. (2016). Producción hidroponica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas.
3. Choez Morales, V. A. (2019). Cultivando lechuga (Lactuca sativa L.), bajog condiciones de hidroponía con concentraciones crecientes de una solución nutritiva a nivel de invernadero.
4. Herrera, A. L., de la Rosa Rodríguez, R., & Téllez, L. I. T. (2023). Producción de lechuga (Lactuca sativa l.) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva. Bioagro, 35(2), 113-122.
5. Jaimes Terceros, M., & Blanco Villacorta, W. (2019). Establecimiento de un sistema hidropónico con la técnica de película nutritiva (NFT) en el cultivo de Lechuga (Lactuca sativa L.) en la Estación Experimental Patacamaya, La Paz. Apthapi, 5, 1608.
6. Mantell, C. L. (2021). Ingeniería electro-química: Reverté.
7. Panicheva, S., & Sampson, M. N. (2015). Electrochemically treated nutrient solutions. In: Google Patents.
8. Steffen, H. (2015). Systemic crop protection method for controlling mycoses, bacterioses and viroses using injector technology and neutral electrolyzed mineral water as a biocide. In: Google Patents.
9. Tellez, H. O., Leroy, K. A., Machado, L. T. S., Capuani, S., Jacon, C. P. R. P., & Bôas, R. L. V. (2023). DESENVOLVIMENTO DA ALFACE (Lactuca sativa) EM HIDROPÔNIA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA. IRRIGA, 28(1), 148-163.
10. Xu, Y., Wang, C., Huang, Y., & Fu, J. (2021). Recent advances in electrocatalysts for neutral and large-current-density water electrolysis. Nano Energy, 80. doi:10.1016/j.nanoen.2020.105545.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324188

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE HIDRÓLISIS DE FRUCTANOS DE AGAVE CUPREATA PARA LA OBTENCIÓN DE JUGOS RICOS EN AZÚCARES LIBRES

***Eduardo Magaña Rodriguez*[1]**
1Instituto Tecnológico de Morelia: maquinaroja2010@gmail.com

Palabras Clave: Agave cupreata, piña de agave, hidrolisis térmico, fructooligosacáridos

RESUMEN. El sirope o jugo de agave está compuesto principalmente por fructosa (70%) y glucosa (25%), es un potente endulzante, y aporta más calorías que el azúcar de caña. Tiene mayor poder edulcorante que el azúcar común, ya que este endulza 15 veces más. El Agave cupreata es una especie muy utilizada en Michoacán, casi exclusivamente para la elaboración de mezcal. El objetivo de este trabajo es estudiar la liberación de azúcares de las piñas de Agave cupreata mediante hidrólisis térmica. Diferentes condiciones de cocimiento de las piñas de agave (PA) se exploraron, en las que la presión, la temperatura, el tiempo y el tamaño de los fragmentos de las piñas de agave se variaron en el diseño experimental propuesto. Las PA se limpiaron, se cortaron en trozos y se sometieron a hidrólisis térmica con base en las variables definidas en el diseño experimental. El jugo de los trozos de las PA se extrajo mediante una prensa de tornillo sin fin y se determinaron los grados Brix, azúcares reductores, concentración de sólidos solubles, pH, color y rendimiento de jugo en cada muestra. El tratamiento térmico con la mayor concentración de azúcares fue en autoclave con trozos pequeños de PA a 1,773 kPa, 121 °C y 1.5 h de exposición, en el que se obtuvieron 61.47 g/L de azúcares reductores, 21 °Brix, 97.3 ppm de solidos solubles, además de un alto rendimiento de jugo (21.33 mL extraídos/33.9 g PA). El tratamiento que resultó con el menor contenido de azúcares reductores fue con trozos grandes de PA, a 1,489 kPa, 94 °C y 0.5 h de exposición, en el que se obtuvieron 0.0061 g/L de azúcares reductores, 7.33 °Brix y 208.67 ppm de solidos solubles, con un rendimiento de jugo de 78.82%

INTRODUCCIÓN. En México la crianza de agave tequilero es una de las principales actividades en diversos estados como lo son Jalisco, Guanajuato, Michoacán de Ocampo, Nayarit y Tamaulipas. (De Información Agroalimentaria y Pesquera, 2022), Michoacán cuenta con 3,522 hectáreas sembradas de agave en 36 municipios. Los municipios de La Piedad, Morelia, Queréndaro, Jiquilpan, Los Reyes, Tocumbo, Peribán y Jiménez destacan por su mayor producción de agave. (De Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018). Los agaves se han aprovechado durante siglos como fuente de alimento, materia prima para producir bebidas fermentadas, medicina, combustible, cobijo, material de construcción y para ornato (Beneficios del Agave cupreata, 2018). Las piñas del Agave tequilana Weber contienen aproximadamente un 75% de carbohidratos, de los cuales se han identificado glucosa, dextrinas, almidón y principalmente inulina. El agave azul es la variedad que contiene la mayor cantidad de inulina (20-24%). Cuando un agave tiene un

contenido de azúcares reductores del 20% o menor, es considerado de baja calidad y si presenta entre el 25 y 30 % es de buena calidad (Acta Universitaria, 2001).

ANTECEDENTES.

Referencia	Especie de agave	Condiciones de operación
Montañez-Soto, 2011	*Agave tequilana Weber*	60ºC por 30 min 50ºC por 60 min *saccharomyces cerevisiae*
Caballero 2014	*Agave americana*	110°C por 10 horas 7.3l g de ARD/100g
Lopez Bonilla, 2010	*Agave Tequiliana Waber y Agave Angustifolia Haw*	80 ºC por 90 – 120 min 15.94 g/100 mL a 103.3 g/100 mL
Vargas-Vázquez, 2009	*Agave salmiana*	80 ºC por 30 min extracción del 95% de ART

OBJETIVO. Estudiar las condiciones de hidrolisis de fructanos de piña de Agave cupreata para obtener jugos ricos en azucare libres

OBJETIVOS PARTICULARES. Establecer un diseño experimental mediante la selección de los valores de tiempo, temperatura y presión. Someter a las muestras de piña de Agave cupreata a los tratamientos de hidrólisis establecidos en el diseño experimental a través del control de las variables independientes. Determinar el grado de hidrólisis de los fructanos de las piñas de Agave cupreata a partir de la cuantificación de azúcares reductores, grados Brix, concentración de sólidos solubles, color y rendimiento del jugo extraído. Identificar el mejor tratamiento de hidrólisis mediante un análisis estadístico de los resultados experimentales obtenidos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Determinación de grados ºBrix en las muestras de jugo extraído. Los grados Brix se determinaron con un refractómetro portátil de la marca Tyenaza con una escala de 0 a 100 º Brix, colocando una gota de jarabe a 20 ºC en el prisma del refractómetro.

Cuantificación de azúcares reductores en las muestras de jugo extraído. El método de Miller (1959) se utilizó para cuantificar los azucares reductores presentes en las muestras de jugo de agave. Se tomo 1 mL de jugo y se diluyo a una proporción 10^{-3}. A 1 mL de muestra apropiadamente diluida se le agrego 1 mL de reactivo DNS. Los tubos de ensaye con la mezcla de reacción se sometieron a ebullición es un baño de agua durante 15 minutos. Los tubos se enfriaron a temperatura ambiente y se determinó la absorbancia en un espectro fotómetro a 540 nm. Como estándar se utilizó dextrosa grado reactivo

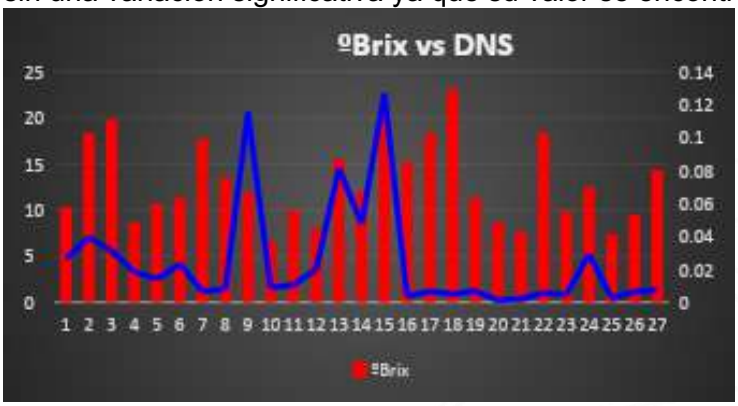
Medición de pH en las muestras de jugo extraído. La medición de pH se realizó por medio de un potenciómetro portátil de marca Checker HI 98103 con la escala de 1 a 14, se sumergió el potenciómetro en la muestra hasta que la lectura se estabilizo

Determinación de color de las muestras de lo jugo extraído. La determinación del color de los jarabes por medio del colorímetro de la marca FRU modelo WR10QC. Mediante el uso del sistema de medición de color CIElab obteniendo las coordenadas L*, a* y b*.Las cuales indican el tono (a* define el color rojo al verde y b* define el color amarillo al azul). La diferencia de color se determinó con las siguientes fórmulas

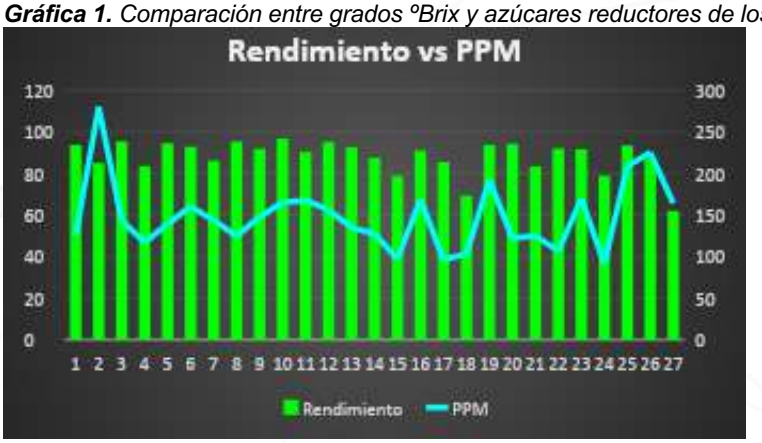
$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} \quad (1) \qquad IC^* = \frac{a^*.\ 1000}{L^*\ b^*} \quad (2)$$

Medición de la conductividad eléctrica a las muestras de jugo extraído. La concentración de solidos solubles de las muestras de los jugos se determino y expreso como las partes por millón (ppm), que fueron medidas utilizando un conductímetro portátil marca Lutron modelo PCD-431

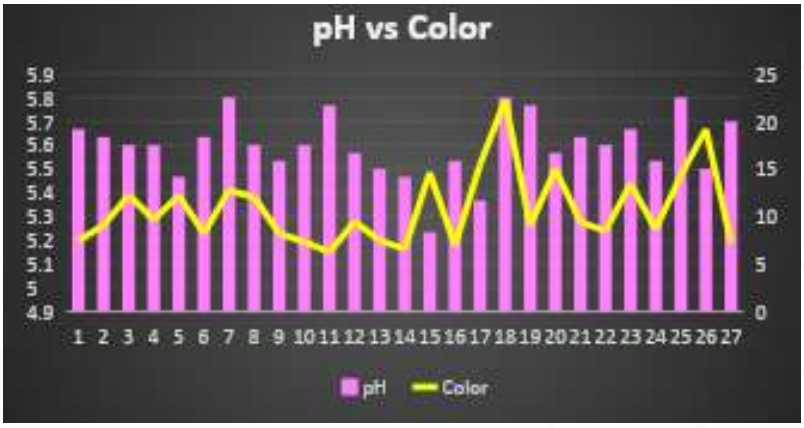
RESULTADOS. Los tratamientos que liberaron mayor cantidad de azúcares reductores fueron el 9 y el 15, con 0.115 unidades de ART/mL y 0.127 unidades de ART/mL, respectivamente. En ambos tratamientos, el tamaño de muestra de piña de agave fue el menor del diseño experimental, mientras que las temperaturas de hidrólisis fueron 94 °C y 121 °C, respectivamente. En cuanto a los grados Brix, los tratamientos 15 y 18 fueron los que reportaron los valores más altos, 21. °Bx y 23 °Bx, respectivamente, sin una diferencia estadística significativa entre ambos tratamientos. Respecto a la concentración de sólidos solubles, el tratamiento 2 fue el que tuvo la máxima concentración en relación con los demás tratamientos del diseño experimental, con una concentración de 280 ppm. En cuanto al rendimiento de jugo extraído de las muestras de piña cocidas, no hay una diferencia significativa entre todos los tratamientos realizados. Sin embargo, el tratamiento con el mayor rendimiento fue el 10 con 96.84 % de jugo extraído. El pH de las muestras de jugo obtenidas fue variable (manteniéndose entre 5 y 6), en función del tratamiento térmico realizado, en el que destaca el tratamiento 15, ya que fue en el que el pH fue muy bajo, de 5.23 unidades, y de manera interesante, fue el tratamiento con la mayor concentración de azúcares reductores y grados Brix. El color de las muestras de jugo de agave se mantuvo sin una variación significativa ya que su valor se encontró dentro del intervalo de 8 - 16



Gráfica 1. *Comparación entre grados ºBrix y azúcares reductores de los tratamientos del diseño experimental*



Grafica 2. *Comparación entre rendimiento y conductibilidad de todos los tratamientos del diseño experimental*



Grafica 3. *Comparación entre pH y color de todos los tratamientos del diseño experimental*

CONCLUSIONES. El análisis de los diferentes tratamientos experimentales revela que los tratamientos 9 y 15 destacaron por liberar la mayor cantidad de azúcares reductores, Estos tratamientos utilizaron las temperaturas más altas de hidrólisis, 94 y 121 °C, respectivamente y emplearon el menor tamaño de muestra de piña de agave Además el tratamiento 15 también presentó el mayor valor de grados Brix (23 °Bx) y mostró el pH más bajo (5.23). Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren las mejores condiciones de hidrolisis térmica para liberar una mayor concentración de azúcares presentes en las piñas de A. cupreata lo cual podría representar un ahorro en tiempo y consumo de energía térmica

REFERENCIAS.

1. De Información Agroalimentaria y Pesquera, S. (s. f.). El tequila ha generado una industria económicamente muy activa. gob.mx. https://www.gob.mx/siap/articulos/el-tequila-ha-generado-una-industria-economicamente-muy-activa?idiom=es
2. De Información Agroalimentaria y Pesquera, S. (s. f.). El tequila ha generado una industria económicamente muy activa. gob.mx. https://www.gob.mx/siap/articulos/el-tequila-ha-generado-una-industria-economicamente-muy-activa?idiom=es
3. Beneficios del Agave cupreata. (s. f.). https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/315-numero-37/569-beneficios-del-agave-cupreata.html#:~:text=Los%20agaves%20se%20han%20aprovechado,de%20construcci%C3%B3n%20y%20para%20ornato.
4. Vista de Azúcares en agaves (Agave tequilana Weber) cultivados en el Estado de Guanajuato | Acta Universitaria. (s. f.). https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/325/pdf#:~:text=El%20contenido%20promedio%20de%20az%C3%BAcares,20%20y%2030%20%25%20en%20peso.
5. Montañez-Soto, J., Venegas-González, J., Vivar-Vera, M., & Ramos-Ramírez, E. (s. f.). Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del Agave tequilana Weber azul. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612011000300007&script=sci_arttext
6. Barrios Caballero, R. J. (2014). Obtención de azúcares reductores por hidrólisis térmica a la piña del agave americana L. a utilizarse en la producción de una bebida destilada.
7. VÁZQUEZ, I. C. G. V. (2009). Obtención de insumos de interés industrial a partir de las fructanas del agave mezcalero potosino (Agave salmiana) (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324189

EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN DE TRASPATIO EN GALLINAS HÍBRIDAS (*Naked neck X Rhode Island Red*) SOBRE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE HUEVO

Emmanuel Cisneros Ruiz[1], Rosa Elena Pérez Sánchez[2], Manuel López Rodríguez[3], Ruy Ortiz Rodríguez[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1823361h@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rosa.perez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; manuel.lopez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ruy.ortiz@umich.mx

Palabras Clave: Sistema, Avicultura, Productividad, Genotipo.

RESUMEN. Se evaluó el efecto de la alimentación de traspatio en gallinas híbridas (Naked neck x Rhode Island Red) sobre crecimiento y producción de huevo. Se utilizaron 50 pollitas hibridas (25 de genotipo criollo x Rhode Island Red, con plumaje completo y 25 de genotipo Naked neck x Rhode Island Red, con cuello desnudo) con 72 horas de nacidas y un peso aproximado de 65 g, con las cuales se formaron dos grupos (G): GHPC, grupo de pollitas hibridas plumaje completo y GHCD, grupo de pollitas hibridas cuello desnudo. La alimentación fue ad libitum en ambos grupos y acorde a su edad: 1-8 semanas de edad (SE), alimento® balanceado (AB) para etapa de crecimiento; de 9-10 SE, 50% de AB y 50% de maíz quebrado (MQ); de 10-11 SE, 25% de AB y 75% de MQ; de 11-32 SE, 100% de MQ. El confinamiento de las aves/Grupo fue en jaulas criadoras durante las primeras 8 SE y a partir de la 9ª SE, en corrales construidos con malla para gallinero. Se evaluó: peso corporal (PC), consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), edad al iniciar postura (EIP), producción de huevo (PHvo) y pico de postura (PP). La información se analizó mediante los modelos de efectos fijos y modelos lineales generalizados. Las diferencias entre grupos se obtuvieron a través de medias de mínimos cuadrados a un $\alpha=0.05$. El PC/semana, en ambos Grupos, fue similar ($p>0.05$) durante los primeros 30 SE y, posteriormente, fue mayor ($p<0.05$) en el GHPC (3416.5 ± 92.8 g) vs GHCD (3058.5 ± 86.3 g). No obstante, el GHCD mostraron mayor ($p<0.05$) PHvo vs GHPC (22.0 y 16.0 huevos/semana, respectivamente). Las gallinas hibridas cuello desnudo son una alternativa viable para las familias de las zonas rurales y/o marginales para la obtención de proteína de origen animal (huevo).

INTRODUCCIÓN. En las últimas décadas se ha incrementado el grado de pobreza y desnutrición, principalmente en las zonas rurales y/o marginales (FAO, 2016). Sin embargo, dichas zonas pueden adquirir proteína de origen animal (carne de pollo y huevo para plato) a través de los sistemas de producción familiar o de traspatio (FAO, 2013). En este sentido, la FAO (2014) establece la existencia de aproximadamente 500 millones de unidades de producción avícola de traspatio. En México, este tipo de sistemas representa el 85% de las unidades pecuarias y es la de mayor tradición (Hortúa-López et al., 2021). Porcentaje que se puede explicar -a través del factor económico- mediante su fortaleza: alternativa que no

requiere de una gran inversión económica en animales, tecnologías, técnicas y productos farmacéuticos para la obtención de proteína de origen animal (Carne de pollo y huevo para plato) para las familias de las zonas rurales marginadas y/o de extrema pobreza (Juárez-Caratachea et al., 2008; Juárez et al., 2010).

ANTECEDENTES. En México, las poblaciones de gallinas criollas se derivan de varios fenotipos como lo son las gallinas avadas, amarillas, negras, coloradas y cuello desnudo (Cuca-García et al., 2015). Pero, en la actualidad, estas aves son más utilizadas en el sistema de traspatio en donde han sido sometidas a cruzamientos con aves mejoradas para producción de huevo o carne, lo cual no necesariamente ha provocado una mejora en la fase de postura. Ello derivado de las condiciones ambientales a las cuales se someten en este tipo de sistema. Se ha observado que los factores que determina su productividad son la temperatura ambiental y la nutrición de estos animales (Santos, 2021; Hernández-Sánchez et al., 2023). Juárez et al. (2010), estableció que las gallinas cuello desnudo presentan ventajas fisiológicas en ambientes con temperaturas superiores a los 25°C, puesto que muestran una mayor tasa de crecimiento, rendimiento en canal y producción de carne. Aspectos que hacen de este tipo de gallinas superiores a las de plumaje completo. Además, Cepero (2016) determinó que este genotipo produce huevos más pesados en relación con su peso corporal.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de la alimentación de traspatio en gallinas híbridas Naked neck x Rhode Island Red sobre crecimiento y producción de huevo.

MATERIALES Y MÉTODOS. El trabajo de investigación fue realizado en las instalaciones del sector avícola de la FMVZ-UMSNH, ubicada en el km 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro, Michoacán, con clima templado (2.5 a 25.1 °C) y una precipitación pluvial anual de 609.0 mm (INEGI, 2021). Se utilizaron 50 pollitas [25 pollitas híbridas Naked neck x Rhode Island Red (GHCD) y 25 pollitas hibridas (Autóctona x Rhode Island Red) plumaje completo (GHPC)] provenientes de paquetes de aves mejoradas. Las pollitas se adquirieron de 72 h de nacidas con un peso aproximado de 65 g. Los 100 ejemplares fueron distribuidos en dos grupos (G): G1 (n = 25 pollitas), pollitas GHPC y G2 (n = 25 pollitas), pollitas GHCD. La alimentación fue ad libitum en ambos grupos y acorde a su edad: 1-8 semanas de edad (SE), alimento® balanceado (AB) para etapa de crecimiento; de 9-10 SE, 50% de AB y 50% de maíz quebrado (MQ); de 10-11 SE, 25% de AB y 75% de MQ; de 11-32 SE, 100% de MQ. El confinamiento de las aves/Grupo fue en jaulas criadoras durante las primeras 8 SE adaptadas con bebederos manuales de piso, comederos de lámina tipo lineal y a partir de la 9ª SE, en corrales construidos con malla para gallinero los cuales disponían de bebederos de campana, comederos de lámina semiautomáticos tipo tolva y cama a base de aserrín y viruta. Las variables evaluadas fueron: peso corporal (PC), consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP), edad al iniciar postura (EIP), producción de huevo (PHvo) y pico de postura (PP). El PC/ave se obtuvo pesando semanalmente a todos los individuos de cada grupo, el peso se determinó con una báscula Torrey® L-PCR-40 con una precisión de 0.5 g; el CA/día se estableció mediante la diferencia entre el suministro y el rechazo de alimento/día, el peso del alimento suministrado y rechazado se obtuvo con una báscula Torrey® L-PCR-40 con una precisión de 0.5 g; la GP/semana/fase se determinó a través de la resta del peso al culminar la semana o peso final con el peso al iniciar la semana o peso inicial; la EIP, esta fue determinada con el primer huevo puesto/gallina/grupo, registrando la edad de la gallina al

momento de encontrar su primer huevo en los nidos; la PHvo se monitoreo diariamente a partir del inicio de postura en cada grupo y se registró la cantidad total de huevos puesto/semana; mientras que el PP se determinó de acuerdo al registro de PHvo, tomando el valor de la semana donde se presentó la producción máxima de huevo. Las variables PC, CA y GP fueron analizadas estadísticamente mediante la metodología de mediciones repetidas a través del procedimiento de modelos de efectos fijos (Littell et al., 2010). Para el caso de las variables EIP, PHvo y PP/Grupo el análisis se realizó mediante la metodología de los modelos lineales generalizados. Las diferencias entre Grupos y Grupos x Semana se obtuvieron mediante el procedimiento de medias de mínimos cuadrados (LsMeans, siglas en inglés) a un α=0.05.

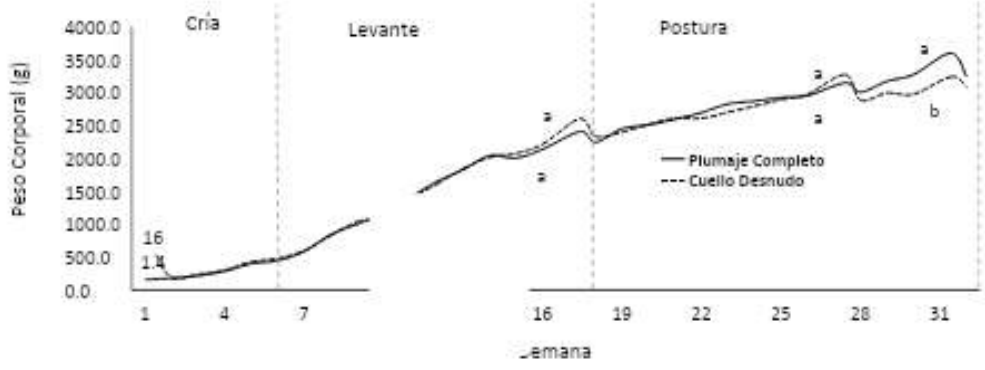
RESULTADOS. Con respecto a los promedios de PC de las aves analizadas, de acuerdo con el Grupo, no se encontraron diferencias (p>0.05) entre las gallinas del G1 (gallinas plumaje completo) *vs* las del G2 (gallinas híbridas cuello desnudo): 1554.4 ± 18.5 y 1527 ±18.4 g, respectivamente (Tabla 1). Para el caso de los promedios del PC de acuerdo con la anidación Grupo(Fase), las aves con plumaje completo (2850.0 ± 25.7 g), mostraron superioridad (p<0.05) con respecto a las aves cuello desnudo (2744.5 ± 25.7 g), específicamente en la fase de postura (Tabla 1).

		Grupo 1 (Plumaje Completo)	**Grupo 2 (Cuello desnudo)**
Variable	**Fase**	**Media ± E.E.**	**Media ± E.E.**
Peso corporal (g)	Cría	205.8^{a} ±37.9	220.6^{a} ±37.9
	Levante	1578.7^{a} ±30.3	1585.6^{a} ±30.3
	Postura	2850.0^{a} ±25.7	2744.5^{b} ±25.7
	Promedio	**1554.4^{a} ±18.5**	**1527.1^{a} ±18.5**

Tabla 1. *Medias de mínimos cuadrados para el peso corporal en las diferentes fases del ciclo productivo de acuerdo con el Grupo(Fase)*

Literales $^{a, b}$ indican diferencias (p<0.05) entre grupos dentro de la fase

En cuanto a la dinámica de crecimiento [Grupo(Semana)], medida a través del PC de las aves, se encontró que ambos Grupos durante las primeras 30 semanas de la fase experimental no presentaron diferencias significativas (p>0.05) en cuanto a su crecimiento (Fig. 1). Sin embargo, a partir de la semana 31, el promedio de PC de las aves de G1 fue de 3416.5 ± 92.8 g, promedio mayor (p<0.05) con respecto a G2 3058.5 ± 86.3 g; manteniéndose este comportamiento hasta el final de la fase experimental (32 semanas).



Literales a, b indican diferencias (p<0.05) entre promedios dentro de semana

Figura 1. *Dinámica del crecimiento (peso corporal) de las aves durante la fase experimental de acuerdo con la anidación Grupo(Semana)*

Para el caso de la ganancia de peso semanal promedio, esta fue de 112.0 y 104.6 g para el G1 y G2, respectivamente, ambos promedios iguales (p>0.05) entre sí. En cuanto al efecto de la Fase, se puede observar que la mejor expresión de GP se encontró en la de levante, ello comparado con el resto de las fases analizadas (Tabla 2).

		Grupo 1 (Plumaje Completo)	**Grupo 2 (Cuello desnudo)**
Variable	**Fase**	**Media ± E.E.**	**Media ± E.E.**
Ganancia de peso (g)	Cría	72.9^{a1} ±7.6	73.6^{a1} ±7.6
	Levante	157.7^{a2} ±5.6	159.1^{a2} ±5.6
	Postura	105.3^{a3} ±4.8	81.1^{b1} ±4.8
	Promedio	**112.0^{a} ±3.5**	**104.6^{a} ±3.5**

Tabla 2. *Medias de mínimos cuadrados para la Ganancia de peso corporal en las diferentes fases del ciclo productivo de acuerdo con el Grupo(Fase)*

Literales $^{a, b}$ indican diferencias (p<0.05) entre grupos dentro de la fase
Numerales $^{1, 2, 3}$ indican diferencias (p<0.05) entre fases dentro de grupo

Con respecto a la dinámica de la ganancia de peso semanal (Fig. 2), se pudieron observar fluctuaciones durante toda la fase experimental. Sin embargo, dichas fluctuaciones se presentaron en ambos Grupos, por lo cual, la ganancia de peso no mostró diferencias significativas (p>0.05) en ambos Grupos durante la mayor parte del tiempo, a excepción de la tercera semana de la fase de levante (semana 9) donde el promedio de ganancia de peso semanal en ese momento decayó hasta 225.54 ± 15.5 g en las aves plumaje completo y de 132.8 ± 15.3 g para las aves cuello desnudo, promedios diferentes entre sí (p<0.05).

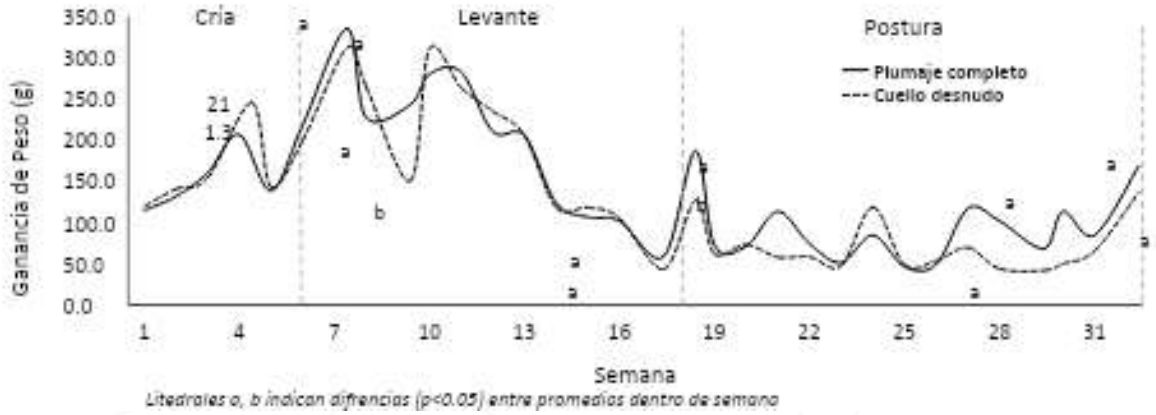


Figura 2. *Medias de mínimos cuadrados para ganancia de peso semanal (g) de las aves de acuerdo con la anidación Grupo(Semana) y a las fases del ciclo productivo*

En el caso de los resultados de la producción de huevo medido en número de huevos, el G2 produjo más huevos/semana (p<0.05) en comparación con el G1: 22.0 y 16.0 huevos/grupo/semana (Fig. 3). Por otra parte, el pico de postura para el caso de G2 se presentó en la semana 39 de edad (46 huevos/semana), mientras que en G1 en la semana 40 de edad (29.0 huevos/semana), dichos promedios diferentes (p<0.05) entre sí (Fig. 3).

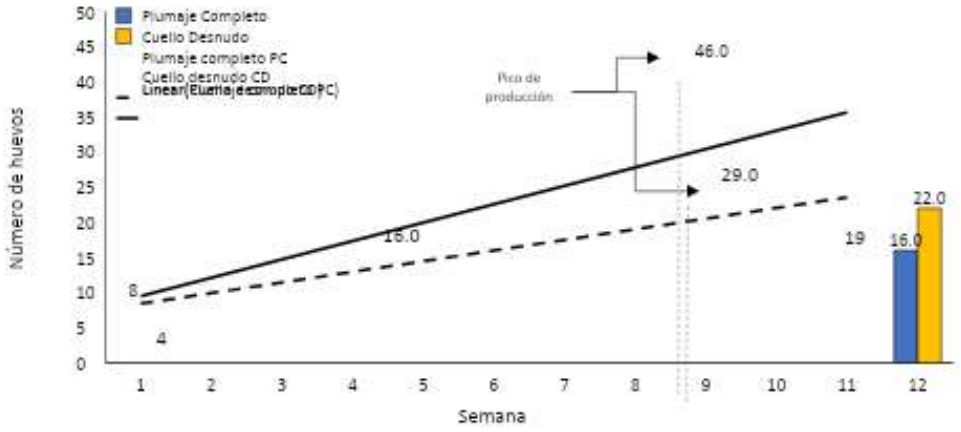


Figura 3. *Dinámica de comportamiento del pico de postura y número de huevos producidos por semana de acuerdo al fenotipo*

CONCLUSIONES. Las aves cuello desnudo bajo una alimentación de traspatio presentan un comportamiento de crecimiento (Peso corporal y ganancia de peso) menor que las aves con plumaje completo. Sin embargo, las aves cuello desnudo presentan superioridad en la producción de huevo/semana. Por ello, son una estrategia viable para la obtención de proteína de origen animal (huevo y carne de pollo) en las zonas rurales y/o marginales.

REFERENCIAS.

1. Cepero, R. B. (2016). Interés de las aves de "cuello pelado" en avicultura. Selecciones Avícolas. https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2016/09/interes-de-las-avesde-cuello-pelado-en-avicultura.
2. Cuca-García, J. M., Gutiérrez-Arena, D. A., y López-Pérez, E. (2015). "La avicultura de traspatio en México: historia y caracterización". Rev. Agro productividad, 8(4), 30-36.
3. Hernández-Sánchez, A., Román-Bravo, R. M., Juárez-Caratachea, A., Gutiérrez-Vázquez, E., Val-Arreola, D. y Ortiz-Rodríguez, R. (2023). "Comparación del crecimiento y rendimiento cárnico de pollos F1 plumaje normal y de cuello desnudo, criados bajo condiciones de traspatio en un ambiente de trópico seco". Rev. Científica, FCV-LUZ, 1(33),1-6.
4. Hotúa-López, L. C., Cerón-Muñoz, M. F., de Lourdes Zaragoza-Martínez, M., y Angulo-Arizala, J. (2021). "Avicultura de traspatio: aportes y oportunidades para la familia campesina". Rev. Agronomía Mesoamericana, 32(3), 1019-1033.
5. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Aspectos Geográficos: Michoacán.
6. Juárez, C. A., Gutiérrez, E. V., Garcidueña, R. P. y Salas, G. R. (2010). "Producción de huevos en gallinas criollas Cuello Desnudo (Nana) y con plumaje normal (nana) en la región del altiplano mexicano". Rev. Cubana de Ciencia Agrícola, 44(3), 287-290.
7. Juárez-Caratachea, A., Ortiz-Rodríguez, R., Pérez-Sánchez R. E., Gutiérrez-Vázquez, E. y Val-Arreola, D. (2008). "Caracterización y modelación del sistema de producción avícola familiar". Rev. Livestock Research for Rural Development, 20(2), 13.
8. Littell, R. C., Stroup, W. W. y Freund, R. J. (2010). SAS® for Linear Models, 4th. Ed. SAS Institute Inc. Pp. 466.
9. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2013). Revisión del Desarrollo Avícola. Pp. 1-4.
10. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2014). El estado de la agricultura y la alimentación. https://www.fao.org/3/i4040e/i4040e.pdf
11. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2016). Iniciativa Regional 2 agricultura familiar y sistemas alimentarios inclusivos para el desarrollo rural sostenible. https://bit.ly/3Z6KXr4
12. Santos, M. L. (2021). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos de cuatro grupos de gallinas en un sistema de traspatio semi-intensivo. (Tesis de Maestría). División de estudios de posgrados. Universidad del Mar. Oaxaca, México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324190

EVALUACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE LA RESPUESTA OLFATIVA DE *Chrysoperla carnea*

Luis Jesús Peña Vázquez[1], José Andrés Barajas Chávez[2], Rodolfo Daniel Alcázar Marín[3], José Manuel Oregel Zamudio[4], Jesús Rubén Torres García[5], Ernesto Oregel Zamudio[6]

1 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán; lpenav2300@alumno.ipn.mx

2 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán; jbarajasc2300@alumno.ipn.mx

3 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán; n-io@hotmail.es

4 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán; joregelz2400@alumno.ipn.mx

5 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán; jrtorresg@ipn.mx

6 Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán; eoregel@ipn.mx

Palabras Clave: Atracción, Chrysoperla carnea, Compuestos orgánicos volátiles, Coriandrum sativum, Manejo de plagas.

RESUMEN. Los insectos plagan son una de las principales causas de pérdidas en la producción agrícola, lo que ha llevado a los agricultores a depender fuertemente de plaguicidas. Sin embargo, el uso excesivo de estos productos ha generado serios problemas ambientales y de salud, destacando la necesidad de alternativas más sostenibles. En México, el cilantro (Coriandrum sativum L.) es una planta ampliamente cultivada y utilizada tanto en la cocina tradicional como en la medicina popular, valorada por sus propiedades organolépticas y medicinales. El cilantro produce una variedad de compuestos orgánicos volátiles (COVs), como el linalool y el (E)-2-decenal, que han sido reportados por sus efectos repelentes y atractivos hacia ciertos insectos. Este estudio se centró en evaluar las respuestas olfativas de Chrysoperla carnea, un importante depredador biológico, hacia los COVs emitidos por las hojas de cilantro, utilizando un olfatómetro de dos vías. Nuestros resultados muestran que los volátiles del cilantro, ejercen un efecto atractivo significativo sobre las hembras de C. carnea. Este hallazgo subraya el potencial del cilantro no solo como un ingrediente culinario, sino también como una herramienta valiosa en el manejo integrado de plagas, contribuyendo al desarrollo de estrategias más sostenibles que promuevan el uso de recursos locales en la agricultura mexicana.

INTRODUCCIÓN. El uso intensivo de plaguicidas en la agricultura ha generado diversas consecuencias adversas que van más allá del control inmediato de plagas. Entre las problemáticas más preocupantes se encuentra la creciente resistencia de las plagas, la contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como daños en organismos no blanco.
Aunque los plaguicidas han mostrado eficacia a corto plazo, su uso prolongado compromete la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas. Ante estos desafíos, surgen alternativas más sostenibles, como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) emitidos por plantas, que han demostrado ser efectivos atrayendo a depredadores naturales, facilitando el control biológico sin recurrir a químicos (Yi et al., 2023). Este creciente interés en los COVs no es casual, pues en los últimos años han surgido diversas investigaciones que resaltan su potencial para el control de plagas y enfermedades en una amplia variedad de cultivos. Los

COVs juegan un papel central en las interacciones entre las plantas y su entorno, incluyendo tanto a los herbívoros que las dañan como a los depredadores que las protegen (Makhlouf et al., 2024). Dentro de este contexto, las plantas de la familia Apiaceae han ganado especial relevancia debido a su capacidad para emitir grandes cantidades de COVs. Estos compuestos no solo repelen a herbívoros y microorganismos patógenos, sino que también atraen a depredadores naturales, fomentando interacciones tritróficas que ayudan a controlar las poblaciones de herbívoros. Entre los depredadores más importantes se encuentra Chrysoperla carnea, la crisopa verde, cuyas larvas son particularmente voraces en la eliminación de plagas como pulgones, cochinillas y moscas blancas. Esta especie se ha convertido en un recurso clave en los programas de control biológico, gracias a su capacidad para adaptarse a diferentes hábitats y su fácil cría en laboratorio (Hassan y Shad, 2024; Santos et al., 2015). En línea con estas soluciones, el cilantro (Coriandrum sativum L.), también perteneciente a la familia Apiaceae, ha demostrado ser una planta altamente efectiva. Al atraer a depredadores naturales como crisopas y mariquitas, el cilantro refuerza la supervivencia y reproducción de estos insectos beneficiosos, aumentando a su vez la longevidad de los parasitoides, lo que contribuye a un control más efectivo de las plagas. La inclusión de cilantro en los agroecosistemas reduce la dependencia de los plaguicidas y promueve la biodiversidad, consolidándolo como una herramienta clave dentro del control biológico de plagas (Mena y Gospodarek, 2024).

ANTECEDENTES. De acuerdo con Ranjitha et al., (2019) el cilantro (Coriandrum sativum L.) es ampliamente reconocido por su capacidad para atraer insectos benéficos, incluyendo polinizadores y depredadores naturales, gracias a los compuestos volátiles emitidos. Este efecto contribuye significativamente al control biológico en los cultivos. En su estudio, evaluaron cómo el cilantro atrae a varios polinizadores locales, destacando su potencial para incrementar la biodiversidad y mejorar la estabilidad de los sistemas agrícolas. Además de estos hallazgos, la incorporación de cilantro en cultivos ha mostrado beneficios adicionales. Mena y Gospodarek, (2024) reportan que la introducción de hileras de cilantro en cultivos de fresa no solo atrajo a depredadores como crisópidos, coccinélidos, estafilínidos y araneas, sino que también influyó positivamente en la longevidad de los parasitoides y la oviposición de los sírfidos. Además, el número de huevos de crisopa depositados en plantas infestadas con pulgones se cuadruplicó en comparación con sistemas de monocultivo, lo que resalta el impacto positivo del cilantro en la reducción de plagas y en la promoción de enemigos naturales en los agroecosistemas. En la misma línea, Sohail et al., (2022) identificaron a C. carnea, como uno de los depredadores naturales más eficaces en el control de plagas, cazando insectos de cuerpo blando y siendo atraídas no solo por la presencia de sus presas, sino también por los volátiles liberados por las plantas hospedantes. Para estudiar este comportamiento, utilizaron un olfatómetro en forma de Y, demostrando que C. carnea es atraída por volátiles específicos, como aquellos emitidos por un jugo de pulgón hecho a base de Brevicoryne brassicae, conocido como pulgón de las coles.

OBJETIVO. Evaluar la respuesta olfativa de C. carnea en un olfatómetro de dos vías frente a los COVs emitidos por el cilantro

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Evaluar el tiempo de respuesta de C. carnea frente a los COVs emitidos en un olfatómetro de dos vías. Identificar el porcentaje de hembras de C. carnea que muestran preferencia por los COVs emitidos por el cilantro.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Insecto (*C. carnea*). Los insectos de *Chrysoperla carnea* provienen de la cría estandarizada mantenida en el CIIDIR IPN Unidad Michoacán, donde se reproducen de manera continua. Las larvas se alimentaron con huevos de *Sitotroga cerealella* y se criaron individualmente. Las pupas se trasladaron a otros recipientes hasta la emergencia de los adultos, que se alimentaron con una dieta artificial (Gutiérrez Cárdenas, 2022). Para los bioensayos, se seleccionaron hembras de 5-10 días de edad, sin daños visibles.

Cilantro (*Coriandrum sativum L.*). El cilantro se obtuvo en un mercado local de Jiquilpan, Michoacán. Se cortó la raíz, dejando únicamente el tallo y las hojas, las cuales se enjuagaron con agua destilada para eliminar posibles agentes físicos, se pesaron 25 g para su uso en el olfatómetro.

Olfatómetro de dos vías. El olfatómetro fue construido por nuestro equipo de investigación del CIIDIR IPN, Unidad Michoacán. El sistema consta de una bomba de aire (BOYU modelo ACQ-007) equipada con filtros de carbón activado y agua destilada. Con dos recámaras de vidrio con capacidad de 4 L cada una, dos medidores de flujo de aire (BQLZR, modelo LZM-6) y un tubo en Y, cuyo brazo principal mide 12 cm de largo y tiene un diámetro interno de 1 cm. El espacio donde se encuentra la Y está aislado de estímulos visuales, rodeado por paredes y una luz blanca en la parte superior proporcionada por un foco LED.

Bioensayos con olfatómetro. Se probaron grupos de 20 crisopas, previamente sometidas a un ayuno de 24 horas. Antes de las pruebas, las recámaras y el tubo en Y se lavaron con agua y jabón neutro, seguidos de metanol al 70%, y se dejaron secar completamente. La bomba se encendió durante 5 minutos para purgar el sistema. Posteriormente, se colocó cilantro en una recámara y aire limpio como control en la otra, dejándolas saturar por 5 minutos, con un flujo de aire de 800 ml min^{-1}. Cada hembra de crisopa fue introducida en el tubo en Y, registrando su elección durante un máximo de 10 minutos hasta obtener 20 respuestas. Para evitar sesgos, el tubo se giró 180° después de cada dos pruebas. Una elección se consideró positiva cuando la crisopa ingresaba completamente en uno de los brazos de elección. Las crisopas que no tomaron una decisión fueron descartadas. Finalmente, los experimentos se llevaron a cabo bajo condiciones controladas de laboratorio (25 ± 2 °C, 65 ± 5 % HR).

Análisis estadístico. Se llevó a cabo una prueba de Chi-cuadrado para evaluar la respuesta de *C. carnea*, identificando si existían diferencias significativas entre las respuestas hacia el aire limpio y el cilantro. También se registró el tiempo de respuesta de las crisopas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software RStudio.

RESULTADOS. Se evaluó la elección de *C. carnea* en el olfatómetro, cuyos resultados se detallan en la Fig 1. Mientras que los tiempos de respuesta se encuentran en la Tabla 1.

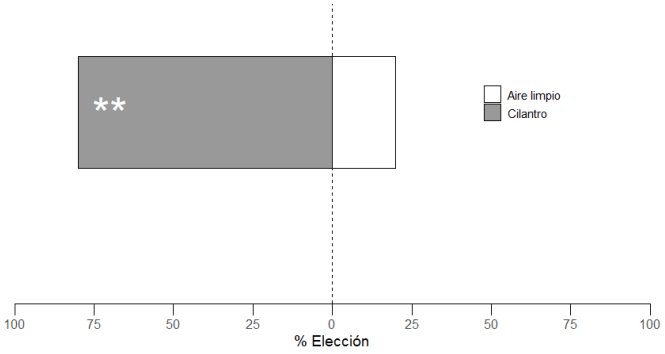


Figura 1. *Respuesta olfativa de C. carnea (n = 20) en un olfatómetro de dos vías. Se comparó la elección entre aire limpio y cilantro. Los asteriscos indican los niveles de significancia: χ^2 (gl=1): **= P ≤ 0,01; * = ≤ 0,05; ns = sin diferencia significativa P > 0,05.*

Estadísticos	Tiempo (min)
Media±DE	5.53±1.56
Min	2.47
Max	8.45

Tabla 1. *Tiempo de respuesta de Chrysoperla carnea*

CONCLUSIONES. El estudio confirma que los COVs emitidos por el cilantro atraen significativamente a C. carnea. Los tiempos de respuesta rápidos en el olfatómetro de dos vías refuerzan el potencial del cilantro como herramienta para el manejo de plagas. Esto refuerza el valor del cilantro no solo como cultivo culinario, sino también como una herramienta biológica para atraer depredadores naturales en los agroecosistemas.

REFERENCIAS.

1. Gutiérrez Cárdenas, O. G. (2022). Study of interactions between predators and alphabaculoviruses [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.71779
2. Hassan, S., & Shad, S. A. (2024). Polygenic, autosomal, and stable spirotetramat resistance in Chrysoperla carnea resulting in increased fitness. PLOS ONE, 19(9), 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310142
3. Makhlouf, L., Karim, E. F., Kemal, S. A., Maafa, I., Meftah Kadmiri, I., & El-Bouhssini, M. (2024). Potential of volatile organic compounds in the management of insect pests and diseases of food legumes: A Comprehensive Review. Frontiers in Plant Science, 15. https://doi.org/10.3389/FPLS.2024.1430863
4. Mena, G. T., & Gospodarek, J. (2024). White Mustard, Sweet Alyssum, and Coriander as Insectary Plants in Agricultural Systems: Impacts on Ecosystem Services and Yield of Crops. Agriculture, 14(4), 1–27. https://doi.org/10.3390/agriculture14040550
5. Ranjitha, M., Koteswara Rao, S., Rajesh, A., Reddi, S., & Revanasidda. (2019). Insect pollinator fauna of coriander (Coriandrum sativum L.) ecosystem. Journal of Entomology and Zoology Studies, 7(3), 1609–1616. https://www.researchgate.net/publication/333995832
6. Santos Resende, A. L., Botelho Ferreira, R., & Souza, B. (2015). Atratividade de adultos de Chrysoperla externa (Hagen, 1861) aos compostos voláteis de coentro, endro e erva-doce (Apiaceae) em condições de laboratório. Revista Ceres, 62(1), 37–43. https://doi.org/10.1590/0034-737X201562010005
7. Sohail, M., Ali, S. R., Muhammad, R., Bukero, M. A., Khalid, N., & Soomro, Q. A. (2022). A novel prospect for an oviposition attraction of Chrysoperla carnea (Steph.) (Neuroptera: Chrysopidae) for its population upsurge. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 32(57), 1–10. https://doi.org/10.1186/s41938-022-00557-z
8. Yi, C., Teng, D., Xie, J., Tang, H., Zhao, D., Liu, X., Liu, T., Ding, W., Khashaveh, A., & Zhang, Y. (2023). Volatiles from cotton aphid (Aphis gossypii) infested plants attract the natural enemy Hippodamia variegata. Fron

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324192

ESTUDIO QUÍMICO COMPARATIVO DE DOS HARINAS OBTENIDAS DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO MUSA PARADISIACA

Víctor Mejía Mendoza[1], Rosa María García Martínez[2]
1Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH 1900342E@umich.mx.
2Facultad de Químico Farmacobiología UMSNH rosa.garcia@umich.mx

Palabras Clave: Cascara, harina, análisis, plátano

RESUMEN. Buscando impulsar el aprovechamiento de residuos como la cáscara de plátano verde y cáscara de plátano amarillo, la presente investigación se ha realizado con el objetivo de obtener y evaluar proximalmente harinas obtenidas a partir de plátanos verdes y maduros (Musa paradisiaca). Se obtuvo harina a partir de la cáscara de plátano verde y plátano amarillo, mediante las siguientes operaciones: recepción de la materia prima, lavado y desinfectado, cortado, eliminación del pardeamiento enzimático, secado por desecador solar (Fig.1), molienda de la cáscara (Fig.2), tamizado y almacenamiento. Se realizo una comparación entre los valores de la cáscara y la harina obtenida donde hubo variabilidad en todos los análisis proximales, resultados: cáscara de plátano verde; humedad 88.55%, cenizas 1.67%, extracto etéreo 6.10%, plátano maduro; humedad 88.49%, cenizas 1.58%, extracto etéreo 4.73%.harina plátano verde; humedad 7.32%, cenizas 12.17%, extracto etéreo 5.84% (Fig.8), harina plátano maduro; humedad 6.82%, cenizas 17.58%, extracto etéreo 8.13% (Fig.9), para posteriormente realizar una evaluación a las harinas en donde se observó el tamaño de partícula, distribución de tamaño de partícula e índice de absorción de agua, conociendo así la funcionalidad, calidad y absorción de las harinas obtenidas. La harina de cáscara de plátano verde presenta las siguientes características color: marrón, olor: característico a plátano, el tamaño de partícula va desde 0.1 a 0.4mm ya que paso por malla No. 100. La harina de cáscara de plátano amarillo presenta las siguientes características color: marrón claro, olor: característico a plátano, el tamaño de partícula va desde 0.1 a 0.4mm ya que paso por malla No. 100, al tener estos resultados y características de ambas harinas se espera realizar una formulación de un producto alimenticio donde vaya incluido el contenido de esta misma para saber si el producto a realizar es del agrado del público y posteriormente realizar un análisis sensorial donde se evalúe aspecto, color, olor, sabor, para así saber si el producto continua con la formulación establecida o realizar ajustes a la formulación.

INTRODUCCIÓN. Mediante estudios epidemiológicos se ha demostrado que en las dietas con baja ingesta de fibra se relacionan con enfermedades crónico degenerativas como el cáncer de colon y la aterosclerosis, cobrando interés la fibra dietética por el efecto benéfico que presenta en la salud de la población, influye en la reducción del colesterol en la sangre y desarrollo de la flora intestinal, interviene en el control de la glucemia y la sensibilidad a la insulina en los individuos diabéticos, facilitando la pérdida de peso. El plato del buen comer, sugiere el consumo del 50% de frutas/verduras y el 22 % de granos/cereales para una dieta equilibrada y prevenir obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares. La cáscara plátano verde presenta un alto contenido de fibra dietética alrededor de 50

g/100g y se ha determinado que la maduración del plátano muestra un impacto positivo en la composición de la fibra de la cáscara.

ANTECEDENTES. Girón, J. (2016) sostiene que de acuerdo al análisis bromatológico realizado a la harina de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca), se confirma que tiene altos contenidos nutricionales de vitamina C 51.37mg / 100g, calcio 62.33mg / 100g, y fósforo 68.18mg /100g, también proporciona fibra y proteína, lo que le hace un producto alternativo interesante para la sustitución de la harina de trigo. Es importante comentar que el bajo contenido de humedad permite que sea más estable en durabilidad y resistente a la proliferación de microorganismos patógenos. Colmenares, M. (2009) sostiene que obtuvo 3,52 Kg de harina partiendo de 24,78 Kg de cáscara, lo que equivale a 5,68% de rendimiento de la cáscara en forma de harina relacionado al peso total de plátano o al 14,21% relacionado a la parte utilizada (cáscara). Ayala et al., (2003) sostienen que a las harinas se les realizó el análisis químico proximal; con lo cual se determinó que el mayor valor nutritivo lo poseen las harinas de cáscara de plátano, tanto verde como maduro, ya que presentan porcentajes elevados de grasa, proteína, fibra cruda y cenizas; no así de carbohidratos, debido a que el mayor porcentaje de estos lo presentan las harinas de pulpa de plátano (verde y maduro). Alvarado, C. (2002) afirma que la cáscara de plátano posee fibra la cual en un 60 % de esta será lignina, un 25% de celulosa y un 15 % de hemicelulosa. Carvajal, Sánchez, Giraldo y Arcila (2002) sostienen que los plátanos, cuando están verdes, son fuentes potenciales de carbohidratos, principalmente almidón, y pueden ser transformados en harina que, mezclada con otros productos, tales como harina de soya, trigo, entre otros, puede originar productos de alto valor nutricional. Las cáscaras del plátano representan el 40% del peso total del plátano fresco (Tchobanoglous y col., 1993), que se destina a la alimentación animal o a desecho, por esta razón, es importante conocer sus características con el fin de evaluar su utilización como alimento para humanos y así también solucionar un problema de contaminación ambiental causada por la cáscara.

OBJETIVO. Este proyecto se basa en la reutilización de biomasa residual como la cáscara del plátano con la finalidad de enriquecer una harina compuesta para el desarrollo de productos secundarios con elevado valor nutritivo y que sea ésta una medida de sustentabilidad y cuidado del medio ambiente.
Tal es el caso de la cascara de plátano que por sus características funcionales, capacidad antioxidante, fibra dietética y de almidón, así como de vitaminas (A, C, B 1 , B 2 , B 3) y minerales (potasio, calcio, zinc, fósforo, magnesio, nitrógeno) puede ser utilizada como ingrediente funcional para enriquecer y proporcionar una característica y propiedad funcional en la elaboración de harinas compuestas y su uso en la elaboración de pastas alimenticias, productos de panificación y biopelículas, sólo por comentar algunos productos posibles.

OBJETIVOS ESPECIFICOS. Determinación de análisis proximal a la cáscara de plátano: humedad, cenizas, grasas totales, proteína, fibra dietética y carbohidratos digestibles totales. Obtención de harina de cascara de plátano verde (Fig.6) y plátano amarillo (Fig.7): secado, molido y tamizado. Evaluación proximal de la harina de cáscara de plátano: humedad (Fig.3), cenizas (Fig.4), valoración de minerales, grasas totales (Fig. 5), proteína, fibra dietética y carbohidratos digestibles totales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Secado de cáscara



Figura 1.- Secado de muestra por medio del deshidratador solar, colocadas las muestras en el día por un largo periodo de tiempo hasta obtener consistencia deseada.

Molienda



***Figura 2.-** Una vez seca la muestra, se muele en molino, y se pasa por tamiz de diferentes números de mallas (20 a 100).*

Humedad



***Figura 3.-** Determinación de humedad, muestra tomada 5 gramos, a una temperatura de 105°C por 3 horas en estufa.*

Cenizas



Figura 4.- *Determinación de ceniza, muestra tomada 5 gramos, a una temperatura de 600°C por 3 horas en mufla.*

Extracto etéreo



Figura 5.- *La muestra máxima deberá tener un 10% de humedad, muestra tomada 5 gramos, éter 160ml, extracción por 4 o 5 horas en extractor Soxhlet.*

RESULTADOS



Figura 6.- *Obtención de harina a partir de cáscara de plátano amarillo.*



Figura 7.-*Obtención de harina a partir de cáscara de plátano verde.*

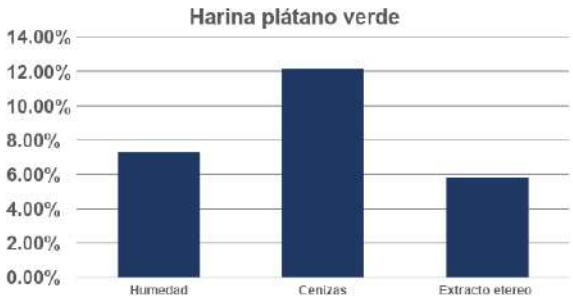


Figura 8.- *resultados análisis proximal harina plátano verde.*

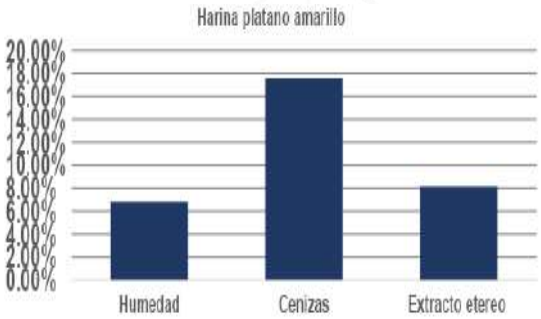


Figura 9.- *resultados análisis proximal harina plátano amarillo.*

CONCLUSIONES. Las harinas obtenidas mostraron un gran potencial como base para fortificar alguna otra harina y como ingrediente funcional; por ello, puede ser incluida en recetas nutricionales, si se desea realizar una receta y combina la harina de plátano, se sugiere utilizar el 5% de harina de plátano y el resto de la harina base.

REFERENCIAS.

1. Acosta Coello, CS y Parodi Pelirroja Almendra, BV (2021). Diseño y validación de receta nutricional de snack elaborado con harina de cáscara de plátano verde (Musa paradisiaca). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
2. de Ingeniero Agroindustrial, IDETDEICPALAODELT (nd). CARRERA DE AGROINDUSTRIA. Edu.Ec. Recuperado el 1 de agosto de 2024 de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2230/1/TIC_AI54D.pdf
3. Encarnación, S. S., & Salinas, J. D. (2017). Elaboración de harina de plátano verde (Musa paradisiaca) y su uso potencial como ingrediente alternativo para pan y pasta fresca (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2017.).
4. Falla Dejo, F. T., & Ramón Lluén, M. Y. (2018). Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca).
5. Universidad Central de Venezuela Facultad de Ciencias Escuela de Biología Departamento de Tecnología de Alimentos. Elaboración de harina de pulpa y cáscara de plátano verde clon hartón común para la formulación de una mezcla de harina para arepas a base de plátano: maíz. (n.d.). http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/8988/1/Tesis%20COLMENARES%20LEAL.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324193

EFECTO DE LOS CICLODIPÉPTIDOS BACTERIANOS DE *Pseudomonas aeruginosa* PA01 SOBRE LAS ENTEROBACTERIAS DE LA MICROBIOTA INTESTINAL Y LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN UN MODELO DE OBESIDAD

Marlene Estefania Campos Morales[1], Lorena Martínez Alcantar[2], Asdrúbal Aguilera Méndez[3], Jesús Campos García[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1435830h@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; lorena.martinez@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; amendez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jesus.campos@umich.mx

Palabras Clave: Ciclodipéptidos, microbiota intestinal, disbiosis, obesidad.

RESUMEN. Pseudomonas aeruginosa PAO1 es una bacteria productora de ciclodipéptidos (CDPs) también conocidos como 2,5-dicetopiperazinas, siendo los péptidos cíclicos más pequeños encontradas en la naturaleza. En la actualidad se conoce que P. aeruginosa produce una mezcla de CDPs conformada por: ciclo (L-Pro-L-Tyr), ciclo (L-Pro-L-Phe) y ciclo (L-Pro-L-Val). Diversas investigaciones han demostrado que tienen una amplia gama de efectos bioactivos como antiviral, antitumoral, antiinflamatoria, inmunosupresora, antifúngica y antibacteriana. En este trabajo se investigó el efecto de la administración de los CDPs en un modelo de ratas Wistar con disbiosis inducida por obesidad. Durante 10 semanas se administraron CDPs y se determinó el contenido de nutrientes no absorbidos (proteínas, carbohidratos, lípidos) parámetros fisicoquímicos, (peso, humedad y pH) así como las unidades formadoras de colonia (UFC) en las heces. Los resultados obtenidos indicaron que la administración de los CDPs genero modificaciones en el contenido bacteriano de las heces, sin generar cambios en la absorción de nutrientes, sugiriendo que los CDPs de P. aeruginosa tienen la capacidad de modificar la microbiota intestinal y mantener el estado nutricional de ratas Wistar con disbiosis por obesidad.

INTRODUCCIÓN. La microbiota intestinal está conformada por una gran cantidad de microorganismos como hongos, protozoos, cianobacterias y en mayor proporción bacterias, dentro de estas se encuentran las proteobacterias, un grupo filogenético al que pertenecen las enterobacterias: Escherichia coli, Salmonella spp, Shigella spp, Proteus spp, Klebsiella pneumoniae y Pseudomonas aeruginosa, que al estar en equilibrio con el hospedero juegan un papel importante para mantener un estado de salud favorable (denominado eubiosis), mientras que cuando se pierde dicho equilibrio por diversos factores se le conoce como disbiosis. Al haber disbiosis, se altera este equilibrio, provocando que estas bacterias colonicen en mayor proporción al huésped y por consiguiente causando enfermedad al hospedero. La disbiosis está asociada a una gran cantidad de enfermedades inflamatorias, autoinmunes, enfermedades neoplásicas, neurodegenerativas y metabólicas, como lo es la obesidad. Otra característica de la disbiosis es que se generan modificaciones en las

células del intestino que se pueden ven reflejadas como cambios en la permeabilidad intestinal, generando así cambios en las heces.

ANTECEDENTES. Kim, J. A., Jang y colaboradores en el 2021 evaluaron el efecto del CDPs Phe-Pro obtenido de Vibrio vulnificus en diferentes cepas de Bacteroides vulgatus aisladas del intestino de ratón, en donde la presencia de estas cepas es asociada a salud intestinal. Ellos nos muestran que, a diferentes concentraciones de este CDP, se modifica el crecimiento de las bacterias del género Bacteroides, llegando a la conclusión de que a mayor concentración de CDP disminuye la población bacteriana. Hatanaka y colaboradores en el 2020 evaluaron los CDP (ciclo Val-Leu y ciclo Val-Ile) obtenidos de Bacillus subtilis en el crecimiento de diferentes Bifidobacterias aisladas del colon humano, llegando a la conclusión de que la presencia de la mezcla de estos CDPs aumenta el crecimiento de estas bacterias respecto a su control. Por otro lado, Carrieri y colaboradores en el 2020 evaluaron el efecto del CDP L-Pro-L-Phe obtenido de Paraphaeosphaeria sporulosa (hongo endófito) en la inhibición del crecimiento de Salmonella entérica, llegando a la conclusión de que a mayor concentración de CDP mayor es la inhibición del crecimiento de Salmonella entérica.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de los CDPs de Pseudomonas aeruginosa PA01 sobre las enterobacterias presentes en la microbiota a nivel intestinal en un modelo de disbiosis por obesidad en ratas Wistar y su repercusión en la permeabilidad intestinal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se administro una dieta obesogénica durante 55 semanas en ratas Wistar para la inducción de disbiosis por obesidad, a lo largo de la inducción se realizaron monitoreos de peso, longitud y consumo de alimento. Una vez llegada la semana 45 del consumo de la dieta obesogénica, se administraron intraperitonealmente con una dosis de 10 mg/kg de peso de ciclodipéptidos obtenidos de Pseudomonas aeruginosa PA01, durante 10 semanas. Al terminar las administraciones se realizó la eutanasia de los animales. Durante la administración del tratamiento de CDPs se realizaron evaluaciones de parámetros como UFC, proteínas, carbohidratos, lípidos, pH, humedad y peso de las heces de rata. Para la evaluación de los distintos parámetros, primero se realizó una colecta total de heces de 24 h por grupo, se llevaron a peso constante los crisoles, posteriormente se pesó una muestra representativa de heces y se llevaron a secado en estufa por 48 h, una vez transcurrido el tiempo se pesó nuevamente la muestra, obteniendo así el porcentaje de humedad de las muestras. Posteriormente se tomó una muestra representativa de heces y se disolvió en agua destilada estéril, de esta solución de heces se tomó una alícuota, la cual se llevó a dilución seriada en agua peptonada al 1% y posteriormente se aplicó la técnica de goteo en placa, la cual se colocó una gota sobre la superficie de cajas con medio LB agar y una vez concluida la administración de CDPs se realizó esta misma prueba en un medio selectivo para enterobacterias. Se incubaron por 24 h y se procedió con el conteo de UFC. Así mismo de la fase líquida de la muestra se tomó una alícuota para la cuantificación de proteínas, mediante la técnica de Bradford y otra para la cuantificación de carbohidratos totales mediante la reacción de fenol-ácido sulfúrico y posteriormente mediante espectrofotometría se cuantificaron las muestras. En el caso de la cuantificación de lípidos, se aplicó la técnica de extracción de lípidos Bligh dyer, la cual consiste en hacer una extracción de lípidos de las heces solidas usando cloroformo, agua y metanol, posteriormente mediante gravimetría se determinó la cantidad de grasa obtenida. Para la

medición del pH, de la fase liquida obtenida de la solución de heces, se sumergió el potenciómetro y se obtuvo la lectura del pH de las heces.

RESULTADOS. Antes de la administración de los CDPs las heces de los animales obesos presentan una disminución en el contenido de humedad y el pH. (Fig. 1)

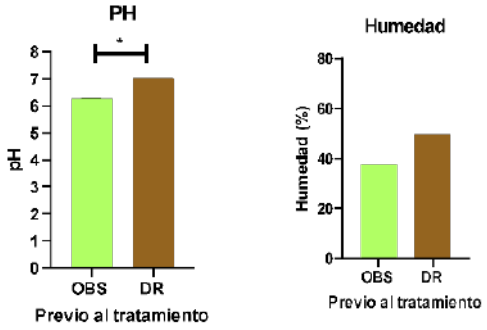


Figura 1. *Evaluación de humedad y pH antes de la administración de CDPs.*

Los animales obesos presentan en sus heces mayor de carbohidratos y proteínas antes de la administración de CDPs (Fig. 2).

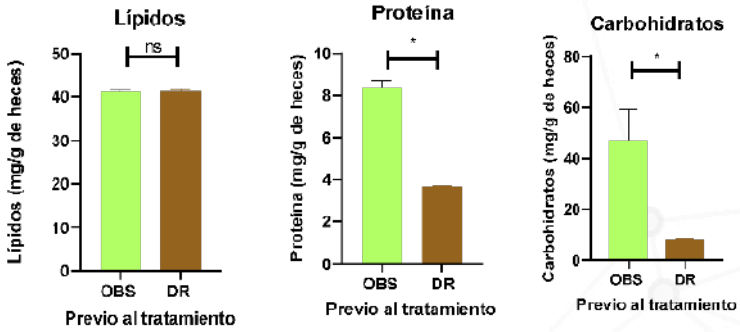


Figura 2. *Cuantificación de sustratos no metabolizables como proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en las heces antes de la administración con CDPs.*

Al realizar la cuantificación de UFC presentes en heces previo a la administración de CDPs, se observó que los animales no obesos presentaban mayor contenido de UFC (Fig. 3).

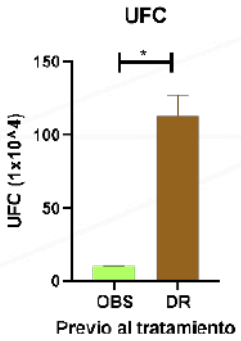


Figura 3. *Cuantificación de UFC de bacterias aerobias, mesófilas, crecidas en LB y presentes en heces, antes de la administración con CDPs en animales obesos.*

Posteriormente al realizar la administración de CDPs, el grupo obeso presento un ligero incremento en el contenido de humedad, si ser estadisticamente significativo. La administración de CDPs propició una modificación en el pH de las heces de los animales que fueron administrados (figura 4). Adicionalmente se observo que la administración de CDPs provoco un amuento en la cantidad de carbohidratos y proteínas presentes en las heces de animales alimentados con una dieta regular (figura 5). Con respecto al análisis de las UFC se observo que los animales obesos administrados con CDPs no presentaron cambios, sin embargo, en el análisis del conteo especifico para UFC de enterobacterias, no bubo crecimento de este grupo de microorganismos en los animales que recibieron este tratamiento posterior.

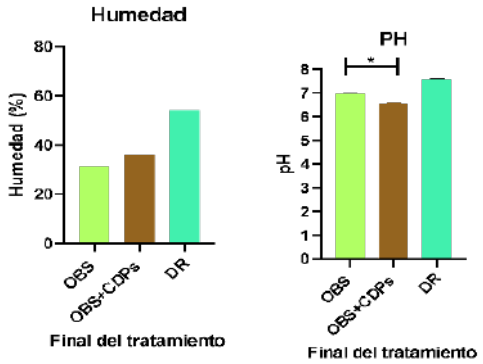


Figura 4. *Cuantificación de humedad y pH en heces, al terminar el periodo de administración de 10 semanas con CDPs.*

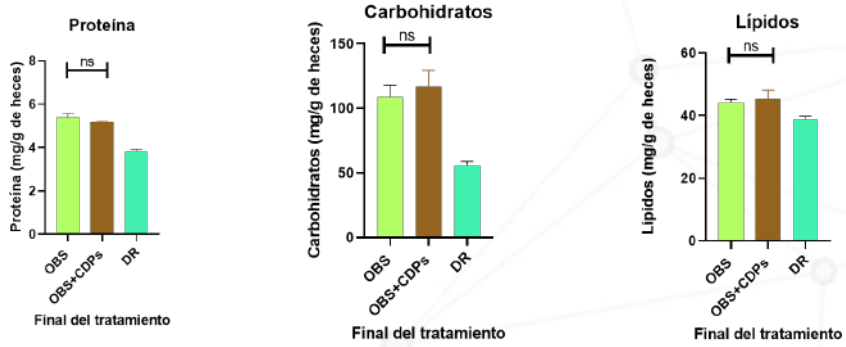


Figura 5. *Cuantificación de sustratos no metabolizables presentes en heces (proteínas, carbohidratos y lípidos) posterior a la administración de 10 semanas con CDPs.*

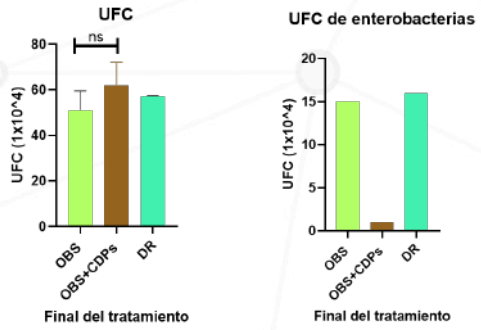


Figura 6. *Cuantificación de UFC de bacterias aerobias, mesófilas y crecidas en medio LB de heces de rata Wistar tratadas por 10 semanas con CDP. Y cuantificación de UFC correspondientes a enterobacterias en medio selectivo después de 10 semanas de administración con CDPs.*

CONCLUSIONES. La administración de CDPs disminuye el contenido de enterobacterias presentes en las heces de animales obesos sin afectar la perdida de nutrientes como lípidos, carbohidratos y proteínas.

REFERENCIAS.

1. Carrieri, R., Borriello, G., Piccirillo, G., Lahoz, E., Sorrentino, R., Cermola, M., Bolletti Censi, S., Grauso, L., Mangoni, A., & Vinale, F. (2020). Antibiotic Activity of a Paraphaeosphaeria sporulosa-Produced Diketopiperazine against Salmonella enterica. Journal of fungi (Basel, Switzerland), 6(2), 83. https://doi.org/10.3390/jof6020083
2. Hatanaka, M., Morita, H., Aoyagi, Y. et al. Effective bifidogenic growth factors cyclo-Val-Leu and cyclo-Val-Ile produced by Bacillus subtilis C-3102 in the human colonic microbiota model. Sci Rep 10, 7591 (2020). https://doi.org/10.1038/s41598-020-64374-w
3. Kim, J. A., Jang, B. R., Kim, Y. R., Jung, Y. C., Kim, K. S., & Lee, K. H. (2021). Vibrio vulnificus induces the death of a major bacterial species in the mouse gut via cyclo-Phe-Pro. Microbiome, 9(1), 161.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324194

TOXICIDAD DEL NUCLEOPOLIEDROVIRUS MÚLTIPLE DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) MICROENCÁPSULADO CON DIÓXIDO DE TITANIO (TIO2) SOBRE LARVAS DE SEGUNDO ESTADIO

María José Torres Martínez[1], Andrés Cruz Hernández[1], Ricardo Lozano Rosas[2], Ana M. Martínez Castillo[3], Sinue I. Morales Alonso[1]

1 Escuela de Agronomía, Universidad La Salle Bajío Campus Campestre, majotorr2001@gmail.com, acruz@lasallebajio.edu.mx smorales@lasallebajio.edu.mx.

2 Coordinación de Óptica, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. ricardo.lozano@inaoep.mx.

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ana.martinez@umich.mx.

Palabras Clave: Gusano Cogollero, Baculovirus, Nanopartículas.

RESUMEN. El Nucleopoliedrovirus múltiple de S. frugiperda (SfMNPV) ha demostrado ser un agente de control biológico efectivo contra las larvas de esta plaga. Sin embargo, la estabilidad y efectividad del virus pueden verse afectadas por factores ambientales, lo que limita su uso a gran escala. El objetivo del presente estudio fue, evaluar la toxicidad de microencápsulado del SfMNPV con partículas de dióxido de titanio (TiO2) sobre larvas de S. frugiperda, así como el peso de pupa y hembras formadas. Se establecieron cinco tratamientos: 1) agua, 2) Polímero PMMA (150 mg/ml), 3) TiO_2 (10 mg/ml), 4) Virus (1.74×104 OBs/ml) y 5) TiO_2 (10 mg/ml) + SfMNPV (1.74×104 OBs/ml). El método de inoculación utilizado fue la técnica de gota, ofrecida a larvas de segundo estadio de S. frugiperda. Posteriormente, se individualizaron en placas de cultivo de tejidos, las larvas se revisaron cada 24 h. La mortalidad sobre larvas de S. frugiperda fue significativamente mayor en los tratamientos de virus (54%) y TiO_2 + SfMNPV (60%) respecto al resto de los tratamientos (entre 1 a 4%). En cambio, no hubo un efecto por ninguno de los tratamientos sobre el porcentaje de hembras formadas en pupa (~50%) y peso pupal (185 a 207 mg/pupa). Se concluye que la microencapsulación del SfMNPV con TiO_2 aumentó significativamente la mortalidad en larvas de S. frugiperda, sin afectar el desarrollo pupal ni el porcentaje de hembras. Esta alternativa nanotecnológica en combinación con el virus podría ofrecer una estrategia sustentable para el control biológico de esta plaga.

INTRODUCCIÓN. En México, el cultivo de maíz, Zea mays L., es uno de los cultivos más importante, donde representa un componente esencial en la dieta de la sociedad y la economía agrícola (Sahagún-Castellanos et al., 2020). Sin embargo, su producción enfrenta desafíos significativos debido a la presencia de plagas, como, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) conocida como gusano cogollero del maíz, esta plaga ha mostrado una capacidad notable de adaptación y resistencia a los métodos tradicionales de control, lo que ha generado una preocupación creciente entre los productores (Harrison, 2021). Para mitigar el impacto de S. frugiperda, se han implementado diversas estrategias de control, destacándose el uso de agentes biológicos como los baculovirus, en particular

el Nucleopoliedrovirus múltiple de S. frugiperda (SfMNPV). En este sentido, se ha reportado que el SfMNPV ha causado una mortalidad en condiciones de campo hasta del 80% (García-Banderas et al. 2020). No obstante, la efectividad del SfMNPV puede verse comprometida por factores ambientales como la luz ultravioleta y las altas temperaturas, que reducen su estabilidad y eficacia en campo para el control de S. frugiperda (Cory & Myers, 2003). En este contexto, el uso de nanopartículas para mejorar la estabilidad y efectividad del SfMNPV, podría ser a través de microencápsulado del virus con partículas como, dióxido de titanio; esto, debido a que ha demostrado esta partícula un potencial como vehículos de protección para este agente biológico, mejorando su resistencia a las condiciones ambientales y facilitando su infección sobres las larvas del gusano cogollero (Ragaei & Sabry, 2014).

ANTECEDENTES.

***Spodoptera frugiperda* y su importancia en el cultivo de maíz.** *Spodoptera frugiperda*, es una de las plagas más destructivas para el cultivo de maíz a nivel mundial (Goergen et al., 2016). Es una especie que tiene una metamorfosis holometábola, pasando por huevo (2 a 5 días), larva (14 a 20 días), pupas (8 a 10 días) y adultos (7 a 21 días). De igual forma, su capacidad para migrar largas distancias, así como, una rápida infestación de grandes áreas del cultivo de maíz, causando daños significativos en la producción, hasta un 60% de pérdidas (Harrison et al., 2019); representando una grave amenaza para la seguridad alimentaria (Flores-Gutiérrez et al., 2020). **Partículas de dióxido de titanio (TiO_2) en combinación con el SfMNPV en el control de *S. frugiperda*.** La combinación de TiO_2 con el SfMNPV ha mostrado resultados significativos en la residualidad del virus en condiciones de campo que van de los 10 a los 14 días (Lozano-Soria et al., 2018). Este enfoque nanotecnológico ha permitido no solo mejorar la estabilidad del virus, sino también potenciar su efectividad al incrementar el contacto del agente viral con las larvas de *S. frugiperda* (Cory & Franklin, 2012). Además, el uso de TiO_2 puede contribuir a reducir la dosis necesaria del virus, optimizando los costos de aplicación y disminuyendo el riesgo de efectos adversos en organismos no objetivo (entomofauna benéfica) (Carballo et al., 2021).

OBJETIVO. Evaluar la toxicidad de microencápsulado del SfMNPV con partículas de dióxido de Titanio (TiO2) sobre larvas de S. frugiperda, así como el peso de pupa y hembras formadas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Síntesis de las nanopartículas de TiO_2. Las nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) se sintetizaron utilizando el método hidrotermal. Para ello, se empleó isopropóxido de titanio como precursor, disuelto en 20 ml de agua y agitado durante 15 minutos. Posteriormente, la solución se introdujo en un reactor hidrotermal a una temperatura de 140 °C durante 4 horas. Una vez concluido el proceso, la solución se secó a 120 °C por un periodo de 2 horas. Para la preparación de las nanocápsulas, se utilizó alginato de sodio como medio para dispersar las nanopartículas de TiO_2, mediante una bomba peristáltica que controló el diámetro de las partículas. Posteriormente, se mezclaron el alginato de sodio y las nanopartículas de TiO_2 con el nucleopoliedrovirus múltiple de *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV). La mezcla se vertió por goteo sobre el aislado Sf-CHI, formando microencápsulado estables de virus a base de TiO_2.

Evaluación del microencápsulado del SfMNPV con partículas de TiO_2 sobre larvas de *S. frugiperda.* Se establecieron los siguientes tratamientos: 1) agua, 2) Polímero (PMMA 150 mg/ml), 3) TiO_2 (10 mg/ml), 4) Virus (1.74×10^4 OBs/ml) y 5) TiO_2 + SfMNPV. Las larvas bioensayadas fuero de segundo estadio de *S. frugiperda*, así como el SfMNPV, ambos fueron proporcionados por la Dra. Ana Mabel Martínez Castillo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Para la inoculación de cada tratamiento sobre las larvas del gusano cogollero, se utilizó el método de gota (Huges y Wood 1981). Para esto, se distribuyeron al azar entre 35 y 40 gotas de cada tratamiento en cajas de Petri, a los tratamientos se les añadió un colorante artificial azul marino. Posteriormente, se introdujeron 35 larvas de *S. frugiperda*, las cuales se dejaron en ayuno por 5 horas, para asegurar una mayor ingesta de las gotas. Las larvas que ingirieron la solución, confirmadas por la coloración azul en su cuerpo, fueron transferidas individualmente a placas de cultivo de tejidos con 24 celdas, conteniendo ~1 gr de dieta artificial (Poitout y Bues, 1974). Se establecieron tres repeticiones para cada tratamiento, las larvas se mantuvieron bajo condiciones de laboratorio (25 ± 2 °C y 56 ± 5% HR) y se revisaron cada 24 horas a partir del tercer día de inoculación, registrando la mortalidad y sobre aquellas larvas sobrevivientes se determinó el porcentaje de hembras formadas en pupa y peso de pupa. Los datos obtenidos se sometieron al procedimiento de Modelos Lineales Generalizados (Proc GLM) en el programa SAS (Versión 9.3). La separación de medias se realizó mediante la prueba de Media de Mínimos Cuadrados (LSMEANS).

RESULTADOS. La mortalidad sobre larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* por los tratamientos de PMMA, TiO_2, SfMNPV y TiO_2 + SfMNPV se vio afectada estadísticamente (DF=9; F= 33.18; P= 0.0001) a las 120 horas después de la inoculación (Fig. 1).

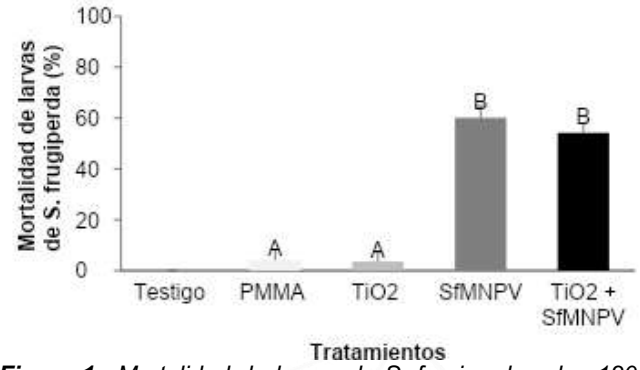


Figura 1. *Mortalidad de larvas de S. frugiperda a las 120 h después de la inoculación de los tratamientos. Barras etiquetadas con diferente letra son significativamente diferentes (GLM y separación de medias LSMEANS; P ≤ 0.05).*

Registrando los porcentajes más altos de mortalidad sobre las larvas de S. frugiperda por los tratamientos de SfMNPV y TiO2 + SfMNPV de 60% y 54% respectivamente, ambos diferentes estadísticamente con respecto al resto de los tratamientos, incluido el testigo (Fig. 1).

El porcentaje de la formación de hembras en pupas de S. frugiperda no se vio influido (gl = 3; F = 0.21; P = 0.88) por ninguno de los tratamientos inoculados en larvas de segundo

estadio de esta plaga (Fig. 2). Registrando una tasa de formación en todos los tratamientos entre 41 a 50%.

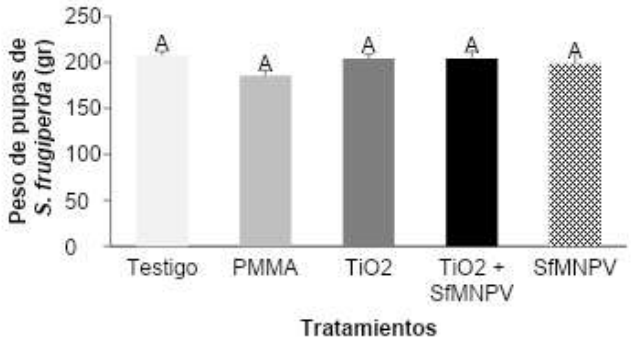
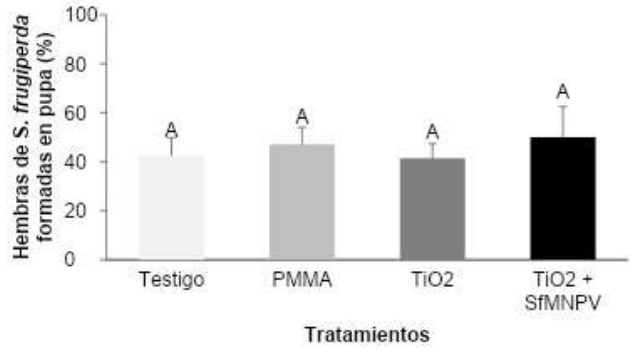


Figura 2. *Formación de hembras en pupas de S. frugiperda provenientes de larvas inoculadas con los distintos tratamientos. Barras etiquetadas con la misma letra no muestran diferencia significativa (GLM y separación de medias LSMEANS; P < 0.05).*

Figura 3. *Peso de las pupas (gr) de S. frugiperda, provenientes de larvas inoculadas con los distintos*



tratamientos. Barras etiquetadas con la misma letra no muestran diferencia significativa (GLM y separación de medias LSMEANS; P < 0.05).

El peso de las pupas de S. frugiperda no se vio influido (gl = 4; F = 2.28; P = 0.0675) por ninguno de los tratamientos cuando las larvas de segundo estadio fueron inoculadas con el PMMA, TiO2, SfMNPV o en combinación (Fig. 3). Sin embargo, el PMMA fue en donde se obtuvo el menor peso de 185 gr/pupa de S. frugiperda, comparado con el resto de los tratamientos en donde se registró ~205 gr/pupa (Fig. 3).

CONCLUSIONES. La combinación de TiO_2 con el SfMNPV incrementa de manera significativa la mortalidad de las larvas de segundo estadio de S. frugiperda. Sin embargo, ninguno de los tratamientos evaluados influyó en la formación de hembras o en el peso de las pupas, lo que sugiere que la combinación de TiO_2 con el virus tiene un efecto tóxico, pero no efectos subletales. Esto demuestra el potencial de esta nanopartícula en el control biológico de esta plaga, incrementando la efectividad del virus.

REFERENCIAS.

1. Carballo, A., Villamizar, L., & Barrera, G. (2021). Advances in the development and application of baculovirus formulations as biological insecticides in Latin America. Viruses, 13(1), 205. https://doi.org/10.3390/v13020205

2. Cory, J. S., & Myers, J. H. (2003). The ecology and evolution of insect baculoviruses. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 34(1), 239-272. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132402
3. Cory, J. S., & Franklin, M. T. (2012). Evolution and the microbial control of insects. Evolutionary Applications, 5(4), 313-323.
4. Flores-Gutiérrez, L. J., Rodríguez-Hernández, J. A., & López-Lavalle, L. A. (2020). Impacto económico del gusano cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda) en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11(2), 387-396.
5. García-Banderas, D., Ibarra-Laclette, E., & Martínez-Rodríguez, P. (2020). Genome sequencing of a Spodoptera frugiperda nucleopolyhedrovirus (SfNPV) strain isolated in Mexico. Virus Research, 277, 197841. https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.197841
6. Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., & Tamo, M. (2016). First report of outbreaks of the fall armyworm Spodoptera frugiperda (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. PloS One, 11(10), e0165632. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632
7. Harrison, R. D., Arcos-Terán, D. C., & Murillo, R. (2019). Regional assessment of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) damage in maize fields in the Andean region of Ecuador. Journal of Insect Science, 19(3), 1-6.
8. Harrison, R. L. (2021). Resistance of Spodoptera frugiperda to Bacillus thuringiensis toxins and other insecticides: A global overview. Journal of Invertebrate Pathology, 186, 107700. https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107700
9. Hughes, P. R., & Wood, H. A. (1981). A synchronous peroral technique for the bioassay of insect viruses. Journal of Invertebrate Pathology, 37(2), 154-159. https://doi.org/10.1016/0022-2011(81)90069-6
10. Lozano-Soria, C., López-Cortés, J., & Castro-Jiménez, M. (2018). Uso de nanopartículas en el control biológico de plagas agrícolas: Una revisión. Revista Colombiana de Entomología, 44(2), 178-185. https://doi.org/10.25100/socolen.v44i2.7317
11. Ragaei, M., & Sabry, A. H. (2014). Nanotechnology for insect pest control. International Journal of Science, Environment and Technology, 3(3), 528-545.
12. Sahagún-Castellanos, J., Bravo-Avilez, D., & Ojeda-Trejo, E. (2020). Importancia socioeconómica del maíz en México: Retos y oportunidades para su producción. Revista Mexicana de Agronegocios, 45(2), 15-27. https://doi.org/10.1016/j.rma.2020.02.003

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324195

PROPUESTA DE VALOR DE LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO VARIEDAD CAVENDISH

Rebeca Flores Magallón, Valeria Álvarez Martínez, Pedro Cesar Partida Ordaz

Palabras Clave: Residuos, Plátano, Lombricultura.

RESUMEN. El objetivo de la presente investigación es valorar los subproductos que se pueden obtener de los desechos del plátano variedad Cavendish en la cadena de suministro de este cultivo. Para lo cual se realizó el proceso de biodegradación del plátano y cáscara variedad Cavendish por la técnica de la lombricultura, además cáscara de este fruto se deshidrató y posteriormente trituró para obtener un abono orgánico que se caracterizaron física, química y microbiológicamente. Respecto al desecho de plátano que no maduró se obtuvo la pulpa de tal forma que fue deshidratada para obtener harina. Se determinó la presencia o ausencia de Salmonella sp., Escherichia coli, Mohos, Levaduras, además se realizó una caracterización bromatológica de acuerdo a la metodología de la AOAC. Como resultado, se obtuvieron dos vermicompostas en un lapso de 75 días, mientras que el abono orgánico fue en 90 días. Respecto a los análisis realizados se obtuvieron valores que se encuentran dentro de los parámetros permisibles de la NMX-FF-109-SCFI-2008, que permite considerar estos abonos orgánicos aptos para uso agrícola. Los análisis realizados a la harina obtenida de la pulpa de los desechos resultan ser apta para consumo humano.

INTRODUCCIÓN. La mayoría de los residuos generados pueden ser aprovechados, ya que un 87,46% de ellos son reciclables y compostables. Esto significa que solamente el 12,54% de los residuos son considerados como desechos que necesitan ser depositados en un vertedero (Cabello et al., 2020). El cultivo de plátano se considera uno de ellos, debido a que genera grandes cantidades de desperdicio produciendo una serie de afectaciones tanto económicas como ambientales y sociales (Velasteguí et al., 2017). Estos residuos en su mayoría son generados en la agroindustria los cuales se producen desde la cosecha, transformación y procesamiento hasta llegar al producto terminado (Hadinoto et al., 2023, Castro-Muñoz, 2023). “Se estima que hasta un tercio de los alimentos producidos en el mundo (1.3 mil millones de toneladas) terminan como residuos” (Benítez, 2020). Este acontecimiento sucede por dos factores principalmente. El primero es que todos los productos derivados de la agricultura sufren un deterioro natural o inducido y el segundo factor es que estos alimentos naturales no son totalmente comestibles. Por lo tanto, es sumamente importante generar estrategias que impliquen la disminución de estos desperdicios o la utilización de ellos en recursos beneficiosos para la sociedad en general y alternativas para la disminución del uso de sustancias químicas en el sector agrícola. La técnica de la lombricultura es una alternativa para descomponer los desechos orgánicos del plátano y producir lombricompostas. Esta técnica se considera como una de las más beneficiosas para la fertilización orgánica, ya que proporciona una alimentación equilibrada a las plantas y aporta al suelo una gran cantidad de elementos esenciales para su crecimiento. Por lo tanto, el propósito de la presente investigación es valorar los subproductos que se pueden obtener de los desechos del plátano, caracterizando física,

química y microbiológicamente los residuos del fruto del plátano variedad Cavendish mediante la generación de abono orgánico, durante el proceso de lombricomposteo con la lombriz Eisenia Foetida.

ANTECEDENTES. Existen diversos estudios que se han realizado para el aprovechamiento de los residuos del plátano. La lombricultura ha sido una alterativa viable para el aprovechamiento de estos recursos, es considerada como una respuesta simple, racional y económica que permite explotar las características y propiedades de la lombriz de tierra para reciclar los materiales orgánicos y transformarlos en un fertilizante de alta calidad (Delgado, 1982, Velásquez et al 1986, Flores y Alvira 1988, Pérez y Rodríguez 1993) citados por Cruz et al (1997). Se ha demostrado que el uso de los residuos de cosecha plátano combinados con distintos elementos como cachaza, estiércol bovino y aserrín, constituyen una alternativa para la lombricultura a pequeña y mediana escala (Cuéllar, et al., 2012, Méndez, 2015). Así mismo, Kumar et al., (2023) realizaron una lombricomposta a partir de desechos de la planta del plátano, haciendo uso específicamente de las hojas de este cultivo, añadiendo biochar y estiércol bovino, concluyendo que esta combinación puede ser utilizada para la producción de lombricomposta rica en nutrientes. Por otro lado, Sedeño, en el 2022 realizó una investigación y estudio del aprovechamiento de estos residuos del cultivo del plátano, donde menciona que la cantidad que se genera durante las diferentes etapas de su producción no se encuentra documentada al 100%, existe información de América del Sur en cuanto a residuos generados durante las primeras etapas, así como de Europa, principalmente de Gran Bretaña, para la cuantificación de los residuos generados durante el consumo. En México no existe una cantidad exacta de residuos de plátano generados por pérdida en alguna de las etapas de la producción, pero si hay información creciente con respecto a las propiedades benéficas de la fruta y sus usos, dando una alternativa del posible aprovechamiento de la fruta para evitar su pérdida principalmente en estado verde.

OBJETIVO. Valorar los subproductos que se pueden obtener de los desechos del plátano variedad Cavendish en Coahuayana, Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Caracterización física, química y microbiológicamente de la vermicomposta. Desarrollar un abono orgánico y caracterizarlo físico, químico y microbiológicamente. Desarrollar una harina de plátano y caracterizarla física, química, microbiológica y bromatológicamente.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente investigación se desarrolló en dos fases, en el laboratorio y en el invernadero del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Michoacán, en el municipio de Jiquilpan de Juárez, Michoacán, ubicado en la latitud norte 19º 59´ 55” (en decimal 19.998618) y en la longitud oeste 102º 42´ 22.8” (en decimal -102.706324), a una altitud de 1,500 msnm. (Google Maps, 2024). **Obtención de residuos de plátano.** El desecho del plátano se obtuvo de la empresa Nutriplatanos de Occidente, así como, de la planta Fruits Products, S.A de C.V. Elaboración de la vermicomposta a partir de desechos del plátano. Para obtener la vermicomposta se siguió la metodología descrita por Arellano (2020). **Obtención del abono orgánico.** El abono se obtuvo de las cascaras del plátano y se dejó que se biodegradara por sí solo. Una vez que fueron obtenidos ambos sustratos se procedió a realizar la caracterización física química y microbiológica. Para determinar sus

características físicas y químicas se siguió la metodología propuesta por la NMX-FF-109-SCFI-2008; Etchevers et al., 1982 además de determinar el índice de germinación. Las determinaciones microbiológicas fueron Salmonella spp, Escherichia coli de acuerdo a la NOM-210-SSA1-2014, además de identificar Mohos y Levaduras por la NOM-111-SSA1-1994. **Obtención de la harina.** La harina se obtuvo de aquellos plátanos que no estuvieron madurados a tiempo, para lo cual estos fueron despojados de la cascara y ya el fruto como tal fue cortado en tiras con un grosor de 1 para posteriormente colocarlos sobre una malla y dejarlos secar a temperatura ambiente durante 6 h, una vez que transcurrió el tiempo se colectaron en charolas de acero inoxidable y posteriormente se sometieron a temperatura de 350C durante 2 h. Después de obtener las tiras de plátano secas, estas fueron trituradas. Finalmente, en este proceso se realizaron los análisis microbiológicos: NOM-111-SSA1-1994 para Mohos y Levaduras, NOM-114-SSA1-1994 para Salmonella sp., NOM-112-SSA1-1994 para Organismos Coliformes Totales y Fecales, Met. MUG + Fluprescencia para Escherichia coli. (Jenkins et al., 1980) y bromatológicos de acuerdo a la AOAC, 2008.

RESULTADOS.

Vermicomposta. Las variables que influyen directamente en el ciclo biológico de la lombriz durante el proceso de biodegradación son: pH, temperatura y humedad. La temperatura y humedad se mantuvieron constantes, las temperaturas estuvieron fluctuando entre los 22 y 24 °C, en donde hubo diferencia estadísticamente significativas (P≤0.05), mientras que la humedad en todo el proceso de biodegradación fue de 79% a 80%, para el caso del pH este valor fue ácido para vermicomposta (2.9 y 4.0) al inicio y conforme fue avanzando el proceso de descomposición del plátano este llegó a estabilizarse con un pH neutro (figura 9), sin tener diferencia estadísticamente significativa. En general, *Eisenia foetida* evita sustratos ácidos (pH 4.5), debido a que la exposición prolongada a pH puede ser letal (Domínguez, 2004). Cada una de las variables consideras para la finalización del proceso de biodegradación del plátano por la técnica de vermicomposta se encuentran en los valores permisibles de acuerdo a la NMX-FF-109-SCFI-2008, la cual es utilizada como referencia para determinar si los valores obtenidos cumplen con las características de una vermicomposta madura y estable. En lo que respecta a la carga bacteriana de Organismos Coliformes Totales y Organismos Coliformes Fecales se observó que al iniciar el proceso las cuentas bacterianas son elevadas, sin embargo, conforme va avanzando y las lombrices ejercen su actividad estos disminuyen significativamente, lográndose una disminución de 6 logaritmos. Para el caso de Mohos y Levaduras, el comportamiento es muy similar a OCT y OCF. No hubo diferencias estadísticamente significativas (P≤0.05) en las variables anteriores entre las dos lombricompostas.

Abono orgánico. Se obtuvo en un período de 90 días, fue analizado microbiológicamente desde el día 0 hasta el final del proceso de biodegradación, cada 15 días. Estos análisis son un criterio que permiten conocer la calidad de este abono, debido a que su uso se pretende sea agrícola y se garantice la inocuidad de los alimentos. Los primeros 60 días, el abono orgánico dio positivo a *Salmonella* spp. y *E. coli,* sin embargo, a partir de la muestra a los 75 días hasta su finalización (90 días) este presentó una ausencia de estos microorganismos. La presencia de mohos y levaduras en los abonos orgánicos es normal debido a los residuos que se encuentran en descomposición. Es de suma importancia conocer sus concentraciones para determinar su forma de almacenamiento y si realmente hay una actividad microbiana benéfica. Es importante destacar que hay variables que no forman parte de esta norma, sin embargo, son considerados para tener una aracterización más completa y son comparados con parámetros que otros autores establecen como

normales. Los análisis correspondientes al abono orgánico culminaron con el análisis de germinación, para conocer la toxicidad del abono orgánico con disoluciones de agua destilada al 25%, 50%, 75% y 100%, obteniendo mejores resultados en la disolución de agua destilada al 75%. La harina generada a partir de la pulpa de plátanos verdes, la cual se obtuvo en un período de 12 días, fue analizado microbiológicamente al finalizar su proceso. Estos análisis son un criterio que permiten garantizar la inocuidad del alimento, debido a que su uso se pretende sea de consumo humano y se garantice la salud del consumidor. Es importante destacar que las normas con las que se comparan los valores permisibles de cada una de las variables microbiológicas consideras, no son propias de una harina de plátano, sino de harinas de cereales, que es el único producto con el que se puede hacer esta comparativa ya que no hay normativas que regulen este tipo de producto. A continuación, se muestran los resultados de este análisis:

Variable	Resultado	Valores permisibles	Normas
Coliformes Totales	<3 UFC/ gr	100	NOM-247-SSA1-2008
Coliformes fecales	<3 UFC/ gr	-	
Escherichia coli	Negativo	Negativo	NOM-247-SSA1-2008
Salmonella spp	Ausente	Ausente	NOM-247-SSA1-2008
Mohos	256 UFC/ gr	-	
Levaduras	689 UFC/ gr	-	

Tabla 1. *Caracterización microbiológica de la harina a base de plátano*

Los análisis bromatológicos (Tabla 2) fueron utilizados para determinar la composición química y nutricional de la harina ayudando a determinar las deficiencias o calidad del producto. Además, estos análisis permiten asegurar la seguridad alimentaria de los consumidores. No hay normativas como tal que establezcan parámetros permisibles para la elaboración y comercialización de harina de plátano, sin embargo, se hace una comparativa con el método AOAC el cual es ampliamente aceptado como la fuente de métodos químicos y microbiológicos de referencia para el análisis de alimentos y productos relacionados con la alimentación en todo el mundo. Sus métodos se utilizan para medir la calidad, seguridad y autenticidad de los productos alimentarios, así como para el análisis de nutrientes y aditivos en los alimentos. Sin, embargo, para tener una mayor seguridad se comparó del mismo modo con la NOM-187-SSA1/SCFI-2002 que establece especificaciones sanitarias, información comercial y métodos de prueba para productos y servicios como masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan.

Variable	Resultado	AOAC (2008).	NOM-187-SSA1/SCFI-2002
Humedad	9.15%	8% a 15%	15%
Solidos totales	10.77%		85%
Grasa	0.46%	1% a 10%	3%
Proteína	0.77%	6% a 15%	11%
Cenizas	1.50%	0,5% a 2%	4.50%

Fibra	0.90%	1% a 6%	5%
Carbohidratos	7.96%		

Tabla 2. *Caracterización bromatológica de harina hecha a base de plátano*
Valores permisibles de acuerdo a las especificaciones establecidos en la AOAC (2008) y la NOM-187-SSA1/SCFI-2002.

CONCLUSIONES. Los residuos de la producción y comercialización del plátano variedad Cavendish en Coahuayana, Michoacán son fuente aprovechable para la generación de productos en beneficio de la sociedad y el medio ambiente.

REFERENCIAS.

1. Benítez RO. (2020). Losses and food waste in Latin America and the Caribbean [online]. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean. Available from https://www. fao.org/americas/noticias/
2. Cabello, G. C., Landeo, O. T., & Areche, F. O. (2020). Manejo integral de residuos sólidos para minimizar la contaminación del ambiente en el distrito de Panao, Huánuco, Perú. Ambiente y Desarrollo, 24(46), 1-10.
3. Castro-Muñoz, R., Díaz-Montes, E., Gontarek-Castro, E., Boczkaj, G., & Galanakis, C. M. (2022). A comprehensive review on current and emerging technologies toward the valorization of bio-based wastes and by products from foods. Compr Rev Food Sci Food Saf. 21, 46–105. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12894
4. Cruz, E., V. Martínez, J.R. Placencia, E. García, M.D. García y R. Ferrer (1997). Evaluación microbiológica de un policultivo de lombrices de tierra en la depuración del residual porcino. Revista Computadorizada de Producción Porcina. (4):2
5. Cuéllar, A. A., Álvarez, J. E., Brito, A. N., Caraballoso, A., Jonhson, J. L., Báez, D. V., & López, P. P. (2012). Producción de humus de lombriz a partir de subproductos de cosecha del plátano (Musa spp.) y cachaza. Centro Agrícola, 39(1), 41-47.
6. Etchevers, J. D., Moraghan, J. T., & Jensen, R. E. (1982). Balance interno del agua en los tallos axilares de trigo bajo condiciones de déficit hídrico. Turrialba; Vol. 32, no. 1.
7. Hadinoto, K., Niemira, B. A., & Trujillo, F. J. (2023). A review on plasma-activated water and its application in the meat industry. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 00, 1–27. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13250
8. Méndez Peña, H. I. (2015). Uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción de humus con lombriz roja californiana (Eisenia foetida) (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
9. Norma Mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008). Humus de lombriz (lombricomposta), especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México.
10. Norma Oficial Mexicana (NOM-021-RECNAT-2000). Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324196

INTERACCIÓN DE FERRITAS DE MAGNESIO Y GLICINA-BETAÍNA: UNA ALTERNATIVA PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE Zea mays ANTE LA RESPUESTA AL ESTRÉS HÍDRICO

Nicolás Abraham Zamudio Durán[1], Salomón Eduardo Borjas García[2], Gladys Juárez-Cisneros[3], Javier Villegas[4]

1 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2251415x@umich.mx

2 Instituto de Física y Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; salomon.borjas@umich.mx

3 Investigadora por México CONAHCYT. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados, Ciudad de México; gladys.juarez@umich.mx

4 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; javier.villegas@umich.mx

Palabras Clave: Nanopartículas, Osmoprotección, Desarrollo Vegetal.

RESUMEN. Las nanopartículas (NPs) representan una alternativa para mejorar las prácticas agrícolas, al ser promotoras del crecimiento vegetal. La información actual es insuficiente para comprender el papel que NPs como las ferritas de magnesio (MgFe2O4) tienen sobre las plantas, en especial, en condiciones de estrés hídrico, siendo este un factor limitante en la germinación y establecimiento de las plantas. Asimismo, se ha documentado el potencial osmoprotector de compuestos como la glicina-betaína. Sin embargo, no se ha documentado su papel sinérgico en interacción con las ferritas para estimular la germinación de semillas bajo estrés hídrico. Por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de las NPs de MgFe2O4 en sinergia con Glicina-Betaína, como una alternativa para estimular la germinación en Zea mays cultivada en condiciones de estrés hídrico. Para ello, se suplementaron NPs con y sin interacción de Glicina-Betaína en 0, 5, 10 y 20 µg/ml, dividiendo el trabajo en dos fases: fase I: las semillas fueron cebadas con NPs en condiciones de déficit hídrico y sin estrés; mientras que en la fase II las semillas fueron cebadas en H2O durante 68 h y las NPs se adicionaron después de la germinación de la semilla en bioensayos in vitro. Los resultados de la fase I mostraron que las NPs sin estrés hídrico tuvieron una estimulación en el porcentaje de germinación, mientras que con estrés hídrico la Glicina-Betaína estimuló la germinación. Por otro lado, en la fase II mostraron que la sinergía que se logra entre las MgFe2O4 y Glicina-Betaína incrementaron el porcentaje de germinación sin estrés hídrico, mientras que con estrés hídrico se observó que las MgFe2O4 están promoviendo la tasa de germinación. En conclusión, las ferritas dopadas con magnesio pueden contribuir a estimular significativamente la germinación de las semillas de maíz y mitigar los efectos del estrés hídrico.

INTRODUCCIÓN. Las nanopartículas (NPs) en la agricultura han atraído cada vez más atención científica debido a su eficacia superior en la promoción de desarrollo vegetal en comparación con alternativas análogas convencionales (Kah et al., 2018) Trabajos de investigación han documentado el efecto de las NPs en la promoción del crecimiento de las plantas, y su contribución a reducir el impacto del estrés hídrico en las plantas (Vázquez-

Núñez, 2022). Por otro lado, el estudio de nanopartículas metálicas y óxidos metálicos han ido en aumento debido a que algunos metales juegan un papel crítico en los procesos bioquímicos de las plantas. Dentro del grupo de las NPs metálicas, se encuentran las ferritas, estas NPs pueden estar dopadas con distintos metales, como el Zn, Mn, Mg, etc. Las ferritas de magnesio ($MgFe_2O_4$) forman parte del grupo de los óxidos con una estructura tipo espinela, siendo esta una de las más importantes al tener propiedades eléctricas y magnéticas especiales y se posicionan con una amplia gama de aplicaciones (Maensiri et al., 2009) en distintas áreas como en la agricultura, al ser utilizadas en sistemas vegetales como el maíz (Zea mays) que es uno de los cultivos alimentarios más utilizados en el mundo, por otro lado, las condiciones de almacenamiento del maíz pueden afectar sus características de germinación y el potencial de vigor de las semillas, especialmente bajo estrés por sequía (Mahakham et al., 2017). Una de las técnicas que ayudan disminuir el efecto del estrés hídrico y estimular la germinación, así como el desarrollo vegetal es a través de la imprimación de semillas, la cual ha demostrado resultados apreciables para mejorar el establecimiento de la planta.

ANTECEDENTES. Algunos estudios han demostrado que las nanopartículas de ferrita dopadas con metales estimulan el crecimiento de las plantas (Yue et al., 2023), aceleran la germinación de las semillas (Yue et al., 2023) y aumentan la resistencia de las plantas al estrés abiótico y biótico (Ilyas et al., 2023; Tombuloglu et al., 2018). Se ha reportado un efecto beneficioso de las NPs de óxido de zinc (ZnO) sobre Lycopersicon esculentum, al generar en esta planta una mayor tolerancia al estrés salino, al mismo tiempo se ha documentado un aumento significativo en la longitud de los brotes y las raíces, la biomasa, el área foliar, el contenido de clorofila y la actividad fotosintética (Faizan et al., 2021). Sin embargo, de acuerdo con nuestro conocimiento, ningún estudio ha explorado la contribución de las $MgFe_2O_4$ sobre dichas variables agronómicas. Por otro lado, se ha estudiado el papel de la Glicina-Betaína como mecanismo de defensa de las plantas para aumentar su tolerancia al estrés (Tabassum et al., 2018). Estos compuestos son sintetizados por diversas especies vegetales en respuesta al estrés osmótico, para proteger la estructura e integridad de biomoléculas y membranas, estabilizar la estructura celular y proteger los componentes de la célula vegetal del daño oxidativo (Mahakham et al., 2017).

OBJETIVO. Evaluar el efecto de la imprimación de ferritas dopadas con magnesio ($MgFe_2O_4$) en sinergia con la Glicina-Betaína durante la germinación y etapa temprana de desarrollo de Zea mays cultivada en condiciones de estrés hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para este estudio se utilizaron nanopartículas sintéticas de ferrita dopadas con magnesio, las nanopartículas se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido. Por otra parte, la Glicina y la Betaína, se obtuvieron de SIGMA-ALDRICH®. Se prepararon soluciones de ferrita a concentraciones de 5,10 y 20 µg/ml y solución de Glicina-Betaína a 10mM (1:1). Esta solución se utilizó para bioensayos in vitro y se suplementaron individualmente y en sinergia en las semillas de maíz. Para evaluar la germinación de Z. mays, se cultivaron las semillas con ferritas dopadas con magnesio ($MgFe_2O_4$) en combinación con Glicina-Betaína en condiciones de estrés hídrico y sin estrés en bioensayos in vitro dosis-respuesta. Se dejaron incubando durante un periodo de 68 h. El experimento se dividió en dos fases. En la fase I, se realizó la imprimación de las semillas con 5, 10 y 20 µg/ml de ferritas de magnesio $MgFe_2O_4$, individual y combinada con Glicina-Betaína sin estrés hídrico y en condiciones de estrés hídrico. En la fase II se

repitió el mismo procedimiento que en la fase I, pero las NPs se suplementaron 24 h después de la siembra de las semillas.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos en los bioensayos de germinación de maíz sin estrés en la fase I mostraron que después de 68 horas con Glicina-Betaína se inhibió la germinación obteniéndose un 70% en comparación con el 75% de las semillas control, mientras que con $MgFe_2O_4$ a 5, 10 y 20 µg/ml solas se alcanzó un 80 - 85% de germinación y con la sinergía $MgFe_2O_4$ a 10 y 20 µg/ml con Glicina-Betaína se observó que el efecto inhibitorio de la Glicina-Betaína individualmente, se contrarrestó, alcanzando un 85% de germinación. Mientras que en la fase I con estrés a las 68 h se observó que la Glicina-Betaína sola generó un 95% de germinación en comparación del 20% del control y con $MgFe_2O_4$ y las $MgFe_2O_4$ en sinergía aumentaron al 75%. Por otro lado, en la fase II en condiciones sin estrés a las 68 h las NPs de $MgFe_2O_4$ a 5, 10 y 20 µg/ml solas y $MgFe_2O_4$ 5, 10 y 20 µg/ml combinado con Glicina-Betaína, mostraron diferencias estadísticas en la germinación en comparación con los semillas control. Los bioensayos de germinación en condiciones de estrés hídrico mostraron que después de 68 h, la Glicina-Betaína sola redujo el porcentaje de germinación, mientras que con las NPs de $MgFe_2O_4$ solas a 5 y 10 µg/ml y $MgFe_2O_4$ a 20 µg/ml en sinergia con Glicina-Betaína tuvieron un efecto positivo significativo en comparación con el control el cual tuvo un 85% de germinación (Tab. 1 y 2).

Porcentaje de Germinación (%)						
	Tratamientos	$MgFe_2O_4$ (µg/ml)	Horas después de la siembra 0	42	54	68
	Control (-) Estrés	0	0	65±12.6	65±12.5	75±9.6
	Glicina-Betaína	0	0	65±12.6	65±12.5	70±10
	$MgFe_2O_4$	5	0	60±8.2	75±5	85±9.6
		10	0	70±5.8	80±8.1	80±8.1
		20	0	65±5	65±5	85±9.6
	$MgFe_2O_4$/Glicina-Betaína	5	0	55±9.6	60±14.1	60±14.1
		10	0	80±0	85±5*	85±5
		20	0	80±0	85±5*	85±5
	Control (+) Estrés	0	0	15±9.6	20±8.2	20±8.1
	Glicina-Betaína	0	0	85±5*	90±5.8*	95±5*
	$MgFe_2O_4$	5	0	60±8.1*	65±5*	65±5*
		10	0	70±13*	80±8.1*	80±8.1*
		20	0	60±11.6*	75±9.6*	75±9.6*
	$MgFe_2O_4$/Glicina-Betaína	5	0	75±9.6*	75±9.6*	75±9.6*
		10	0	75±5*	75±5*	75±5*
		20	0	65±5*	70±10*	75±9.6*

Tabla 1. *Descripción del porcentaje de germinación de la Fase I con y sin condición de estrés hídrico con una n=5 y p≤0.05, el valor con un asterisco representa diferencia significativa.*

Porcentaje de Germinación (%)						
	Tratamientos	$MgFe_2O_4$ (µg/ml)	Horas después de la siembra 0	42	54	68
	Control (-) Estrés	0	0	45±9.6*	55±5	70±5.8
	Glicina-Betaína	0	0	40±11.6*	70±5.8	70±5.8
	$MgFe_2O_4$	5	0	70±10	70±10	75±12.5
		10	0	55±9.6	80±8.1	85±5

		20	0	70±5.8	70±5.8	75±5
	$MgFe_2O_4$/Glicina-Betaína	5	0	55±9.6	65±9.6	70±5.8
		10	0	45±12.5*	70±10	75±5
		20	0	90±5.8*	90±5.8*	95±5*
	Control Estrés	0	0	70±12.9	75±15	85±9.6
	Glicina-Betaína	0	0	65±9.5	65±9.6	75±12.6
	$MgFe_2O_4$	5	0	95±5*	95±5	100±20*
		10	0	75±5	95±5*	95±5
		20	0	50±5.8	75±12.6	80±5
	$MgFe_2O_4$/Glicina-Betaína	5	0	60±21	80±8.1	85±5.8
		10	0	55±5	65±9.6	75±5.8
		20	0	60±16	80±11.5*	90±9.57*

***Tabla 2**. Descripción del porcentaje de germinación de la Fase II en condiciones sin estrés y con estrés hídrico con una n=5 y p≤0.05, el valor con un asterisco representa diferencia significativa.*

CONCLUSIONES. En conclusión, las nanopartículas de ferrita dopadas con magnesio contribuyeron a estimular significativamente la germinación de las semillas de maíz proporcionando condiciones favorables para un mejor crecimiento de las plántulas y pueden ser una alternativa para favorecer la germinación de maíz en condiciones de déficit hídrico.

REFERENCIAS.

1. Faizan, M., Bhat, J. A., Chen, C., Alyemeni, M. N., Wijaya, L., Ahmad, P., & Yu, F. (2021). Zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) induce salt tolerance by improving the antioxidant system and photosynthetic machinery in tomato. Plant Physiology and Biochemistry, 161, 122–130. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.002
2. Ilyas, M. Z., Park, H., Baek, Y. S., Sa, K. J., Kim, M. J., & Lee, J. K. (2023). Efficacy of Carbon Nanodots and Manganese Ferrite (MnFe2O4) Nanoparticles in Stimulating Growth and Antioxidant Activity in Drought-Stressed Maize Inbred Lines. Plants, 12(16). https://doi.org/10.3390/plants12162922
3. Kah, M., Kookana, R. S., Gogos, A., & Bucheli, T. D. (2018). A critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. Nature Nanotechnology, 13(8), 677–684. https://doi.org/10.1038/s41565-018-0131-1
4. Maensiri, S., Sangmanee, M., & Wiengmoon, A. (2009). Magnesium ferrite (MgFe 2O 4) nanostructures fabricated by electrospinning. Nanoscale Research Letters, 4(3), 221–228. https://doi.org/10.1007/s11671-008-9229-y
5. Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S., & Theerakulpisut, P. (2017). Nanopriming technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. Scientific Reports, 7(1). https://doi.org/10.1038/s41598-017-08669-5
6. Tabassum, T., Farooq, M., Ahmad, R., Zohaib, A., Wahid, A., & Shahid, M. (2018). Terminal drought and seed priming improves drought tolerance in wheat. Physiology and Molecular Biology of Plants, 24(5), 845–856. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0547-y
7. Tombuloglu, H., Tombuloglu, G., Slimani, Y., Ercan, I., Sozeri, H., & Baykal, A. (2018). Impact of manganese ferrite (MnFe2O4) nanoparticles on growth and magnetic character of barley (Hordeum vulgare L.). Environmental Pollution, 243, 872–881. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.096
8. Vázquez-Núñez, E. (2022). Uso de nanomateriales en la agricultura y sus implicaciones ecológicas y ambientales. Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología, 16(30), 1e–25e. https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2023.30.69704
9. Yue, L., Xie, B., Cao, X., Chen, F., Wang, C., Xiao, Z., Jiao, L., & Wang, Z. (2023). The Mechanism of Manganese Ferrite Nanomaterials Promoting Drought Resistance in Rice. Nanomaterials, 13(9). https://doi.org/10.3390/nano13091484

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324197

APLICACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Phytophthora cinnamomi*

Víctor López Maldonado[1], Gerardo Rodríguez Alvarado[2], Carlos Cristian Martínez Chávez[3], Alejandro Soto Plancarte[4], Sylvia Patricia Fernández Pavía[5], Luis López Pérez[6], Nuria Gómez Dorantes[7]

1 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); victor.lopez@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); gerardo.rodriguez@umich.mx

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); cmartinez@umich.mx

4 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); alexsotoppv@gmail.com

5 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); patricia.pavia@umich.mx

6 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); nuria.gomez@umich.mx

7 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF-UMSNH); luis.lopez.perez@umich.mx

Palabras Clave: fitopatógenos, control, oomicetes, nanotecnología.

RESUMEN. El oomicete Phytophthora cinammomi es uno de los fitopatógenos más perjudiciales para los ecosistemas, afecta severamente diversos cultivos agrícolas a los cuales ocasiona pérdidas económicas, que oscilan entre el 45% y el 90%. Para controlar este patógeno, tradicionalmente se han empleado diversos agroquímicos que generan daños ambientales. Investigaciones recientes han demostrado que las nanopartículas de plata, presentan un efecto positivo en el control de varios fitopatógenos al inhibir su crecimiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar cuatro concentraciones de nanopartículas de plata (AgNP's) para determinar el porcentaje de inhibición in vitro sobre el oomicete Phytophthora cinnamomi. Se realizó un diseño experimental por bloques al azar, sembrando el fitopatógeno en el medio de cultivo papa dextrosa agar suplementado con cuatro concentraciones de Ag NP´s (10 µg/L, 25 µg/L, 50 µg/L y 100 µg/L), se realizaron 3 réplicas de cada tratamiento más los testigos correspondientes. Los tratamientos se incubaron en oscuridad a 25 °C, se realizaron las mediciones del crecimiento del micelio cada 24 horas durante 5 días y para determinar el porcentaje de inhibición se realizó un ANOVA simple (Statgraphics centurion). Los resultados mostraron que las concentraciones más efectivas con respecto a los testigos fueron las correspondientes a 100 µg/L con un porcentaje de inhibición del 82%; y de 50 µg/L con un 64% de inhibición; mientras que las concentraciones de 25 µg/L y 10 µg/L presentaron un 24% de inhibición. Preliminarmente, se concluye que las concentraciones de Ag NP´s de 100 y 50 µg/L poseen un efecto de inhibición importante sobre P. cinnamomi, pudiendo sugerirse como una alternativa viable de control, no obstante, son necesarias más pruebas al respecto.

INTRODUCCIÓN. Phytophthora cinnamomi es un oomicete que suele causar severos daños en cultivos de importancia agrícola, como el aguacate y diversos frutales de importancia económica; a pesar de no ser un hongo, tradicionalmente su control se ha realizado mediante la aplicación de diversos fungicidas, contribuyendo a la contaminación química del suelo, y a generación de resistencia a los productos por parte del patógeno, entre otros daños. Para disminuir estos efectos negativos del uso de pesticidas sintéticos,

actualmente se han probado en diferentes fitopatógenos, incluyendo algunos oomicetos, la aplicación de nanopartículas metálicas, siendo las más estudiadas las de plata, esto debido a sus ya conocidas propiedades antimicrobianas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar cuatro concentraciones de nanopartículas de plata (AgNP's) para determinar el porcentaje de inhibición in vitro sobre el oomicete Phytophthora cinnamomi. En México son casi nulos los estudios en los que se pruebe el efecto de las AgNP's, por lo que la presente investigación cobra relevancia al contribuir con la posible implementación de mejores estrategias para el control de *P. cinnamomi.*

ANTECEDENTES. El género Phytophthora contiene diversas especies que han sido detectadas en hábitat terrestres, terrestres-aéreos y aéreos. Sus especies poseen rangos amplios de hospederos. Por ejemplo, P. cinnamomi invade suelos y raíces, algunas especies más específicas tienen rangos de hospederos estrechos o restringidos como P. infestans, P. fragariae y P. colocasiae (Zentmyer, 1988). Phytophthora cinnamomi genera un impacto económico negativo significativo, causando la muerte masiva de plantas nativas a nivel mundial. Sus efectos no se limitan a la economía, ya que también modifican las comunidades vegetales y disminuyen la diversidad botánica. Esta reducción en la diversidad de plantas desencadena una serie de efectos, que perjudican la disponibilidad de alimentos para varias especies de fauna silvestre, lo que a su vez impacta las poblaciones de aves y pequeños mamíferos. Por lo tanto, las repercusiones de la presencia de P. cinnamomi son amplias, dañando a los ecosistemas y a las economías globales (Cahill, 2008). El oomiceto P. cinnamomi puede crecer como un saprófito en el suelo y persistir en forma de clamidosporas u oosporas durante largos períodos de tiempo. Cuando las condiciones son propicias, comienza el ciclo de esporulación asexual. Gracias a esto, puede subsistir en el suelo hasta seis años, siempre que haya humedad constante, que es un factor fundamental para el establecimiento, dispersión y supervivencia a largo plazo (Hardham, 2005). Tradicionalmente, para controlar a este patógeno se han utilizado la aplicación de diversos agroquímicos, como el metalaxil (una fenilamida), el fosfito (un fosfonato y el componente activo del fosetil-Al). No obstante, el uso prolongado de estos productos ha resultado en una menor sensibilidad y en la aparición de resistencia genética y contaminación del medio ambiente (Hardham, A., Blackman, L. 2018). La nanotecnología ofrece una aparente reducción del impacto nocivo de los productos sintéticos de control, mejora la solubilidad de los fungicidas poco solubles en agua, aumenta la vida útil y reduce la toxicidad de manera sostenible y ecológica, además de evitar la generación de resistencia por parte del patógeno. Investigaciones recientes muestran que los fertilizantes de liberación controlada, los nutrientes encapsulados en microesferas y combinaciones de nanomateriales, especialmente nanopartículas de óxidos de Zn, Fe, Mn y Cu, tienen el potencial de suministrar micronutrientes a través del suelo o las hojas con aumento en el rendimiento de los cultivos, además, pueden brindar un efecto sinérgico antagónico contra diversos fitopatógenos (Deka et al., 2022). Algunos ejemplos de éxito en el uso de nanopartículas de plata, fue reportado por Ali y colaboradores, (2015), quienes al aplicar AgNp's contra los patógenos Phytophthora parasítica y P. capsici. encontraron una efectividad del 100% en la inhibición del crecimiento del micelio, la germinación de zoosporas, la elongación del tubo germinativo y la producción de zoosporas. Así mismo, más recientemente, en el año 2022 Vera-Reyes y colaboradores, analizaron el porcentaje de inhibición de tres concentraciones AgNP's sobre cuatro patógenos, siendo uno de ellos Phytophtora cinamomi, en este estudio también se encontraron resultados positivos respecto a la inhibición del oomiceto.

OBJETIVO. El presente trabajo evaluó la efectividad de cuatro concentraciones de nanopartículas de plata sobre el crecimiento de Phytophtora cinnamomi en condiciones in vitro.

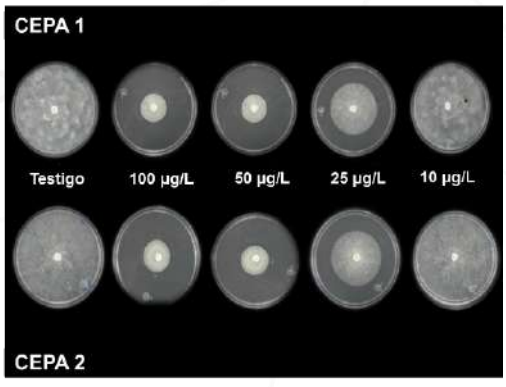
MATERIALES Y MÉTODOS. Para este experimento, se reactivarón dos cepas de *P. cinnamomi* provenientes de la colección del Laboratorio de Patología Vegetal (LAB-PV) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF). El diseño experimental incluyóo cinco tratamientos, uno de ellos un control, combinando dos aislados diferentes de *P. cinnamomi* con cuatro concentraciones distintas de AgNP's (10 µg/L, 25 µg/L, 50 µg/L y 100 µg/L). Se establecieron tres réplicas de cada tratamiento más los testigos. Se utilizó el medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) suplementado con las concentraciones establecidas de AgNP's. Las unidades experimentales fueron placas de Petri (90 x 15 mm), en las cuales se colocaron círculos de agar con micelio de 5 mm de diámetro y una vez sembrados los oomicetes en los distintos tratamientos, se almacenaron a 25°C +/- 2 °C en oscuridad durante 48 horas. El porcentaje de inhibición se realizó a partir de las mediciones del crecimiento del micelio cada 24 h después de la siembra, se utilizó una regla como instrumento de medición. El porcentaje de inhibición de las colonias se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\textbf{\% de inhibición} = \frac{R - r}{R} \times 100$$

En donde "R" = es igual al crecimiento radial del oomicete control y "r" = es el crecimiento radial del oomicete del tratamiento con NP's. Una vez obtenidos los datos, se analizaron con una ANOVA simpe con el programa estadístico Statgraphics centurión para determinar si existían diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

RESULTADOS. A los cinco días de crecimiento, las cepas de *P.* cinnamomi presentaron una respuesta de al tratamiento de 100 µg/L del del 82% de inhibición, mientras que la concentración de 50 µg/L registró un porcentaje de inhibición entre el 64-65% para ambas cepas. Respecto a las concentraciones restantes, una de las cepas mostró un 0% de porcentaje de inhibición para la concentración de 10 µg/L y para la de 25 µg/L un 5% de inhibición. Para la otra cepa de P. cinnamomi, los tratamientos con concentraciones de 25 µg/L y 10 µg/L presentaron un resultado similar al obtenerse un porcentaje de inhibición del 23-25% (fig.1).

Figura 1. *Colonias de P. cinnamomi con 5 días de crecimiento, donde se observa el porcentaje de inhibición de diferentes concentraciones de Ag NP´s con respecto al testigo.*



En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se pudo observar que ambos aislados presentaron resultados similares ante las concentraciones de 100 µg/L y 50 µg/L donde se registró una diferencia significativa en el porcentaje de inhibición, mientras que en las concentraciones de 25 µg/L y 10 µg/L no se observaron diferencias significativas con respecto al testigo (fig. 2).

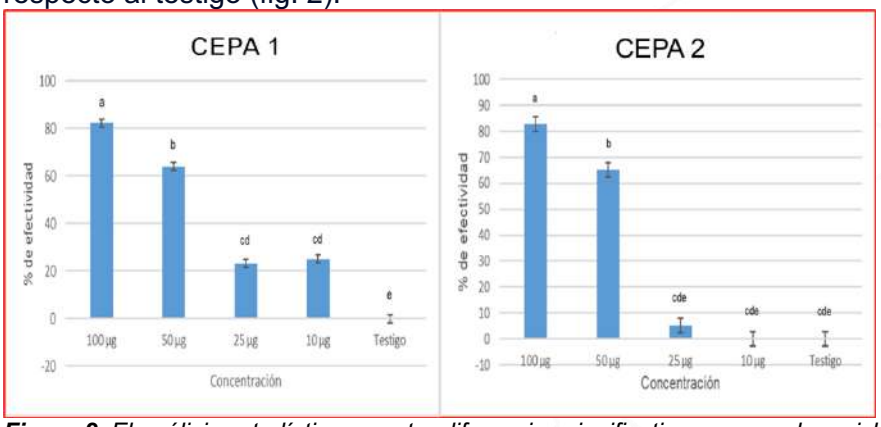


Figura 2. *El análisis estadístico muestra diferencias significativas para ambos aislados en las concentraciones de 100 µg/L y 50 µg/L con respecto al testigo.*

CONCLUSIONES. En función de los resultados obtenidos, preliminarmente se concluye que se puede observar que las AgNP's inhiben el crecimiento del oomicete P. cinnamomi in vitro en ciertas concentraciones (100 µg/L y 50 µg/L). El porcentaje de inhibición se encuentra en función de la concentración de AgNP's, (dosis-respuesta). Es evidente el potencial uso que las nanopartículas de plata poseen como una opción alternativa al control por pesticidas sintéticos en el control de P. cinnamomi. No obstante, son necesarios más estudios al respecto.

REFERENCIAS.

1. Ali, M., Kim, B., Belfield, K., Norman, D., & Brennan, M. (2015). Inhibition of Phytophthora parasitica and P. capsici by Silver Nanoparticles Synthesized with Aqueous Extract of Artemisia absinthium. Phytopathology, 105(6), 718-727. https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-15-0006-R
2. Cahill, D. M., Rookes, J. E., Wilson, B. A., Gibson, L., & McDougall, K. L. (2008). Phytophthora cinnamomi and Australia's biodiversity: Impacts, predictions and progress towards control. Australian Journal of Botany, 56(4), 279-310. https://doi.org/10.1071/BT07159
3. Deka, B., Nisha, S. N., Baruah, C., Babu, A., & Satkar, S. (2022). Agricultural Pest Management with Plant-Derived Nanopesticides: Prospects and Challenges. Journal of Applied Nanotechnology, 1(1), 1-9.
4. Hardham AR. 2005. Phytophthora cinnamomi. Mol Plant Pathol. 6(6):589-604. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00308.x
5. Hardham, A. R., & Blackman, L. M. (2018). Pathogen profile update Phytophthora cinnamomi. Molecular Plant Pathology, 19(2), 260-285. https://doi.org/10.1111/mpp.12568
6. Vera-Reyes, I., Altamirano-Hernández, J., Reyes-de la Cruz, H., Granados-Echegoyen, C. A., Loera-Alvarado, G., López-López, A., Garcia-Cerda, L. A., & Loera-Alvarado, E. (2022). Inhibición de hongos fitopatógenos y benéficos mediante la aplicación de nanopartículas de plata in vitro. Molecules, 27(23), 8147. https://doi.org/10.3390/molecules2723814
7. Zentmyer, G. A. (1988). Origin and distribution of four especies of Phytophthora. Transactions of the British Mycological Society, 91(3), 367-378.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324198

NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS CON CICLODIPÉPTIDOS: UNA ALTERNATIVA PARA ESTIMULAR LA GERMINACIÓN Y EL DESARROLLO TEMPRANO DE *Solanum lycopersicum*

Daniela Fernández Gómez[1], Javier Villegas-Moreno[2], Jesús Campos-García[3], Gladys Juárez-Cisneros[4]

1 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. daniela_fergo@hotmail.com

2 Laboratorio de Biotecnología microbiana, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. javier.villegas@umich.mx

3 Laboratorio de Biotecnología microbiana, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. jesus.campos@umich.mx

4 Investigadora por México Conahcyt. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Ciudad de México. México. gladys.juarez@umich.mx

Palabras Clave: Nanopartículas, promotores de crecimiento, funcionalización, nanotecnología.

RESUMEN. La nanobiotecnología en la agricultura representa un cambio importante en la tradición de la agricultura convencional, contribuyendo a mejorar el rendimiento y la calidad nutricional de los cultivos como alternativa al uso de agroquímicos. Las nanopartículas (NPs), como los nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT), han demostrado tener efectos positivos en distintos estadios de las plantas, favorecer la germinación de semillas, estimular el desarrollo radical y la expansión y desarrollo foliar o estimular la producción de fruto. Asimismo, los MWCNT pueden tener atributos especiales al funcionalizarlos con moléculas orgánicas como los ciclodipéptidos (CDPs), moléculas estructuralmente similares a las hormonas vegetales, que recientemente mostraron estimular el desarrollo vegetal. Por lo que esta investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de los MWCNT funcionalizados con CDPs en la germinación de Solanum lycopersicum, proponiendo una estrategia para mejorar el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad agrícola. Para ello, los MWCNT fueron funcionalizados con los CDPs mediante funcionalización no covalente, resultando en soluciones con concentraciones (30, 60 y 90 µg/ml) de MWCNT y CDPs (10, 20, 40 y 60 µg/ml), posteriormente las semillas de S. lycopersicum se trataron con estos tratamientos y se sembraron en bioensayos in vitro para evaluar la germinación. Los resultados mostraron que la funcionalización de los MWCNT con los CDPs aceleró la emergencia de la radícula y aumentaron la tasa de germinación, comparado con los tratamientos individuales y las semillas control. Además, los MWCNT funcionalizados promovieron un mayor crecimiento en la arquitectura radical y la parte aérea de las plantas, sugiriendo su potencial en prácticas agrícolas.

INTRODUCCIÓN. La nanotecnología es una tecnología prometedora en múltiples áreas, incluyendo la agronomía, que es un sector económico importante para la producción de diversos cultivos vegetales. Las nanopartículas (NPs) se utilizan para mejorar los

rendimientos de los cultivos de interés agrícola, con un enfoque en el cuidado ecológico, sostenibilidad ambiental y reducir costos económicos mediante la entrega eficiente de nutrientes y el desarrollo de fertilizantes de liberación controlada. En la última década, se ha documentado el uso de NPs en las plantas como promotoras del crecimiento vegetal, al demostrarse efectos positivos en la germinación temprana de las semillas, mejorando la elongación y ramificación de raíz y estimulación el desarrollo foliar. Además, algunas NPs potencian su efectividad contra varias especies de hongos y bacterias fitopatógenas. Las NPs también representan una alternativa al ser utilizadas como vehículos para acarrear moléculas de interés a los sistemas vegetales. Uno de los principales métodos que se emplean para unir esas moléculas es la funcionalización de MWCNT. Por otro lado, estudios recientes han reportado el uso de ciclodipéptidos (CDPs) para activar la respuesta auxínica, que es una hormona vegetal que regula la elongación y división celular, el geotropismo y la formación de raíces.

ANTECEDENTES. La investigación sobre el uso de nanotubos de carbono (MWCNT) es creciente en las últimas décadas (Khan & Rizvi, 2014). Encontrándose entre las NPs más estudiadas, y reconocidas como promotores de germinación de semillas y en el crecimiento de cultivos vegetales (Khodakovskaya et al., 2012). Khodakovskaya et al., (2013) reportaron que los MWCNT suplementados en S. lycopersicum activaron el sistema reproductivo de las plantas y aumentaron la producción de frutos dos veces más que las plantas control (Khodakovskaya et al., 2013). Por otro lado, debido a la forma tubular que poseen los MWCNT, estos tienen un volumen interno que se puede utilizar para albergar funcionalidades específicas (Deb et al., 2018). Cañas et al., (2008) evaluaron la diferencia entre los efectos de los MWCNT funcionalizados y no funcionalizados sobre el crecimiento de las plantas con resultados distintos debido a la funcionalización de los NTC (Cañas et al., 2008). Por lo que las NPs funcionalizadas representan una alternativa en la agricultura para aprovechar moléculas de interés para estimular el sistema vegetal de la planta usando a los MWCNT como vehículos. En este sentido, este trabajo de investigación, se planteó estudiar el uso de MWCNT funcionalizados con CDPs, debido a su naturaleza proteica, ya que en estudios como el documentado en Arabidopsis thaliana, se ha demostrado que estos compuestos estimulan el desarrollo (Ortiz-Castro et al., 2011).

OBJETIVO. Evaluar los efectos de los MWCNT funcionalizados con CDPs en la germinación y vigor de la semilla de Solanum lycopersicum.

MATERIALES Y MÉTODOS. Funcionalización no covalente: se eliminaron las estructuras amorfas con etanol y se secaron a temperatura ambiente. Posteriormente se pusieron los MWCNT en dimetilformamida (DMF) sonicando y centrifugando hasta que no se precipiten los MWCNT o se formen agregados (MWCNT parcialmente solubles). El sobrenadante se dejó secar y una vez seco se dispersaron los MWCNT en DFM durante 30 min. en hielo. Transcurrido ese tiempo, se obtuvieron distintas concentraciones de MWCNT en buffer PBS (10mM, pH=7). Las soluciones diluidas se sonicaron con sonda para evitar agregación de los MWCNT. Posteriormente se adicionaron los CDPs recién sonicados a las soluciones.
Bioensayo de S. lycopersicum cultivada con MWCNT con y sin funcionalizar con CDPs: Las semillas se sumergieron en los distintos tratamientos (control, CDPs 10, 20, 40 y 90, MWCNT 30, 60 y 90, MWCNT-DMF 30, 60 y 90, MWCNT-f A 30, 60 y 90 y MWCNT-f B 30, 60 y 90 µg/ml), se dejaron en cebado por 24 horas. Posteriormente se sembraron 5 semillas de jitomate en peat-moss/agrolita (1:1) esterilizado previamente a 120°C/30 min.

Dispuestas en semilleros; manteniendo la humedad a capacidad de campo, de cada tratamiento se hicieron 5 réplicas.

RESULTADOS. Los resultados de germinación mostraron que la adición de CDPs sin MWCNT en las semillas retardó y redujo el porcentaje de germinación del jitomate a concentraciones de 20, 40 y 60 µg/ml de CDPs, donde a los 8 días posteriores a la siembra se alcanzó un máximo de 83%, mientras que a concentración de 10 µg/ml alcanzó un 95% a los 7 días después de la siembra. Por otro lado, se observó que en la adición de MWCNT prístinos o con DMF en concentraciones de 30, 60 y 90 µg/ml aumentó la germinación desde el día 5 después de la siembra y al día 5 alcanzando hasta un 100% con 30 µg/ml de MWCNT, y en el caso de MWCNT-DMF a concentración de 60 µg/ml. En contraste, pudimos observar que el efecto inhibidor de los CDPs suplementados sin MWCNT, se contrarrestó al adicionar 30, 60 y 90 µg/ml de MWCNT funcionalizados con CDPs, donde el porcentaje de germinación obtenido fue de 96 y 100 %; tanto en la funcionalización A como B al suplementar 30 µg/ml generó un 100% de germinación, desde el día 6 después de la siembra, comparado con el control en el cual se alcanzó un 93% de germinación al 8 días después de la siembra (tabla 1).

Tratamientos	MWCNT (µg/ml)	CDPs (µg/ml)	Porcentaje de germinación (%) Días después de la siembra					
			3	4	5	6	7	8
Control	0		21	89	91	93	93	93
CDPs	-	10	12	77	86	93	95	95
	-	20	4	64	74	77	81	83
	-	40	0	52	65	83	83	83
	-	60	0	33	36	61	64	69
MWCNT pristinos	30	-	40	89	99	100	100	100
	60	-	19	85	93	99	99	99
	90	-	35	88	97	99	99	99
MWCNT+DMF	30	-	45	83	91	97	97	97
	60	-	47	83	96	100	100	100
	90	-	28	81	91	96	96	96
MWCNT-f A	30	10	67	95	100	100	100	100
	60	10	53	89	96	96	97	97
	90	10	23	87	95	96	97	97
MWCNT-f B	30	20	52	92	96	100	100	100
	60	20	32	79	88	92	96	96
	90	20	39	76	83	85	97	97

Tabla 1. *Germinación de Solanum lycopersicum cultivada con nanotubos de carbono funcionalizados de forma no covalente con ciclodipéptidos.*

Los resultados del índice de vigor se muestran en la fig. 1, se muestra que en los tratamientos donde se utilizan MWCNT pristinos o funcionalizados con CDPs incrementando el índice de vigor en la mayoría de los tratamientos. En el caso de los MWCNT pristinos a 60 µg/ml, MWCNT-DMF 30, 60 y 90 µg/ml, MWCNT-f A y MWCNT-f B

30 y 60 µg/ml son los tratamientos en donde este efecto de vigor tiene una diferencia significativa, mientras que los tratamientos con CDPs 10, 20, 40 y 60 µg/ml, MWCNT-f A y MWCNT-f B 60 µg/ml tuvieron un índice de vigor muy similar o menor en comparación al de las semillas control.

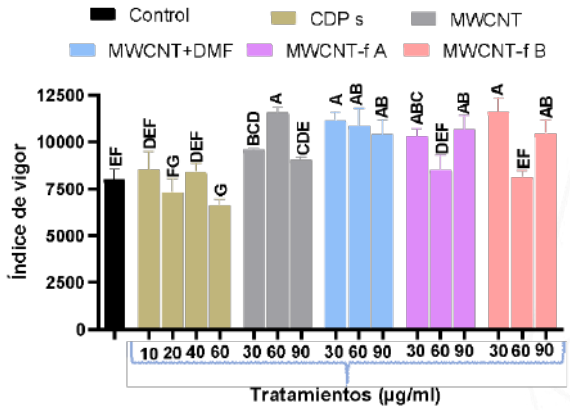


Figura 1. *Índice de vigor de las semillas de Solanum lycopersicum*

En la fig. 2 se muestran imágenes representativas de la germinación de *S. lycopersicum* cultivada con MWCNT prístino, MWCNT-DMF y MWCNT funcionalizados con CDPs con 30, 60 y 90 µg/ml de MWCNT y CDPs a 10, 20, 40 y 60 µg/ml, 5 días después de la germinación. Puede observarse diferencias en la emergencia de la radícula en donde a mayor concentración de CDPs la emergencia es más lenta y menos pelos radiculares, mientras que con la adición de MWCNT prístinos o con DMF se observa más pelos radiculares a 30 µg/ml. Por otro lado, observamos que el efecto de los CDPs al llevar a cabo la funcionalización A y B se está contrarrestando este efecto negativo, estimulando el crecimiento de la radícula y aumenta las cantidad y tamaño de los pelos radiculares.

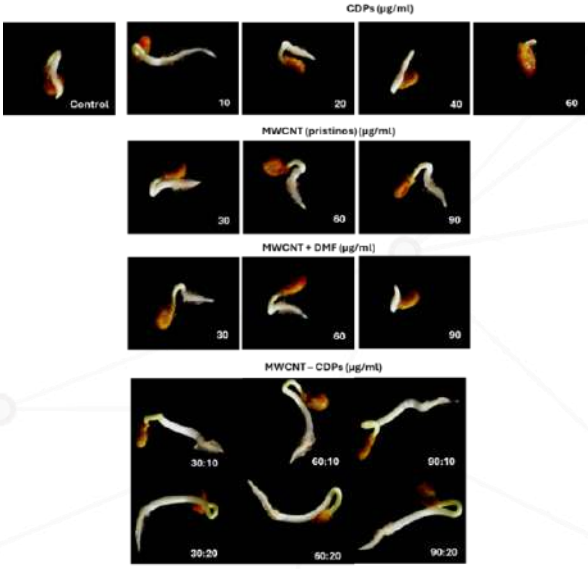


Figura 2. *Imágenes representativas del efecto de nanotubos de carbono en la germinación de Solanum lycopersicum a los 5 días después de la siembra. Las imágenes fueron obtenidas con microscopio-estereoscopio de contraste.*

CONCLUSIONES. Los nanotubos de carbono por sí solos, mostraron tener un efecto positivo sobre el desarrollo temprano de S. lycopersicum, mientras que los CDPs mostraron un efecto inhibitorio. Por otro lado, se demostró que la funcionalización de los nanotubos de carbono con ciclodipéptidos está estimulando significativamente el desarrollo temprano de S. lycopersicum y contrarrestando el efecto negativo de los CDPs.

REFERENCIAS.

1. Cañas, J. E., Long, M., Nations, S., Vadan, R., Dai, L., Luo, M., Ambikapathi, R., Lee, E. H., & Olszyk, D. (2008). Effects of functionalized and nonfunctionalized single-walled carbon nanotubes on root elongation of select crop species. Environmental Toxicology and Chemistry, 27(9), 1922–1931. https://doi.org/10.1897/08-117.1
2. Deb, J., Paul, D., Sarkar, U., & Ayers, P. W. (2018). Characterizing the sensitivity of bonds to the curvature of carbon nanotubes. Journal of Molecular Modeling, 24(9). https://doi.org/10.1007/s00894-018-3793-6
3. Khan, M. R., & Rizvi, T. F. (2014). Nanotechnology: Scope and Application in Plant Disease Management. Plant Pathology Journal, 13(3), 214–231. https://doi.org/10.3923/ppj.2014.214.231
4. Khodakovskaya, M. V., De Silva, K., Biris, A. S., Dervishi, E., & Villagarcia, H. (2012). Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells. ACS Nano, 6(3), 2128–2135. https://doi.org/10.1021/nn204643g
5. Khodakovskaya, M. V., Kim, B. S., Kim, J. N., Alimohammadi, M., Dervishi, E., Mustafa, T., & Cernigla, C. E. (2013). Carbon nanotubes as plant growth regulators: Effects on tomato growth, reproductive system, and soil microbial community. Small, 9(1), 115–123. https://doi.org/10.1002/smll.201201225
6. Ortiz-Castro, R., Díaz-Pérez, C., Martínez-Trujillo, M., Del Río, R. E., Campos-García, J., & López-Bucio, J. (2011). Transkingdom signaling based on bacterial cyclodipeptides with auxin activity in plants. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108(17), 7253–7258. https://doi.org/10.1073/pnas.1006740108

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324199

SÍNTESIS DE BIOCARBÓN A PARTIR DE ASERRÍN Y SU APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE AZUL DE METILENO

Verani Izamara Yépez Sánchez[1], Antonio Eulises Murillo Zaragoza[2], Julián López Tinoco[3], Javier Lara Romero[4], Rafael Maya Yescas[5], Marco Antonio Vilchis García[6], Daniel Fernández Quiroz[7]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; verani.yepez@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1901882g@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; julian.lopez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; lararom@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.maya.yescas@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marco.vilchis@umich.mx

7 Universidad de Sonora; daniel.fernandez@unison.mx

Palabras Clave: Biocarbón, aserrín y colorantes sintéticos.

RESUMEN. Los colorantes sintéticos se utilizan ampliamente como agentes colorantes en las industrias textil, papelera, farmacéutica y alimentaria. La contaminación del agua con estos colorantes sintéticos es un grave problema ambiental que amenaza la vida humana y acuática. Para eliminarlos de las aguas residuales se han desarrollado numerosas tecnologías como la separación por membranas, floculación-coagulaciones, métodos electroquímicos y tratamientos biológicos. A pesar de todos estos esfuerzos, el tratamiento de aguas residuales económico, eficaz y rápido sigue siendo un desafío. El biocarbón es un material que se ha empezado a emplear como adsorbente potencial debido a su estructura cristalina y a su gran superficie químicamente activa. En este trabajo se evaluó la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción del biocarbón obtenido del aserrín de pino en el Estado de Michoacán. Para la síntesis del biocarbón se utilizó el método de pirólisis húmeda con aguarrás en un horno tubular variando la temperatura desde 300 °C hasta 1000 °C. Los materiales producidos se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido y espectroscopía Raman para evaluar la superficie y la cristalinidad respectivamente. Se utilizó el azul de metileno en este trabajo como colorante sintético. Los estudios de adsorción se llevaron a cabo mediante espectroscopía UV-Vis. Se encontró que a mayor temperatura de síntesis del biocarbón, se obtienen mayores valores en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción.

INTRODUCCIÓN. El rápido crecimiento de la población mundial ha generado una mayor demanda de productos esenciales y no esenciales, lo que resulta en la producción de residuos que a menudo no se aprovechan. Estos residuos suelen ser quemados o dejados en descomposición, liberando gases de efecto invernadero (GEI) como dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) a la atmósfera. Este problema se agrava con la industrialización global, la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso del suelo, creando riesgos ambientales y de salud (Nisa & Khatarina, 2024). Para combatir el cambio climático, es crucial reducir estas emisiones y explorar nuevas tecnologías que beneficien al entorno. Una solución es aprovechar al máximo la biomasa generada a nivel mundial,

transformándola en productos de valor agregado (PVA) que contribuyan al bienestar ambiental y ayuden a mitigar el cambio climático (Maaoui et al., 2024).
Hoy en día, la biomasa es la cuarta fuente de combustible más grande del mundo, después del carbón, el petróleo y el gas natural (Yang et al., 2024). No obstante, su combustión directa es poco eficiente y contaminante, por lo que es fundamental encontrar formas de utilizar la biomasa que minimicen la producción de contaminantes.

ANTECEDENTES. En el estudio titulado "Eliminación de azul de metileno de soluciones acuosas mediante biocarbón preparado a partir de la pirólisis de materiales mixtos de desecho municipal", Hoslett et al. (2020) demostraron que el biocarbón tiene una alta capacidad para eliminar colorantes de soluciones acuosas en un corto periodo de tiempo. El biocarbón fue sintetizado a 300 °C durante 12 horas y luego se mezcló con una solución de azul de metileno (MB) con una concentración de 100 ppm, logrando una adsorción de 7.2 mg/g. Los autores concluyen que el biocarbón es una herramienta eficaz para remover contaminantes de cuerpos de agua, dado que se produce a partir de residuos orgánicos sin valor añadido. Además, sugieren que esta tecnología puede ser útil para eliminar compuestos orgánicos como pesticidas, productos farmacéuticos y otros contaminantes en aguas residuales. Por otro lado, Eldeeb et al. (2022), en su investigación titulada “Adsorción de colorante azul de metileno (MB) en ozono, purificado y biocarbón de aserrín sonicado”, estudiaron cómo diversos factores como el pH, la dosis del biocarbón y la concentración de MB afectan la eliminación del colorante. Encontraron que la adsorción está influenciada por el pH de la solución, siendo el estado alcalino (pH = 12) el más efectivo para la remoción, según sus experimentos. Aplicaron el aserrín en tres condiciones diferentes: aserrín sin tratar, aserrín ozonificado y aserrín purificado. Los resultados mostraron una adsorción de 200, 526 y 769 mg/g, respectivamente. La investigación subraya la importancia del tratamiento de la biomasa para obtener resultados óptimos en la remoción de tintes y otros efluentes, destacando su potencial para su uso en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

OBJETIVO. Sintetizar biocarbón a partir de aserrín de pino mediante pirolisis húmeda usando aguarrás de pino como solvente a diferentes temperaturas (300°C – 1000°C), y determinar la temperatura óptima de la síntesis del biocarbón para obtener un mayor porcentaje de remoción de azul de metileno en solución acuosa.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Síntesis de biocarbón mediante el método de pirólisis húmeda. Se colocan 50 gramos de biomasa en un matraz de vidrio y se deja remojando durante 12 h con aguarrás, una vez remojada la mezcla se coloca en el centro de un tubo de cuarzo en el horno eléctrico y se evaluará la síntesis en el intervalo de temperatura de 300° C a 1000° C durante 1 h.
Caracterización del biocarbón.
*Espectroscopia Raman: Identificar las bandas D y G características de las nanoestructuras de carbono.
*Microscopia electrónica de barrido (SEM): Conocer morfología y análisis EDS.
*Método BET (Brunauer, Emmett y Teller): Permite determinar el área superficial específica de un sólido.
Experimentos de adsorción midiendo el porcentaje de remoción y la capacidad adsortiva del biocarbón con el azul de metileno.

RESULTADOS. En las micrografías (figuras 1a-1h) obtenidas del biocarbón sintetizado a diferentes temperaturas se pueden observar la formación de los poros del biocarbón a partir de la temperatura de 300° C.

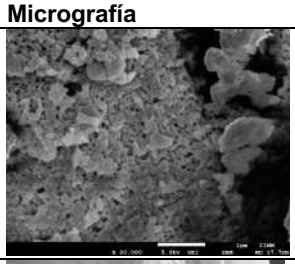
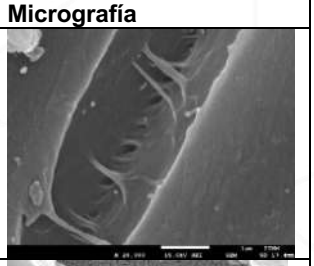
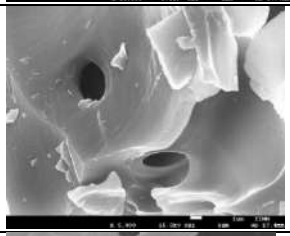
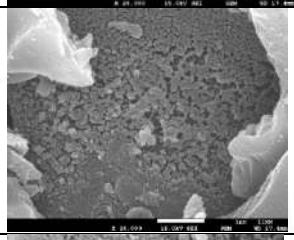
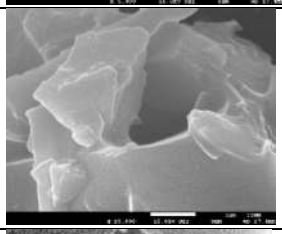
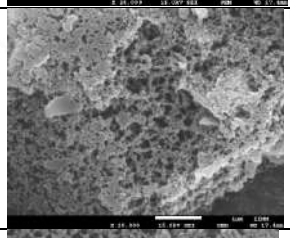
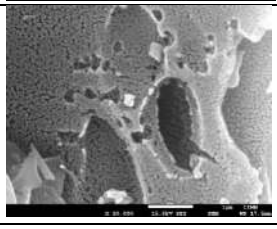
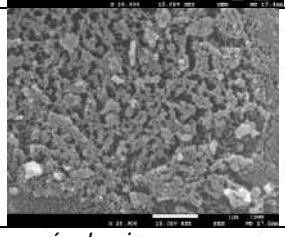
Temperatura	Micrografía	Temperatura	Micrografía
300°C **a)**		700°C **e)**	
400°C **b)**		800°C **f)**	
500°C **c)**		900°C **g)**	
600°C **d)**		1000°C **h)**	

Fig. 1 *Micrografías SEM de la síntesis del biocarbón a partir de aserrín de pino.*

A partir de la espectroscopia Raman (figura 2) es posible conocer el grado de ordenamiento del biocarbón a través de los picos a 1350 cm-1 y 1590 cm-1 (bandas D y G respectivamente).

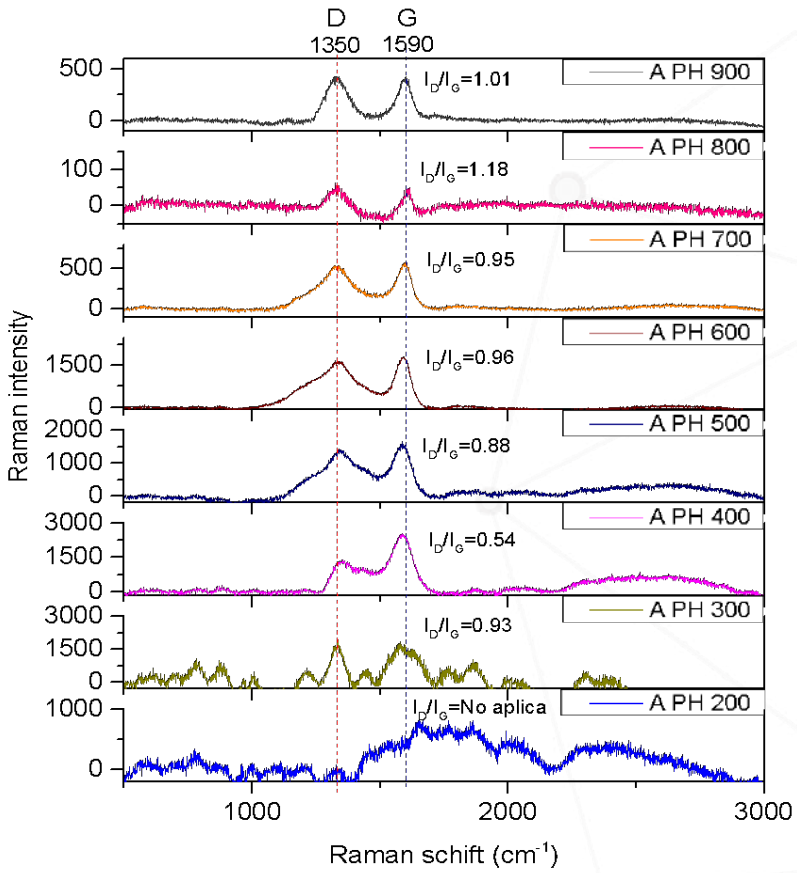


Fig. 2 *Espectro raman a diferentes temperaturas de síntesis del biocarbón a partir de aserrín de pino*

En la técnica BET se pudo determinar el tamaño de poro donde a mayor temperatura de síntesis del biocarbón el tamaño de poro disminuye (figura 3).

Biocarbón	500°C	600°C	700°C	800°C
Saturation pressure (kPa):	100.1971	101.2588	100.0197	100.1644
Specific Surface Area:	0.7837 m²/g	0.1855 m²/g	109.8816 m²/g	320.2937 m²/g
T-Plot external Surface area:	0.7948 m²/g	0.1168 m²/g	58.0102 m²/g	191.2246 m²/g
T-Plot micropore volume:	0.000023 cm³/g	0.000048 cm³/g	0.032512 cm³/g	0.105515 cm³/g
Adsorption average pore diameter (4 V/A by BET):	191.258 Å 19.1258 nm	271.650 Å 27.165 nm	22.316 Å 2.2316 nm	30.295 Å 3.0295 nm

Fig. 3 *Análisis BET del biocarbón sintetizado a diferentes temperaturas.*

CONCLUSIONES. El biocarbón se obtuvo mediante el método de pirólisis húmeda a partir de aserrín de pino, se encontró que exhiben cristalinidad lo cual se demostró con la técnica de Raman, la relación ID/IG más baja (mayor cristalinidad) se obtuvo a 500 ℃. Mediante las micrografías de SEM se observa porosidad en el biocarbón obtenido. El colorante azul de metileno presentó una mayor adsorción en el biocarbón que se sintetizó a 900 °C. Se

logró obtener un porcentaje de remoción del 99.9% partiendo de una concentración de 50ppm.

REFERENCIAS.

1. Eldeeb, T. M., Aigbe, U. O., Ukhurebor, K. E., Onyancha, R. B., & El Nemr, M. A. (2022). Adsorción de colorante azul de metileno (MB) en ozono, purificado.
2. Hoslett, J., Ghazal, H., Mohamad, N., & Jouhara, H. (2020). Eliminación de azul de metileno de soluciones acuosas mediante biocarbón preparado.
3. Nisa, I. M., & Khatarina, M. (2024). Revisión de la tecnología de procesamiento de biomasa a biocarbón para reducir las emisiones de CO2. AIP Publishing.
4. Maaoui, A., Raouia , C., Gartzen , L., & María , C. (2024). Impacto de las condiciones del proceso de pirólisis en las características del biocarbón de cáscaras de frutos de Opuntia ficus indica. Springer Link.
5. Yang, Y., Xiao, P., Wen, M., Liu, T., & Yang, J. (2024). Una revisión del lodo rojo modificado para pirólisis catalítica de biomasa: preparación, mecanismos y perspectivas. Science Direct.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324200

FACTORES NORMATIVOS PARA LA EXPORTACIÓN DE FRUTOS EN MICHOACÁN, MÉXICO

Brenda Crystal Suárez Espinosa[1], María Edith Saucedo García[2], Mélica Marel Villalobos Cortes[3]

1 Tecnológico Nacional de México, ITS Uruapan México, correo: brenda.se@uruapan.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, ITS Uruapan México, correo: maria.sr@uruapan.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, ITS Uruapan México, correo: melica.vc@uruapan.tecnm.mx

Palabras Clave: Agroindustria, calidad e inocuidad, exportación.

RESUMEN. Los requisitos para la exportación de frutos son un tema de interés para los productores y empacadores del Estado de Michoacán, estos requisitos pueden ser diversos y dependen del país o zona geográfica comercial hacia donde se quiera ingresar y de los tratados internacionales vigentes. Actualmente la entidad se considera de los mayores productores y exportadores de aguacate en México, sin embargo, existen también otros frutos con potencial para posicionarse exitosamente en el mundo, pero ¿Qué requisitos normativos deben cumplir estos frutos para su exportación? El Objetivo del estudio es presentar un análisis preliminar de literatura y aspectos normativos para la exportación de frutos michoacanos. La investigación contempla la primera de dos etapas, la primera se enfoca en un análisis descriptivo en donde se identifica la normativa y estándares o referentes para el comercio internacional y la segunda comprende el desarrollo de un esquema con requisitos aplicables por tipo de frutos que se cultivan en la entidad.

INTRODUCCIÓN. El sector agroindustrial es un importante motor económico del estado de Michoacán, este sector lo comprenden una variedad de frutos y hortalizas, en el presente estudio se abordan los aspectos normativos necesarios que permiten la exportación efectiva de frutos en el contexto de la calidad e inocuidad, lo cual se considera que permitirá a los productores tener una guía de referencia para operar sus procesos en mira de potencializar la comercialización de sus frutos hacia el mercado internacional. La investigación comprende un análisis descriptivo señalando el marco regulatorio internacional, nacional y local el cual los productores de Michoacán, México deben cumplir, se presenta también los hallazgos más relevantes de diversos autores e información consultada de sitios oficiales de gobierno sobre los principales frutos de exportación en México. Cabe señalar que el presente estudio es un estudio en desarrollo, por lo que en una segunda fase se contempla estructurar la información para poder identificar los requisitos normativos aplicables locales, nacionales e internacionales por categorías de frutos que se cultivan en la zona.

ANTECEDENTES. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2023), la región Centro-Occidente repuntó como mayor productor agroalimentario en México la cual está conformada por los estados de Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Guanajuato, Colima, Aguascalientes y Querétaro, por lo que por cuarto año consecutivo en 2022 se producción agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola registró crecimiento sostenido,

en este sentido, es necesario que este sector productor cuente con productos y procesos que garanticen calidad a través del cumplimiento de requisitos regulatorios, esquemas para la exportación, buenas prácticas de manufactura y una gestión administrativa y operativa para la eficacia de sus procesos, por otra parte, las empresas se encuentran inmersas en entornos competitivos globales enmarcados por las políticas y acuerdos internacionales en materia de exportación. En el caso de México, Ortiz (2019) señala que dicho proceso implica preparar un plan de negocios en el que es necesario realizar un estudio de mercado en el que es necesario estudiar al cliente y al país al que se desea exportar, el proceso de logística y transporte para el producto, el contexto económico de ese país y determinar si existen buenas oportunidades para llevar a cabo el negocio, otros autores señalan que es necesario un Certificado Fitosanitario (en el caso de la exportación del aguacate) que acompaña a cada envío y emitido por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país de origen con una declaración adicional que indique que los productos en el envío se cultivaron, empacaron y se encontraron libres de plagas. En el caso de la exportación de los denominados “Berries” (frutos pequeños caracterizados por sus propiedades antioxidantes), entre ellos el arándano, Castillo y Navarrete (2022) en su estudio, identificaron algunos factores de producción que influyen en las exportaciones del fruto, entre estos factores encontraron el trabajo, capital, recursos renovables y habilidades empresariales las cuales influyen de manera significativa en el aporte de valor para la exportación del arándano. En el caso de otros frutos, como la gayaba, el gobierno estatal, busca, a través de la SEDER, conseguir la certificación de los huertos para la exportación ya que solo el 8% de ellos cuenta con dicha certificación para exportación a Estados Unidos (Cambio, 2024), para lo que será necesario que los productores lleven a cabo el Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria del Comité estatal de Sanidad Vegetal. Por su parte la Secretaría de Economía en México en su Guía: “Ruta para exportar”, brinda una serie de recomendaciones para quien desea comercializas sus productos en el extranjero, entre ellas: Conocer el proceso productivo, conocer el marco legal aplicable, cumplir con lo pactado en materia de precio, calidad, tiempo de entrega, documentación. Forma de pago, entre otros, involucrar a toda la organización en el proceso para la exportación, cumplir con normas técnicas y certificaciones requeridas por el país importador, realizar un análisis financiero, establecer términos de negociación y contratos, etcétera. Por su parte, De Castro, Gadea y Sánchez (2021) plantean como factor de estructura institucional el término de “estandarizadores” refiriéndose a los estándares como Global GAP, IFS y BCR, esto es, Certificaciones como Global GAP, International Featured Standars y Brand Reputation Compliance Global Standards. desarrollados por de los grandes distribuidores para encausar y tener criterios homologados para evaluar la calidad e inocuidad de sus productos.

OBJETIVO. Presentar un panorama general sobre los requisitos normativos existentes y aplicables para la exportación de frutos michoacanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar los principales frutos que se cultivan en la región michoacana. Explorar el marco legal mexicano aplicable para la comercialización de frutos. Presentar los principales estándares internacionales requeridos para la exportación de productos alimenticios vegetales

MATERIALES Y MÉTODOS. Se trata de una investigación de tipo cualitativo con enfoque descriptivo que comprende, la recopilación de información de fuentes secundarias como

artículos científicos, revistas y plataformas o páginas oficiales de acceso libre para consulta de datos como SAGARPA, SADER, INEGI, de lo cual se desarrolla un esquema con los aspectos principales que permitirán contextualizar y comprender los mecanismos básicos para la exportación de frutos.

RESULTADOS.

1.- Principales frutos para exportación que se cultivan en México

Según el módulo de consulta agrícola provenientes de periodo 1980-2023 (SIACON, 2024), el fruto de mayor exportación durante 2023 fue el aguacate con 2.7 millones de toneladas, seguido de fresa con 1.1 millones, mango 830 mil toneladas, limón 640 mil toneladas y uva 480 mil toneladas.

2.- Aspectos normativos generales

Según datos de la Secretaría de Economía (SE, 2023), México cuenta con 14 Tratados de Libre Comercio (TLCs) con 50 países además de a participar activamente en organismos y foros multilaterales y regionales como la Organización Mundial del Comercio (OMC). En lo que compete a la exportación de productos agrícolas (alimentos de origen vegetal), en 1994, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), se consolidó la tendencia comercial hacia el exterior del país eliminando obstáculos y facilitando la circulación fronteriza de bienes y servicios (FIRA, 2021) y antes de 1994, México ya era el segundo proveedor de productos agroalimentarios a Estados Unidos, superado únicamente por Canadá, aunado a ello, otros actores han cobrado relevancia actualmente en el mercado internacional de los frutos como es el caso de China, Corea del Sur y Singapur. Chile y Perú (Ramos, 2021).

En el caso de Michoacán, cifras oficiales de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020) señalan que los productores de la entidad enviaron a Estados Unidos 125 mil toneladas de aguacate superando las expectativas de exportación en ese año y beneficiando a más 100 mil familias y denotando empleos formales en el Estado, dejando ganancias de este sector económico de más de 1500 millones de pesos al año, del cual, un 64% proviene de las cosechas de los micro y pequeños productores que cultivan en 27, 712 huertos. Otros frutos importantes que se cultivan en la región, son el jitomate, fresa, zarzamora, limón, mango, guayaba, entre otros, por lo que, es necesario que los productores empacadores de frutas y hortalizas cuenten con certificaciones y verificaciones por el Servicio Nacional de Sanidad, inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

3.- Estándares internacionales

Algunas de las certificaciones necesarias para exportar frutos en Michoacán son la Certificación HACCP (Análisis de peligros y puntos críticos de control), Certificación AQF (Safe Quality Food), ISO 22000 (Gestión de la Inocuidad de los Alimentos) que abarca toda la cadena de suministro alimentaria, Certificación otorgada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), entre otras certificaciones o esquemas dependiendo del país importador.

4.- Regulaciones en México para la producción y exportación de fruta:

- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en su artículo 08 comprende aspectos en materia de sanidad vegetal y sistemas de reducción de riesgos de contaminación en la producción primaria de los vegetales, artículo 11 aborda lo referente a existencia de plagas de los vegetales, medidas fitosanitarias para combatirlas.

- Ley Federal de Sanidad Vegetal, misma que regula la producción, importación, exportación y tránsito de vegetales y sus productos para prevenir la introducción y diseminación de plagas y enfermedades.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SAG/SICA-2013 que comprende los aspectos sobre Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de frutas, hortalizas, granos y otros cultivos para garantizar la calidad e inocuidad de los productos y proteger el medio ambiente.
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 que establece la información comercial y sanitaria que debe contener el etiquetado de alimentos y bebidas no alcohólicas, preenvasados de fabricación nacional o extranjera, así como las características de dicha información.
- Norma Oficial Mexicana NOM-088-FITO-1995 que establece los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de frutas y hortalizas frescas



***Figura 1**. Contexto general sobre el marco legal aplicable para la exportación de frutos de Michoacán*
Nota. Se presenta los requisitos normativos generales aplicables para la exportación de frutos en Michoacán, México. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES. De acuerdo a los reportes de los últimos tres años del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se verificaron 175 empacadoras de las cuales 138 fueron de aguacate, 25 fueron de mango, dos de limón y guayaba, una de chicozapote y carambola, de los 25 empaques solo el 8% cuentan con alguna certificación para exportar (SEDER 2023). Lo anterior refleja una importante área de oportunidad para coadyuvar generar conocimiento sobre los procesos, trámites y requisitos nacionales e internacionales para poder comercializar productos frutícolas en el extranjero. Cabe señalar que una de las ventajas comerciales que tiene México es su posición geográfica al contar con dos importantes zonas de acceso, una de ellas el océano pacífico y otra el Golfo de México permitiendo con ello las embarcaciones de mercancía, además de considerarse un país con diversidad vegetal permitiendo una gran variedad de plantas y cultivos que contribuyen en el cultivo agroalimentario.

AGRADECIMIENTOS. Proyecto de investigación apoyado por Tecnológico Nacional de México y Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo

REFERENCIAS.

1. Castillo Cardenas, C. A., & Navarrete Villegas, A. C. (2022). Factores de producción que influyen en la exportación de arándanos de La Libertad a Tailandia 2017-2021. Consultado de: https://hdl.handle.net/20.500.12692/109549
2. Cortés Rodríguez, J. (2020). Estudio de caso sobre los factores claves exitosos en la exportación de productos agrícolas hacia estados unidos “aguacate Hass colombiano”. Universidad Cooperativa de

Colombia, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, Comercio Internacional, Bogotá. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.12494/16985

3. De Castro, C., Gadea, E. y Sánchez, M. (2021). Estandarizadores. La nueva burocracia privada que controla la calidad y la seguridad alimentaria en las cadenas globales agrícolas. Revista Española de Sociología, 30 (1), a16. https://doi.org/10.22325/fes/res.2021.16
4. Ortiz, A. (2019). Guía para exportar. DRIP Capital, Trade Finance Simplified. Consultado de https://www.dripcapital.com/es-mx/recursos/blog/guia-para-exportar-por-que-vender-en-el-extranjero#5
5. Ramos, J. A. (2021). Comercio internacional de frutas y hortalizas. Nuevas oportunidades. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Consultado de: https://blog.iica.int/blog/comercio-internacional-frutas-hortalizas-nuevas-oportunidades
6. Cambio de Michoacán (2024). Este año, Michoacán busca certificar guayaba para exportar sin intermediarios. Periódico Cambio de Michoacán. Consultado de:
7. https://cambiodemichoacan.com.mx/2024/01/05/este-ano-michoacan-busca-certificar-guayaba-para-exportar-sin-intermediarios/
8. Economía (2020). Ruta para exportar. Secretaria de Economía. Disponible en:
9. https://mipymes.economia.gob.mx/wp-content/uploads/2020/06/ruta_para_la_exportacion-6.pdf
10. SE Secretaría de Economía (2023). Comercio Exterior, Países con Tratados y Acuerdos Firmados con México. Gobierno de México. Consultado de: https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/comercio-exterior-paises-con-tratados-y-acuerdos-firmados-con-mexico
11. FIRA FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA (2021). TLCAN Agropecuario: Expectativas y tendencias recientes. Consultado de: https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B340348EC-A6F4-186D-995C-F778500B5FDC%7D.pdf
12. SADER, Michoacán. (2018) Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado de: https://www.gob.mx/agricultura/michoacan/articulos/sagarpa-michoacan-en-busca-de-fortalecer-la-agroindustria?idiom=es
13. SADER (2023). Se ubican Jalisco, Veracruz y Oaxaca como las Entidades con mayor producción agroalimentaria en México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324201

ESTUDIO DE LA HIDRÓLISIS TERMOQUÍMICA DE POLISACÁRIDOS DE BAGAZO DE *Agave cupreata* PARA LA OBTENCIÓN DE LICORES RICOS EN AZÚCARES

Erik Omar Chávez Aguilar[1], Luisa Citlalin Bueno Contreras[2], Mariana Álvarez Navarrete[3], Miguel Ángel Zamudio Jaramillo[4]

1. *Instituto Tecnológico de Morelia; Erikchavez_133@hotmail.com*
2. *Instituto Tecnológico de Morelia; L18040091@morelia.tecnm.mx*
3. *Instituto Tecnológico de Morelia; mariana.an@morelia.tecnm.mx*
4. *Instituto Tecnológico de Morelia; miguel.zj@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: Bagazo, *Agave cupreata*, hidrólisis

RESUMEN. Debido al incremento en su demanda, la producción de mezcal ha aumentado año con año en México, y consigo, los residuos generados durante su producción. Cada litro de mezcal producido genera aproximadamente 1.4 kg de bagazo de agave (BA), el cual es desechado incorrectamente. El BA es una fuente de carbono potencial para la producción biotecnológica de ácido cítrico, un ácido tricarboxílico ampliamente utilizado en la industria alimentaria. Sin embargo, su uso está restringido, ya que se requieren etapas de pretratamiento para descomponer los polisacáridos contenidos en el BA. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de diferentes condiciones de hidrólisis del BA para la liberación de los azúcares contenidos en este residuo lignocelulósico. Para ello, el BA, obtenido de una empresa mezcalera ubicada en Etúcuaro, Villa Madero, Michoacán, se lavó, se secó, se molió y se tamizó para obtener fracciones de tamaño de partícula más homogéneo (<0.5 µm) para las hidrólisis, las cuales se realizaron con H2SO4 al 2% (p/v) a diferentes condiciones de tiempo, presión, temperatura y agitación. Las variables que se midieron después del hidrólisis fueron la concentración de azúcares reductores (AR) y la concentración de furfurales e hidroximetilfurfurales. El tratamiento de hidrólisis que liberó la mayor cantidad de AR (38.51 mg/g de BA) fue a 121 °C, 137.9 kPa sin agitación, además de una mayor cantidad de furfurales (2.09 mg/g de BA) e hidroximetilfurfurales (0.22 mg/g de BA) mientras que el tratamiento menos eficiente en la liberación de AR (16.14 mg/g de BA) fue aquel que se realizó a 160 °C, 101.3 kPa y sin agitación, además de furfurales (2.06 mg/g de BA) e hidroximetilfurfurales (0.14 mg/g de BA). Los resultados de este trabajo demuestran el potencial del BA como fuente de carbono para la obtención biotecnológica de compuestos químicos de interés comercial.

INTRODUCCIÓN. El género Agave, perteneciente a la familia Agavaceae, es nativo de América tropical y tiene una gran relevancia socioeconómica, agroecológica y cultural. Numerosas especies de este género son usadas principalmente en la elaboración de bebidas alcohólicas, mayormente en la producción de tequila y mezcal. Agave cupreata, también conocido coloquialmente como “maguey papalote” o “maguey ancho”, es una de las especies comúnmente utilizadas en la producción de mezcal (Barrientos-Rivera, 2020; Álvarez-Chávez, et al., 2021; Roque-Otero, 2023). Uno de los residuos generados en este proceso productivo es el bagazo de agave, este residuo lignocelulósico se genera en

grandes cantidades, por lo que es desechado en cuerpos de agua, puesto a cielo abierto o simplemente es incinerado, lo que ocasiona problemas ambientales (Ordaz-Díaz, et al., 2019). Al tratarse de biomasa lignocelulósica, este residuo posee potencial para ser utilizado en la elaboración de productos de valor añadido. Sin embargo, debido a su compleja estructura química, la biomasa lignocelulósica requiere ser tratada previamente para optimizar su utilización, por lo que se han desarrollado distintos métodos térmicos, termoquímicos y biológicos de pretratamiento para residuos lignocelulósicos, entre ellos se encuentra la hidrólisis ácida, comúnmente realizada a altas temperaturas con ácidos fuertes diluidos. Este método es de los más comunes debido a su bajo costo y su alto rendimiento en la producción de azúcares (Corona-González, et al., 2016; Bathia, et al., 2020; Haq, et al., 2021)

ANTECEDENTES.

Referencia	Descripción
Ávila-Lara, 2019	Evaluó el tratamiento químico y enzimático del bagazo de *Agave tequiliana* Weber variedad azul y *Opuntia ficus* para su aplicación en la producción de ácido succínico. Realizó un pretratamiento ácido a 120 °C en condiciones de autoclave con ácido 2.1% (p/p) durante 33 minutos, obteniendo 13.24 g/L de azúcares reductores.
Yildirim, *et al*., 2021	Optimizaron un pretratamiento de la biomasa lignocelulósica para obtener azúcares destinados a la producción de etanol, utilizando paja de algodón y paja de girasol. Las condiciones óptimas en autoclave para una mayor producción de azúcares fueron: 121.7 °C, ácido 2.28% (v/v) durante 36.82 minutos para la paja de algodón y 87.03 °C, ácido 3.68% (v/v) durante 36.82 minutos para la paja de girasol.
Hernández-Mendoza *et al*., 2021	Evaluaron pretratamientos ácido-térmico y sacarificación enzimática del jugo y bagazo de hojas de *Agave salmiana* para obtener azúcares fermentables. Las mejores condiciones para el pretratamiento ácido-térmico del bagazo fueron H_2SO_4 1% (p/v) a 120 °C durante 60 minutos en autoclave obteniendo una concentración de 37.35 ± 1.36 g/L de azúcares reductores.

Tabla 1. *Antecedentes históricos sobre investigaciones realizadas relacionadas con pretratamiento de hidrólisis ácida en biomasa lignocelulósica.*

OBJETIVO. Estudiar la liberación de azúcares por medio de la hidrólisis termo-ácida de polisacáridos del bagazo de Agave cupreata.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Acondicionar el bagazo de A. cupreata mediante técnicas de lavado, secado, molienda y tamizado. Establecer un diseño experimental mediante la modificación de tiempo, presión, temperatura y agitación para la hidrólisis termo-ácida de la fracción de polisacáridos del bagazo de A. cupreata. Comparar estadísticamente las condiciones de hidrólisis ácida para identificar el mejor tratamiento con mayor rendimiento de azúcares libres del bagazo de A. cupreata.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Material lignocelulósico (bagazo de *A. cupreata*). El bagazo de *A. cupreata* fue donado por una empresa mezcalera ubicada en Etúcuaro, Villa Madero, Michoacán, todos los equipos y reactivos utilizados fueron proporcionados por el laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto Tecnológico de Morelia.

Acondicionamiento del bagazo de *A. cupreata.* El BA se lavó sumergiéndolo en un contenedor con agua de grifo y estrujándolo con las manos, con la finalidad de eliminar residuos de tierra, basura, entre otros. Después, El BA se colocó en bandejas metálicas, las cuales fueron colocadas dentro de un secador y se dejó secar durante 3 horas a 60 °C. Posteriormente, el BA se cortó en trozos pequeños utilizando tijeras para facilitar su

molienda, la cual se realizó en un pequeño molino eléctrico. Finalmente, el BA molido se tamizó haciéndolo pasar por dos tamices de diferente apertura de malla, 1 mm y 500 μm.

Diseño experimental para la hidrólisis de los polisacáridos del bagazo de *A. cupreata*

Para estudiar el efecto de las condiciones de hidrólisis en la liberación de azúcares de la fracción holocelulósica del BA, se fijaron diferentes niveles de variables (Tabla 2): tiempo de reacción, temperatura, presión y agitación de la mezcla de reacción.

No. de tratamiento	Equipo a utilizar	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Agitación
1	Autoclave	1	121	137.9	---
2	Parrilla metálica con agitación magnética	1	95	101.3	150 rpm
3	Incubadora con baño de aceite	1	160	101.3	---

Tabla 2. *Diseño experimental para tratamientos de hidrólisis termo-ácida.*

Hidrólisis termo-ácida de polisacáridos de BA. Todos los tratamientos de la Tabla 2 se realizaron por triplicado utilizando 8 g de BA y 200 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 2% (p/v). El hidrolizado resultante se filtró con papel filtro para remover el BA y se ajustó el pH a 5.5 utilizando NaOH 1M. Las variables de respuesta medidas para cada tratamiento fueron las concentraciones de AR liberados, de furfurales e hidroximetilfurfurales.

Cuantificación de azúcares reductores liberados en la hidrólisis termo-ácida. Los AR liberados después del hidrólisis termo-ácida se cuantificaron por el método de Miller (1959), adicionando 1 mL de reactivo ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) a 1 mL de muestra del licor hidrolizado apropiadamente diluido con agua destilada. Las muestras se incubaron en un baño de agua hirviendo durante 15 minutos y, posteriormente, se enfriaron en un baño de agua fría. Los AR liberados se midieron a 540 nm en un espectrofotómetro Modelo 721 Vis 350-1020 nm y las concentraciones se calcularon utilizando una curva estándar construida con glucosa grado reactivo a diferentes concentraciones.

Cuantificación de furfurales e hidroximetilfurfurales. Se centrifugaron 2 mL del licor hidrolizado de cada muestra de los tratamientos, durante 5 minutos a 6,000 rpm, y se realizaron diluciones con agua destilada para poder leer la absorbencia en el espectrofotómetro UV-Visible de la marca biochrom modelo Libra S12, a 276 nm para furfurales y 286 nm para hidroximetilfurfurales. Las concentraciones de furfurales e hidroximetilfurfurales se calcularon utilizando curvas estándar construidas con los respectivos compuestos químicos a diferentes concentraciones.

RESULTADOS.

Cuantificación de azúcares reductores, furfurales e hidroximetilfurfurales. El tratamiento que liberó mayor cantidad de AR fue aquel realizado en condiciones de 121 °C, 137.9 kPa y sin agitación en autoclave, con 38.51 mg/g de BA, también produjo una mayor cantidad de furfurales e hidroximetilfurfurales 2.09 mg/g de BA y 0.22 mg/g de BA, respectivamente. El tratamiento que liberó menor cantidad de AR fue aquel realizado en condiciones de 160 °C, 101.3 kPa y sin agitación en incubadora con baño de aceite, con 16.14 mg/g de BA y una cantidad de furfurales e hidroximetilfurfurales de 2.06 mg/g de BA y 0.14 mg/g de BA respectivamente. Respecto al tratamiento realizado en parrilla metálica de calentamiento en condiciones de 95 °C, 101.3 kPa y con agitación, se obtuvieron 32.85 mg de AR/g de BA, 1.41 mg de furfurales/g de BA y 0.17 mg de hidroximetilfurfurales/g de BA. Los gráficos comparativos se muestran en la figura 1.

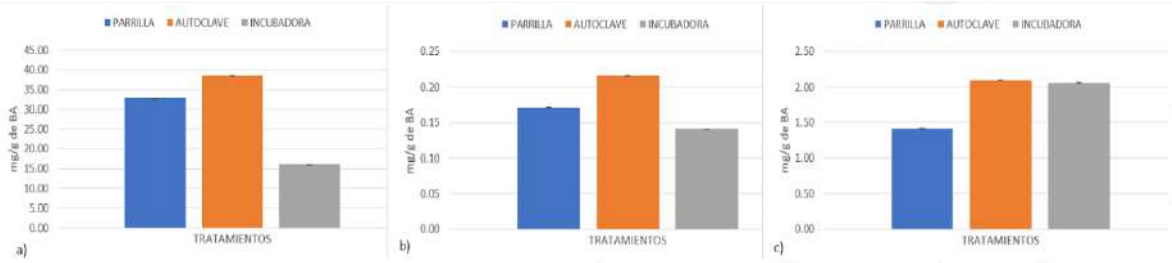


Figura 1. *a) Concentración de azúcares reductores, b) Concentración de hidroximetilfurfurales y c) Concentración de furfurales generados en los tratamientos del diseño experimental para la hidrólisis termo-ácida de BA.*

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento realizado en autoclave libera una mayor cantidad de AR por lo que podría ser utilizado en procesos a mayor escala en los que se involucren etapas de producción biotecnológica de metabolitos de interés comercial. Sin embargo, este tratamiento también genera una mayor cantidad de furfurales e HMF, lo que repercute negativamente en el rendimiento de AR liberados, además, estos compuestos químicos podrían actuar como inhibidores de los microorganismos utilizados en procesos fermentativos. Otra alternativa interesante es el tratamiento realizado en parrilla de calentamiento, ya que produjo estos compuestos en menor concentración y una concentración similar de AR, lo que sugiere que ambos métodos tienen potencial para este propósito.

REFERENCIAS.

1. Álvarez-Chávez, J., Villamiel, M., Santos-Zea, L. y Ramírez-Jiménez, A. K. 2021. Agave By-Products: An Overview of Their Nutraceutical Value, Current Applications, and Processing Methods. Polysaccharides, 2, 720-743. https://doi.org/10.3390/polysaccharides2030044
2. Ávila-Lara, A. I. 2019. Evaluación de bagazo de agave tequiliana Weber variedad azul y de Opuntia ficus indica en pretratamientos químicos y enzimáticos para su aplicación en la producción de ácido succínico. Tesis de maestria, Universidad Autónoma de Nuevo León. Repositorio Institucional – Universidad Autónoma de Nuevo León.
3. Barrientos-Rivera, G. 2020. Programa de manejo para la conservación de los agaves angustifolia y cupreata en el estado de Guerrero. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Guerrero. Repositorio Institucional – Universidad Autónoma de Guerrero.
4. Bhatia, S. K., Jagtap, S. S., Bedekar, A. A., Bhatia, R. K., Patel, A. K., Pant, D., Banu, J. R., Rao, C. V., Kim, Y. y Yang, Y. 2020. Recent developments in pretreatment technologies on lignocellulosic biomass: effect of key parameters, technological improvements, and challenges. Bioresource Technology, 300, 122724. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122724
5. Corona-González, R. I., Varela-Almanza, K. M., Arriola-Guevara, E., Martínez-Gómez, A. J., Pelayo-Ortiz, C. y Toriz, G. 2016. Bagasse hydrolyzates from agave tequiliana as substrates for succinic acid production by actinobacillus succinogenes in batch and repeated batch reactor. Bioresource Technology, 205, 15-23. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.12.081
6. Haq, I. u., Qaisar, K., Nawaz, A., Akram, F., Mukhtar, H., Zohu, X., Xu, Y., Mumtaz, M. W., Rashid, U., Ghani, W. A. W. A. K. y Choong, T. S. Y. 2021. Advances in valorization of lignocellulosic biomass towards energy generation. Catalysts, 11(3), 309. https://doi.org/10.3390/catal11030309
7. Hernández-Mendoza, A. G., Martínez-Hernández, S., Ruiz-Leza, H. A., Ortiz-Ceballos, A. I., Castro-Luna, A. A. y Láinez-Gonzáles, M. 2021. Evaluación de pretratamientos ácido-térmico y sacarificación enzimática para la obtención de azúcares fermentables a partir de jugo y bagazo de hojas de Agave salmiana. Renewable Energy, Biomass & Sustainability, Vol. 3, No. 1, 67-74
8. Ordaz-Díaz, L. A., Madrid del Palacio, M., Rodríguez-Flores, F. J. y Bailón-Salas, A. M. 2019. Aprovechamiento de los subproductos valiosos de la industria del mezcal en durango. Revista Ciencia Administrativa, 1(1), 12-21.
9. Roque-Otero, A. M. 2023. Efecto del ácido salicílico sobre el incremento de biomasa y azúcares en agave cupreata Trel. & Berger y agave salmiana Gentry. Tesis de maestria, Universidad Autónoma del Estado de México. Repositorio institucional – Universidad Autónoma del Estado de México.

10. Yildirim, O., Ozkaya, B., Altinbas, M. y Demir, A. 2021. Statistical optimization of dilute acid pretreatment of lignocellulosic biomass by response surface methodology to obtain fermentable sugars for bioethanol production. International Journal Of Energy Research, 45(6), 8882-8899. https://doi.org/10.1002/er.6423

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324204

PROPIEDADES DE LOS SUELOS Y CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS Y METALES PESADOS EN LA CUENCA DE CUITZEO

Valeria Torres Verdejo[1], Fernando Bahena Juárez[2], Yesenia Fuerte Velázquez[3], Helios Escobedo Cruz[4], David García Hernández[1]

1 Universidad Tecnológica de Morelia; valeria.torres.verdejo03@gmail.com

2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan; fbahenaj@hotmail.com

3 Secretaria de Agricultura; yeseniafuerte23@gmail.com

4 Red innovAC Michoacan; hescru@gmail.com

Palabras Clave: Cuenca de Cuitzeo, Plaguicidas, Metales Pesados.

RESUMEN. El cambio de uso de suelo, la deforestación y las prácticas agrícolas convencionales son problemáticas que se presenta en la Cuenca de Cuitzeo, y que han ocasionado la degradación de suelos, pérdida de fauna benéfica como polinizadores, parasitoides y depredadores, y problemas ambientales y de salud pública como intoxicaciones por agroquímicos. Para este estudio, se aplicaron tres tipos de encuestas: a productores (70), técnicos extensionistas (15) y proveedores de agroquímicos (15), para obtener información sobre el uso de los plaguicidas que se aplican en la cuenca. Se realizaron muestreos de suelos (40 muestras) para determinar las propiedades físico-químicas, la presencia de plaguicidas y metales pesados, en muestras de sedimentos (3) y de agua (30). Se determinó que el tipo de suelo más abundante es el Vertisol, con un aumento de alcalinidad (pH 8), disminución de contenido de materia orgánica y problemas con elementos como el Nl (21 y 33 mg kg-1), Ca (8309 mg kg-1), Na (5000 mg kg-1) y otros. En las muestras de suelo, agua y sedimento, se determinó la presencia de 16 plaguicidas, de los cuales 10 se encuentran clasificados como plaguicidas altamente peligrosos y están prohibidos en algunos países, pero autorizados en México. Se detecto la presencia de metales pesados, con concentraciones por arriba de lo que establece la Norma, en el caso de agua: Arsénico 1.71 mg/L y Cadmio 0.49 mg/L, en suelo Arsénico 611.71 mg/kg, Cadmio 12.40 mg/kg, Cobre 362.12 mg/kg, Cromo 850.22 mg/kg, Mercurio 40.30 mg/kg y Plomo 1145.65 mg/kg y en sedimentos Arsénico 260.29 mg/kg, Cadmio 4.17 mg/kg, Cobre 96.79 mg/kg, Cromo 185.59 mg/kg, Mercurio 2.44 mg/kg y Plomo 90.97 mg/kg. En base a los resultados obtenidos, se sugiere la implementación de un Manejo Agroecológico de Plagas y la aplicación de técnicas de remediación para la disminución y eliminación de metales pesados.

INTRODUCCIÓN. En México, la agricultura es el principal componente en el sector agropecuario, es la encargada de proveer alimentos y materias primas para el consumo humano, pero actualmente existen evidencias que demuestran que su actividad está afectando, con impactos sobre la degradación y la contaminación de los suelos por metales pesados, residuos de plaguicidas y fertilizantes químicos (Covarrubias, y Cabriales, 2017). Cada vez es mayor las necesidades de alimentos, debido a una población humana creciente han motivado a la utilización de la agricultura convencional, con lo que se ha intensificado el uso masivo de plaguicidas y fertilizantes químicos, con consecuencias

inmediatas en aspectos indeseables como la resistencia de las plagas, eliminación de insectos benéficos, presencia de residuos de plaguicidas en los productos agrícolas, presencia de metales pesados en suelos agrícolas y lagos, desequilibrio del ecosistema y efectos negativos en la salud humana (Luna-Geller, y Bolaños-Benavides, 2007). El cambio del uso del suelo y la deforestación han acelerado el deterioro de los recursos naturales y la desecación de los lagos como ha venido ocurriendo en Michoacán particularmente en los últimos años de una sequía creciente. Ante esta situación se realiza el presente estudio de campo que busca conocer lo que está ocurriendo con algunos factores de riesgo, procurando en principio tener un diagnóstico lo más real posible, mediante el levantamiento de encuestas a los productores agropecuarios, los proveedores de agroquímicos ubicados en la zona y a los técnicos extensionistas que asesoran a los productores de la cuenca de Cuitzeo, para conocer los principales plaguicidas que se utilizan, además se realizo toma de muestra de suelo, agua y sedimento. Se hacen propuestas de cambios en el sistema de la agricultura convencional, como la aplicación de la Agricultura de Conservación (AC) y una implementación del Manejo Agroecológico de Plagas, además, ante la supuesta presencia y evidencias que señalan que los residuos de plaguicidas puedan estar presentes en los suelos, cuerpos de agua y sedimentos, se propone aplicar acciones de biorremediación (Huiza-Acosta, 2019).

ANTECEDENTES. En relación que en la cuenca de Cuitzeo predominan los tipos de suelos Vertisol, que son utilizados en la agricultura y se menciona que el 41.52% de la superficie de la cuenca es utilizada para la producción de cultivos (INEGI, 2020). De acuerdo a la demanda de alimentos, en la cuenca de Cuitzeo se utiliza la agricultura convencional, por lo que ha ocasionado que la contaminación por metales pesados y plaguicidas se ha evidenciado a nivel mundial, afectando los entornos acuáticos de lagos, tanto en forma de disolución en el agua como en sedimentos y organismos acuáticos, además, de la presencia de estos en suelos agrícolas (Calderón-Guevara, et al., 2023). Por consecuencia de la utilización de Plaguicidas Altamente Peligrosos, en 2018 se notifico que en México se han registrado 86 fallecimientos por intoxicación de plaguicidas (Secretaria de Salud, 2022).

OBJETIVO. Determinar la presencia de plaguicidas altamente peligrosos y otros contaminantes como Metales pesados y proponer estrategias agroecológicas para la sustitución y remediación en la Cuenca de Cuitzeo.

MATERIALES Y MÉTODOS. En la cuenca de Cuitzeo se diseñaron 3 tipos de encuestas y se aplicaron 100 encuestas; 70 a productores, 15 a técnicos y 15 a proveedores de agroquímicos, se tomaron muestras de suelo (40x2) en la parte baja, media y alta de la Cuenca y muestras de sedimento (3) y agua (30) del Lago de Cuitzeo. Las muestras de suelo (40) fueron enviadas a analizar las propiedades físicas-químicas al laboratorio de suelos de INIFAP en Celaya, Guanajuato y para la determinación de plaguicidas y metales pesados en las muestras de suelo, agua y sedimento a SENASICA en Tecámac, Estado de México. Se realizo una base de datos y gráficos acerca de los resultados obtenidos en las encuestas. En la Figura, se muestran las geoposiciones de cada uno de los sitios donde se realizaron las encuestas, se obtuvieron las muestras de agua, suelo y sedimento y la localización del Modulo Demostrativo en la Cuenca de Cuitzeo.

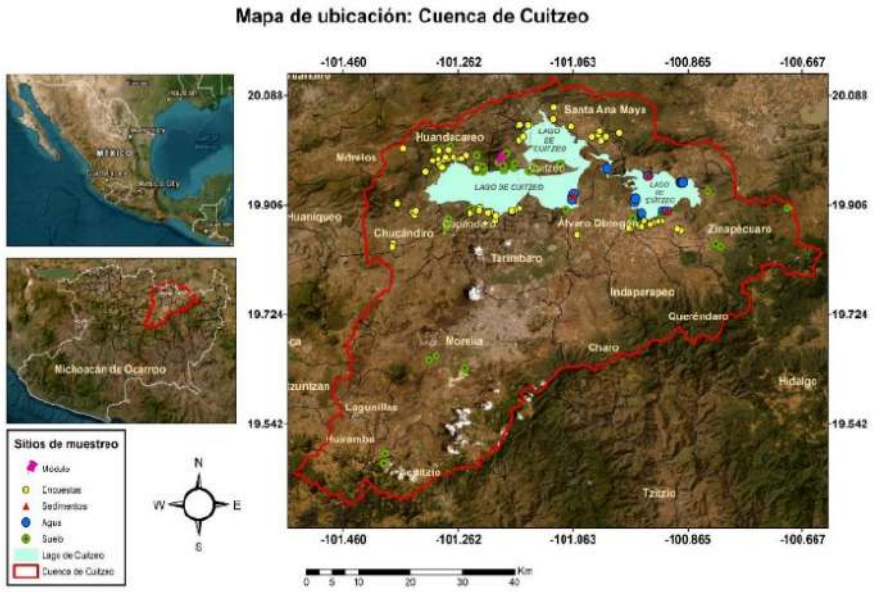


***Figura 1**. Mapa de las geoposiciones de los lugares donde se realizaron las encuestas y los puntos de muestreo en la Cuenca de Cuitzeo (Elaboró: Fuerte-Velázquez Y., 2024).*

RESULTADOS. En las encuestas aplicadas a los productores, técnicos y proveedores de agroquímicos, se obtuvo que en la Cuenca de Cuitzeo se utilizan 26 herbicidas, 29 insecticidas y 8 fungicidas, sumando un total de 63 plaguicidas, de los cuales 31 se encuentran catalogados como Plaguicidas Altamente Peligrosos y 19 están autorizados en México, pero prohibidos en otros países, en la Tabla se observan los plaguicidas que más mencionaron los encuestados y cuáles de ellos son PAP y en cuantos países se encuentran prohibidos. Los resultados de los análisis físico-químico mostraron que en la Cuenca de Cuitzeo predominan los suelos tipo Vertisol, en la Figura se indican los puntos de recolección de las muestras de suelo y en que tipos de suelos se encuentran en la cuenca. Se encontró una cantidad de menos 2% de materia orgánica (MO) y un pH alcalino. En características químicas se obtuvo un contenido de Ca con niveles de hasta 8309 mg kg-1 de suelo en la cuenca, lo que se considera extremadamente alto y se explica porque tienen tanta alcalinidad los suelos. También se encontraron niveles altos de Na 4926 mg kg^{-1}, Mg 1769 mg kg^{-1}, K 4945 mg kg^{-1}, NI 261.8 mg kg^{-1}.

Plaguicida		Encuestados	Frecuencia	%	PAN 2021	N° de países prohibidos
Tipo	*Ingrediente Activo*	(P, A, T)*				
Herbicidas	Glifosato	P, A, T	31.0	10.3	X	1
	2,4-D Amina	P, A, T	31.0	10.3		3
	Atrazina	P, A, T	28.0	9.3	X	37
	Paraquat	P, A, T	35	11.6	X	38
Insecticidas	Benzoato de Emamectina	P, A, T	23.0	7.7	X	
	Cipermetrina	P, A, T	64.0	21.3	X	
	Permetrina	A, T	7.0	2.3	X	29
	Lambda Cihalotrina	P, A, T	15.0	5.0	X	
	Imidacloprid	P, A, T	8.0	2.7	X	
	Spinetoram	P, A, T	26.0	8.7	X	
	Clorantraniliprol	P, A, T	16.0	5.3	X	
	Clorpirifós	P, A, T	11.0	3.7	X	2
Fungicidas	Captan	P, T	2.0	0.7	X	6

Tabla 1. *Algunos plaguicidas mencionados por productores, técnicos y proveedores de agroquímicos y el número de plaguicidas catalogados altamente peligrosos y prohibidos en otros países.*

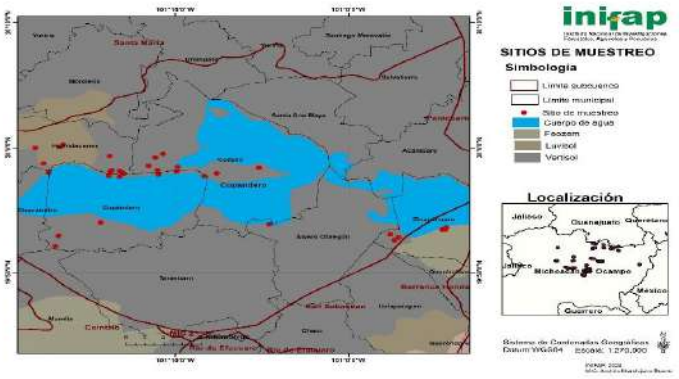


Figura 2. *Mapa de las geoposiciones de los puntos de muestreo en la Cuenca de Cuitzeo y que tipos de suelos predominan. (Elaboración Báez-Pérez A., 2024).*

Se identificaron 16 ingredientes activos en las muestras de suelo de la Cuenca de Cuitzeo, como Pentaclorofenol, Bifentrina, Imidaclopriod, Azoxystrobin, Permetrina, Rotenona, Carbendazima, Clorpirifós, Cipermetrina, Metolaclor, Methoxifenozoide, Tebuconazol, Tiabendazol, Clotianidina, Difenoconazole y Propiconazole, de los cuales 11 son catalogados como Plaguicidas Altamente Peligrosos y 7 de ellos se encuentran prohibidos en otros paises. En las muestras de sedimento se determinó una concentración máxima de Pentaclorofenol de 0.036 mg/L (ppm) en el Lago de Cuitzeo y de acuerdo a las Normas de Calidad Ambiental establece un limite permisible de 0.0004 mg/L (ppm), este se encuentra por encima de lo que establece la norma. En el caso de la muestra de agua del Lago, se determinó una concentración máxima de 0.03 mg/L (ppm), conforme al criterio nacional de la Ley Federal de Derechos establece un limite permisible de 0.0005 mg/L (ppm) y el criterio

internacional de la Agencia de Protección Ambiental establece un límite permisible de 0.019 mg/L (ppm), en ambos criterios no se cumple con lo que establecen. Además, se detectaron concentraciones de metales pesados, en el caso de las muestras de suelo las concentraciones máximas fueron de; Arsénico 611.71 mg/kg, Cadmio 12.40 mg/kg, Cobre 362.12 mg/kg, Cromo 850.22 mg/kg, Mercurio 40.30 mg/kg y Plomo 1145.65 mg/kg, por arriba de los limites permisibles que establece la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004; Arsénico 22 mg/kg, Cadmio 37 mg/kg, Cromo 280 mg/kg, Mercurio 23 mg/kg y Plomo 400 mg/kg. En las muestras de sedimentos las concentraciones máximas fueron de; Arsénico 570.10 mg/kg, Cadmio 6.04 mg/kg, Cobre 136.31 mg/kg, Cromo 313.14 mg/kg, Mercurio 2.46 mg/kg y Plomo 17502 mg/kg, para este caso no existen normas en México que establezcan los limites permisibles de metales presentes en sedimentos, por lo tanto de acuerdo a los limites permisibles que establece la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA); Arsénico 1.1 mg/kg, Cadmio 0.1-0.3 mg/kg, Cobre 10-25 mg/kg, Cromo 7-13 mg/kg, Mercurio 0.004-0.051 mg/kg y Plomo 4-17 mg/kg. de metales pesados, con concentraciones por arriba de lo que establece la Norma, en el caso de agua: Arsénico 1.71 mg/L y Cadmio 0.49 mg/L, en suelo Arsénico 611.71 mg/kg, Cadmio 12.40 mg/kg, Cobre 362.12 mg/kg, Cromo 850.22 mg/kg, Mercurio 40.30 mg/kg y Plomo 1145.65 mg/kg y en sedimentos Arsénico 260.29 mg/kg, Cadmio 4.17 mg/kg, Cobre 96.79 mg/kg, Cromo 185.59 mg/kg, Mercurio 2.44 mg/kg y Plomo 90.97 mg/kg.
En las muestras de agua las concentraciones máximas fueron solo de; Arsénico 1.71 mg/L y Cadmio 0.49 mg/L, excediendo el límite permisible de promedio mensual de la NOM-001SEMARNAT-2021; Arsénico y Cadmio de 0.15mg/L

CONCLUSIONES. La Cuenca del Lago de Cuitzeo presenta problemas como la contaminación y en peligro de extinción el Lago de Cuitzeo, debido a la aplicación de “Plaguicidas Altamente Peligrosos”; ha ocasionado otra problemática adicional como la resistencia por parte de las plagas, la eliminación de fauna benéfica como polinizadores, parasitoides y depredadores, y problemas de salud pública como las intoxicaciones. De los análisis físicos-químicos realizados a las muestras de suelo se determinó que existe una disminución en el contenido de materia orgánica y el aumento de la alcalinidad, que ha sido ocasionado por la práctica de una agricultura intensiva. Los principales plaguicidas que son aplicados y fueron mencionados en las encuestas de la Cuenca de Cuitzeo, se encontró presencia en las muestras de suelo, agua y sedimentos como: Pentaclorofenol, Cipermetrina, Clorpirifós, entre otros. De acuerdo con la presencia de metales pesados y residuos de plaguicidas en los recursos naturales, se proponen acciones de remediación como la biorremediación y la fitorremediación, mediante seguimiento a un Módulo, donde se implementan prácticas como la Agricultura de Conservación que consta del mínimo movimiento del suelo, la rotación de cultivos y la aplicación de coberturas orgánicas para mejorar la fertilidad de los suelos, además de la implementación del Manejo Agroecológico de Plagas en la Cuenca de Cuitzeo.

REFERENCIAS.

1. Báez-Pérez A. (2024). No publicado
2. Calderón-Guevara, M. N., Carpio-Rivera, N. Y., y Galarza-Mora, W. G. (2023). Metales pesados Cd, Pb y Hg: Una problemática de salud pública en el contexto de las relaciones internacionales e importancia de la academia en su mitigación. MQRInvestigar, 7(3). https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.3.2023.2545-2578
3. Covarrubias, S. A., & Cabriales-Peña, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. Revista internacional de contaminación ambiental, 33, 7-21.

4. Fuerte-Velázquez Y. (2024). No publicado
5. Huiza Acosta, K. B. (2019). Remediación de suelos contaminados con metales pesados mediante especies del género Brassica.
6. INEGI. (2020). Cuenca hidrológica Lago de Cuitzeo Humedales: Informe técnico. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Morelia, Michoacán.
7. Luna-Geller, L., y Bolaños-Benavides, M. (2007). Alelopatía y extractos vegetales: alternativas para el manejo de insectos plagas y enfermedad en cultivos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2167
8. National Oceanic and Atmospheric Administration. (2008). Screening Quick Reference Tables. OR&R Report 08-1. NOAA. USA
9. Norma Oficial Mexicana. NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. DOF. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat_ssa1-2004.pdf
10. Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. Diario Oficial de La Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0
11. Rodríguez*Aguilar, B. A., Martinez Rivera, L. M., Peregrina Lucano, A. A.,Ortiz Arrona, C. I.. y Cárdenas Hernández, O. G. (2019). Análisis de residuos de plaguicidas en el agua superficial de la cuenca del río Ayuquila-Armería, México Analysis of pesticide residues in the surface water of the Ayuquila-Armeria river watershed, Mexico. Terra Latinoamericana 37: 151-161. DOI: https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.462
12. Secretaria de Salud. (2022). 199. Intoxicaciones, una de las principales causas de atención en urgencias. Recuperado el 03 de marzo de 2024 de https://www.gob.mx/salud/prensa/199-intoxicaciones-una-de-las-principales-causas-de-atencion

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324205

EFECTO DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO EN MAÍZ HÍBRIDO Y CRIOLLO

Javier Tinoco Salazar[1], Viviana Melgoza Esparza[1], Josué Altamirano Hernández[1], Alfonso Luna Cruz[2]

1 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Avenida Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México. 2353458k@umich.mx; 1919816b@umich.mx; josue.altamirano@umich.mx

2CONAHCYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas. alfonso.luna@umich.mx

Palabras Clave: PGPR, bioinoculantes, agricultura verde, maíz.

RESUMEN. Este estudio evaluó la efectividad de un bioinoculante sólido con bacterias nativas para mejorar el crecimiento y rendimiento del maíz. Se aislaron y caracterizaron bacterias de suelos locales y se formularon bioinoculantes sólidos y líquidos para probar en maíz híbrido y criollo. Los resultados mostraron que las bacterias autóctonas fueron más efectivas en el maíz híbrido, mientras que las alóctonas mejoraron el rendimiento del maíz criollo. Las cepas seleccionadas incrementaron la germinación y la longitud de la raíz, confirmando que las bacterias fijadoras de nitrógeno son clave para la productividad del maíz.

INTRODUCCIÓN. Actualmente, el maíz es el cereal líder en términos de volumen de producción y se proyecta que se convertirá en el cultivo más ampliamente cultivado y comercializado en la próxima década (Erenstein et al., 2022). Este cultivo versátil y multipropósito es fundamental para la alimentación animal a nivel global, pero también desempeña un rol crucial como alimento básico en regiones como África subsahariana y América Latina. Además, el maíz tiene diversas aplicaciones industriales, lo que refuerza su importancia en los sistemas agroalimentarios globales. Dada su relevancia, es imperativo continuar invirtiendo en investigación y desarrollo para fortalecer su papel en la seguridad alimentaria y la subsistencia, asegurando una intensificación sostenible de su producción dentro de los límites planetarios. En México, el maíz tiene una relevancia particular, tanto cultural como económica. En 2022, el país fue el sexto mayor productor de maíz a nivel mundial (FAO, 2024), aunque su capacidad agrícola varía significativamente entre regiones. Mientras que Jalisco destaca como el principal estado productor, Aguascalientes sobresale en rendimiento por hectárea, con una producción que supera la media nacional de 4.4 toneladas por hectárea. Por otro lado, Michoacán, ocupando el séptimo lugar en producción nacional, se encuentra por debajo de esta media, en parte debido a su bajo nivel de tecnificación y la prevalencia del uso de maíz criollo, una variedad tradicional pero menos productiva (SIAP, 2024), que es importante conservar para mantener su germoplasma. Dada la importancia del maíz en la economía y la seguridad alimentaria de México, este estudio se enfoca en evaluar la interacción entre bacterias de la rizosfera y el cultivo de maíz, con el objetivo de explorar nuevas estrategias sostenibles para mejorar su producción. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y los bioinoculantes representan una opción prometedora en la agricultura verde, con el potencial

de aumentar la productividad del maíz sin recurrir a fertilizantes químicos, promoviendo prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

ANTECEDENTES. La investigación sobre el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en el cultivo de maíz ha mostrado resultados prometedores en diversas partes del mundo, destacando la importancia de las cepas autóctonas en la optimización de la producción agrícola. Fernández et al. (2024) realizaron un estudio comparativo entre dos bacterias autóctonas, Azospirillum argentinense y Pseudomonas rhodesiae, en formulaciones líquidas y sólidas, determinando que las aplicaciones sólidas fueron más eficientes en términos de rendimiento y vigor del maíz en comparación con las aplicaciones líquidas. Este hallazgo subraya la importancia no solo de la selección de las bacterias adecuadas, sino también del tipo de formulación empleada. Por su parte, Martínez et al. (2018) trabajaron con maíz criollo utilizando Azospirillum brasilense y Chromobacterium violaceum, encontrando que la combinación de ambas bacterias representaba una mejora significativa en el rendimiento en comparación con la no aplicación o el uso de aplicaciones individuales. Esto sugiere que los consorcios bacterianos pueden tener un efecto sinérgico en la promoción del crecimiento del maíz. Oluwaseyi (2019) también investigó el uso de un consorcio autóctono de bacterias, observando diferencias significativas en el rendimiento del maíz en comparación con aplicaciones individuales, aunque no se detectaron mejoras significativas en el vigor. Estos resultados indican que, aunque el consorcio de bacterias puede mejorar la productividad, su impacto en otros parámetros de crecimiento, como el vigor de la planta, puede ser más variable. Finalmente, Chen (2021) aisló diversos grupos bacterianos y los comparó con Azospirillum brasilense Az39 en la aplicación en maíz, encontrando que las bacterias autóctonas lograron aumentar de manera constante el rendimiento del grano. Esto refuerza la idea de que las bacterias autóctonas, al estar adaptadas a las condiciones locales, pueden ser más efectivas que las cepas introducidas desde otros ambientes. Estos antecedentes destacan la importancia de continuar investigando las interacciones entre bacterias de la rizosfera y el maíz, especialmente en la búsqueda de soluciones sostenibles para mejorar la productividad agrícola mediante el uso de bioinoculantes y PGPR.

OBJETIVO. Evaluar la efectividad biológica de un bioinoculante sólido formulado con bacterias nativas en el crecimiento y rendimiento del maíz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar y aislar microorganismos nativos de suelos locales. Crear diferentes formulaciones de bioinoculantes que incluyan consorcios de microorganismos autóctonos y alóctonos. Formular bionoculantes sólidos y líquidos. Evaluar la efectividad de estas formulaciones en la promoción del crecimiento del maíz. Evaluar la efectividad de estas formulaciones en el rendimiento del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología del estudio incluyó la recolección de suelo del municipio de Ocampo, de donde se aislaron bacterias autóctonas que posteriormente fueron evaluadas en función de su capacidad para fijar nitrógeno y solubilizar calcio y fosfato, nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Además, se incluyeron en el análisis cuatro cepas alóctonas previamente caracterizadas en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del IIQB-CIDAM. Las pruebas se realizaron en dos variedades de maíz: híbrido y criollo, evaluando parámetros clave como la longitud de la raíz, la altura de la planta y el peso seco tanto en la fase de germinación como en la etapa V3

RESULTADOS. Los resultados arrojaron hallazgos notables: las bacterias autóctonas mostraron un mejor desempeño en el maíz híbrido, mientras que las cepas alóctonas fueron más efectivas en el maíz criollo. Este hecho sugiere que las bacterias, al estar adaptadas a un ambiente específico, pueden tener un impacto diferencial según la variedad de maíz en la que se apliquen. Por ejemplo, la cepa ACJ incrementó la germinación del maíz híbrido en un 13%, mientras que la cepa B17 mejoró la germinación del maíz criollo en un 25% (Tabla 1)

Sólido	
Tratamiento	%
CONTROL	82.22±2.22B
* B11	71.11±4.44D
* B17	84.44±4.43BC
* B18	84.44±5.88BC
* B21	84.44±5.88BC
‡ ACJ	95.55±2.22 A
‡ LAD	84.44±2.21B
‡ BKY	91.11±4.44AB
‡ AZO	82.22±1.64B

Tabla 1 *Efecto de la inoculación con diferentes rizobacterias en la germinación en maíz híbrido. Análisis de varianza ANOVA de una vía y prueba post hoc de Tukey (α = 0.05, n = 3 ± DS). Letras distintas representan diferencias significativas. * Rizobacterias autóctonas del municipio de Ocampo, ‡ Rizobacterias alóctonas provenientes de colección*

En la etapa V3, las cepas B21 y BKY aumentaron la longitud de la raíz del maíz híbrido en un 29% y 39%, respectivamente (Fig 1)

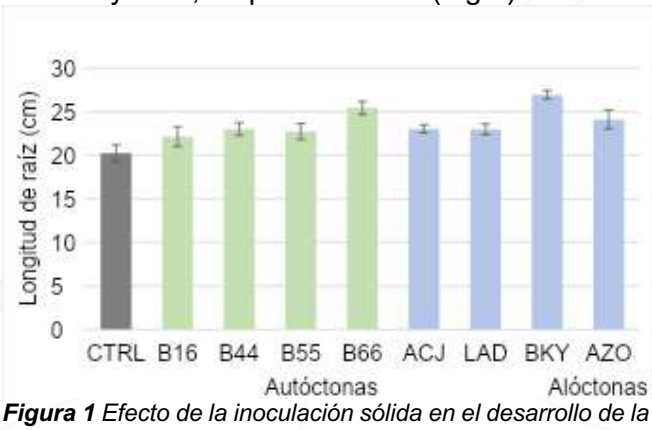


Figura 1 *Efecto de la inoculación sólida en el desarrollo de la raíz de maíz híbrido. Análisis de varianza ANOVA de una vía y prueba post hoc de Tukey (α = 0.05, n = 3 ± DS). Letras distintas representan diferencias significativas.*

Para el maíz criollo, las cepas B18 y ACJ se destacaron, con mejoras del 42% y 35% en la longitud de la raíz. Estos resultados confirman que las bacterias fijadoras de nitrógeno son

especialmente efectivas en el desarrollo del maíz, corroborando investigaciones previas sobre su papel en la mejora de la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, este estudio subraya la importancia de considerar la interacción entre las variedades de maíz y las cepas bacterianas específicas al diseñar programas de inoculación bacteriana.

CONCLUSIONES. En conclusión, el uso de bioinoculantes, particularmente rizobacterias fijadoras de nitrógeno, representa una estrategia prometedora para optimizar el rendimiento del maíz de manera sostenible. Este enfoque no solo favorece la salud del suelo y la biodiversidad de los agroecosistemas, sino que también responde a la creciente necesidad de adoptar prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente. La selección de cepas bacterianas adecuadas, dependiendo de la variedad de maíz, puede abrir nuevas vías para incrementar la productividad de este cultivo esencial, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad agrícola en el largo plazo.

REFERENCIAS.

1. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). La riqueza de México es el maíz. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-riqueza-de-mexico-es-el-maiz?idiom=es
2. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). Maíz, cultivo de México. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-cultivo-de-mexico?idiom=es
3. Ranum, P., Peña-Rosas, J. y Garcia-Casal, M. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. Annals of the New York academy of sciences. 1312(1). 105-112
4. Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K. y Prasanna, B. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. Food Security. 14, 1295–1319
5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). FAOSTAT statistical database. https://ourworldindata.org/explorers/global-food?tab=table&facet=none&pickerSort=asc&pickerMetric=production__tonnes&Food=Maize+%28corn%29&Metric=Production&Per+Capita=false&country=~ZAF%3BhideControls
6. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). SIACON: Sistema de consulta de información agropecuaria. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324206

DESARROLLO DE UN OLFATÓMETRO DE DOS VÍAS ACOPLADO A SPME-GC/MS PARA LA CAPTURA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

Rodolfo Daniel Alcázar Marín[1], José Manuel Oregel Zamudio[1], José Luis Peña Vasquez[1], José Andrés Barajas Chavéz[1], Ernesto Oregel Zamudio[1], Oscar Giovanni Gutiérrez Cárdenas[1]

[1]Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Michoacán, Justo Sierra 28, Col. Centro, 59510, Jiquilpan, Michoacán, México (n-io@hotmail.es ; joseoregel@outlook.com ; lpenav2300@alumno.ipn.mx ; jbarajasc2300@alumno.ipn.mx ; eoregel@ipn.mx)

[1] Universidad de la Ciénaga del Estado de Michoacán de Ocampo (oggutierrez25@gmail.com)

Palabras Clave: Captura de volátiles, Compuestos orgánicos volátiles (COVs). GC/MS, Olfatómetro de dos vías, SPME (Microextracción en fase sólida).

RESUMEN. El estudio de las interacciones químicas entre insectos y sus entornos requiere de herramientas precisas para la captura y análisis de compuestos orgánicos volátiles (COVs). En este trabajo, se describe el diseño y la implementación de un olfatómetro de dos vías acoplado a la técnica de microextracción en fase sólida (SPME) combinada con cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS) para la captura y análisis de COVs. El olfatómetro de dos vías permite evaluar las respuestas olfativas de los insectos ante diferentes estímulos químicos, mientras que la técnica de SPME-GC/MS proporciona una herramienta no invasiva para la captura eficiente y análisis detallado de los volátiles emitidos durante los ensayos. Nuestro sistema integrado ha sido optimizado para garantizar la recolección, análisis y correlación precisa entre la respuesta del insecto y el perfil químico de los volátiles capturados. Este enfoque ofrece un método robusto y reproducible para estudiar el comportamiento olfativo en entornos controlados, facilitando el avance en la comprensión de las interacciones planta-insecto y la identificación de compuestos clave en el manejo integrado de plagas.

INTRODUCCIÓN. El comportamiento de los insectos en la naturaleza está fuertemente influenciado por diversos estímulos sensoriales que les permiten tomar decisiones clave, como la selección de alimentos o la elección de pareja como lo menciona López (2006). Entre estos estímulos destacan los compuestos orgánicos volátiles (COV), que son emitidos por las plantas. Estos COVs pueden desencadenar en los insectos respuestas que varían entre la atracción y la repulsión, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre la planta que los emite. Para identificar y analizar los COVs producidos por las plantas, se utilizan técnicas avanzadas como la microextracción en fase sólida (SPME), combinadas con cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC/MS). Estas técnicas permiten obtener una caracterización precisa de los compuestos volátiles emitidos. El interés científico en estos volátiles radica en su influencia sobre el comportamiento de los insectos y en qué beneficios pueden ser aplicados. Una herramienta clave para evaluar la respuesta olfativa de los insectos a los COV es el olfatómetro de dos vías. Este equipo consta de dos cámaras donde se colocan diferentes muestras que, al ser atravesadas por aire purificado,

liberan los volátiles hacia una intersección común. En este punto de encuentro se introducen los insectos, y su comportamiento se analiza en función de la dirección que eligen seguir, lo que refleja su preferencia olfativa. Mediante la repetición de pruebas con diferentes muestras y especies de insectos, se obtiene información sobre qué volátiles o combinaciones de ellos resultan más atractivos o repelentes

ANTECEDENTES. Existen diversos estudios hechos sobre la olfatometría aplicada en los insectos, esta rama de investigación tiene ya varios años que se utiliza en muchos ámbitos, uno de ellos es el Manejo integrado de plagas (MIP) más específico en el control biológico el cual funciona como alternativa natural en la reducción de plagas. Uno de los estudios que con gran relevancia en la olfatometria es el expuesto por López (2006) el cual nos menciona que la olfatometría es crucial para estudiar las respuestas olfativas de los insectos, particularmente en procesos como la alimentación, ovoposición y búsqueda de pareja. Los insectos perciben compuestos volátiles emitidos por las plantas, lo que influye en su comportamiento, especialmente en insectos fitófagos con grados de especialización (como los lepidópteros). Este estudio de interacciones planta-insecto es esencial para comprender la ecología y evolución de las interacciones. Los equipos olfatométricos tienen una amplia gama de estilos ya que existen desde el más simple que consta de dos vías a los más complejos unos de estos son los utilizados por Nieves (2016) el cual diseño y utilizo un olfatómetro portátil de tres y cuatro vías para realizar bioensayos con M. nigripesmuestra en respuesta del compuesto sintético octil-butirato en esta investigación se encontró que el compuesto puesto aprueba no influye de gran medida en la respuesta de este insecto así como también toca puntos importantes sobre la interferencia de factores alternos ya que lo mención como observación, este punto a tratar puede ser solucionado obstruyendo cualquier distracción tanto visual como térmica que pueda tener este equipo. Bustamante (2024) llevo a cabo en Colombia la implementación de un olfatómetro de tres vías para evaluar la preferencia alimentaria de Gonipterus platensis por diferentes especies de eucalipto, lo que permitió estudiar cómo los volátiles emitidos por las plantas influyen en el comportamiento de los insectos. Los insectos fueron expuestos a ramas de *Eucalyptus grandis, E. urophylla y el híbrido E. urograndis.*

OBJETIVO. Elaborar un Olfatómetro de dos vías acoplado a SPME-GC/MS para capturar compuestos orgánicos volátiles.

OBJETIVOS ESPECIFICOS. Realización de bioensayos con insectos y muestras orgánicas. Recolectar COVs para su análisis.

MATERIALES Y MÉTODOS. La elaboración de este equipo de laboratorio se enfoca en recolectar COVs que son relevantes para los insectos, este equipo se elaboró utilizando una bomba de aire la cual bombea el aire a través de dos filtros para purificar el aire, el primer filtro esta hecho a base de un matraz Erlenmeyer lleno de silica en gel y sellado para evitar contaminación, el segundo filtro se hizo de la misma forma pero fue llenado de carbón activado de distintos tamaños este se encarga de quitar olores o compuestos no deseados en la prueba, el aire ya limpio se hace pasar por un manómetro el cual regula la intensidad del aire con la que llega a las cámaras de saturación, estas cámaras constan de una capsula de vidrio sellada con dos salidas una de estas salidas cuentan con una válvula que se abre y cierra a consideración propia y está destinada para la recolección de los COVs y la otra salida está enfocada en llevar el aire mezclado con los volátiles hacia una “y” de vidrio la

cual por un lado llega el aire combinado con volátiles de la cámara de saturación uno y por el otro lado llega el aire mezclado con los volátiles de la cámara de saturación dos ya que en cada una de las cámaras se colocan muestras de plantas en condiciones diferentes esto produciendo volátiles distintos, en la punta de la "y" de vidrio es donde se colocara el insecto a investigar dejándolo en la punta y dando inicio a los bioensayos, esta "y" está dentro de un espacio cerrado de color blanco eh iluminado con luz blanca esto está diseñado para evitar las distracciones o interferencias no deseadas en la prueba. Los COVs que se obtienen de estas cámaras de saturación son recolectados con una fibra de microextracción en fase solida (SPME) y se pasa a un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC/MS) este equipo es el encargado de analizar las muestras y dar a conocer cuáles son los elementos que conforman esta muestra, estos resultados se comparan con los de la otra muestra de volátiles y se sabe que compuestos son los que influyen en mayor medida en la toma de decisión del insecto.

RESULTADOS. El olfatómetro desarrollado se espera que sea una herramienta robusta para realizar futuros estudios sobre interacciones químicas entre insectos y plantas. Su diseño facilita la captura de COVs y permite observar las respuestas olfativas en un entorno controlado, lo que puede aplicarse a investigaciones sobre manejo de plagas o comportamiento de insectos.



Fig. 1 *Olfatómetro de dos vías*

Este olfatometria de dos vías fue construido de manera exitosa ya que cumple con las características requeridas para poder hacer bioensayos de forma confiable, este equipo se construyó con filtros, cámara de saturación, cámara de recolección de volátiles, manómetro, "y" de vidrio termómetro entre otros componentes los cuales hace que las condiciones de los bioensayos puedan ser medidas. El uso de la microextracción en fase sólida (SPME) para la captura de los COVs en el olfatómetro demuestra que el sistema es capaz de recoger estos compuestos de manera eficiente, sin necesidad de métodos invasivos. La fibra SPME ha mostrado ser adecuada para recoger los volátiles emitidos por las plantas o los estímulos colocados en las cámaras. El espacio cerrado y la iluminación blanca dentro del olfatómetro aseguran que las decisiones de los insectos estén influenciadas solo por los volátiles, reduciendo las posibles distracciones visuales o térmicas, lo cual es fundamental para obtener resultados precisos.

CONCLUSIONES. El desarrollo del olfatómetro de dos vías acoplado a la técnica SPME-GC/MS ha logrado cumplir con su objetivo principal de diseñar un dispositivo funcional y

eficiente para la captura y análisis de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y la evaluación del comportamiento olfativo de insectos. El sistema ha demostrado ser capaz de purificar el aire, recolectar volátiles de manera eficiente, y analizar estos compuestos con precisión mediante GC/MS. Además, los bioensayos realizados confirman que el olfatómetro permite observar y medir de manera controlada las respuestas olfativas de los insectos, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para futuros estudios en ecología química y manejo integrado de plagas. Con estos resultados, el olfatómetro se establece como una base sólida para avanzar en la comprensión de las interacciones planta-insecto, y optimizar el uso de compuestos volátiles en estrategias de control biológico.

REFERENCIAS.

1. Bustamente, J. G., & rin Uribe, M. (2024). Preferencia alimenticia y de oviposición de Gonipterus platensis (Coleoptera: Curculionidae) en tres especies comerciales de Eucalyptus en Colombia. Revista Forestal del Perú, 39(1), 90-101.
2. López-Ávila, A., & Rincón, D. F. (2006). Diseño de un olfatómetro de flujo de aire para medir respuestas olfativas de insectos de tamaño mediano y pequeño. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 7(1), 61-65.
3. Nieves-Silva, E., & Romero-López, A. A. (2016). Olfatómetro portátil para el estudio de interacciones entre “frailecillos” (Coleoptera: Melolonthidae) y plantas. Entomología mexicana, 3, 516-522.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 3. Ciencias Agropecuarias y Biotecnología.

Octubre, 2024
ID: CP0324208

VARIACIÓN MOLECULAR DE LA ALFA- LATROTOXINA ENTRE ESPECIES DEL GÉNERO LATRODECTUS EN MICHOACÁN

***María del Carmen Miranda Cedeño*[1]**
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1340894F@umich.mx

Palabras Clave: Alfa-latrotoxina, variación genética, Latrodectus.

RESUMEN. Las especies del género Latrodectus son llamadas comúnmente “arañas viudas” y son mundialmente conocidas por ser de importancia médica para el ser humano, al poseer un potente veneno neurotóxico, que presenta alfa-latrotoxina, encargada específicamente de afectar a los vertebrados provocándoles parálisis musculares, como resultado de la liberación desmedida de neurotransmisores, por ello se analizará la variación genética de la alfa-latrotoxina entre especies presentes en el estado de Michoacán.

INTRODUCCIÓN. El phylum Artropoda es el grupo de invertebrados más diverso en el planeta con más de 1.3 millones de especies. Dentro de este phylum se encuentra el Orden Araneae, al que pertenecen las arañas; que es uno de los grupos de arácnidos más abundantes en las comunidades terrestres debido al importante papel que desempeñan en las redes tróficas. Las arañas se caracterizan por poseer un par de quelíceros con glándulas venenosas (excepto en la familia Uloboridae), 4 pares de patas y el cuerpo dividido en 2 segmentos: cefalotórax (o prosoma) y abdomen (u opistosoma). En México se han identificado más de 2500 especies de arañas, distribuidas en más de 100 familias, entre las cuales se encuentra la familia Theridiidae que incluye el género Latrodectus, representado por 4 especies que son conocidas como “viudas negras” o “viudas cafés” (en el caso de Latrodectus geometricus una especie invasora, procedente de áfrica); forman parte de un reducido grupo de arañas con importancia médica en México, debido a las elevadas incidencias de envenenamiento causado por ellas, dicha intoxicación es conocida como Latrodectismo. Convirtiéndose así en un problema de importancia médica y de salud pública, ya que, en un cuadro de envenenamiento grave, de no administrar un suero antiveneno de manera oportuna y luego de un proceso de dolor intenso y alteraciones en el ritmo cardiaco, se puede provocar un desenlace fatal debido a la parálisis del corazón y/o pulmones. Los venenos en general, son secreciones químicas complejas, producidas por algunos animales con el objetivo de obtener ventaja al defenderse o adquirir presas, por ello las toxinas y los genes que las codifican son de interés evolutivo debido a su papel directo en la adecuación biológica de los organismos. Sin embargo, existen escasos trabajos que documenten la variación genética en secuencias del gen alfa-latrotoxina provenientes de distintas especies del género *Latrodectus*. Por lo cual, es el principal objetivo de esta investigación esclarecer el nivel de variación genética entre especies presentes en el estado de Michoacán.

ANTECEDENTES. Las arañas pertenecientes al género Latrodectus son popularmente conocidas por su patrón ventral con forma de “reloj de arena”, este presenta múltiples

variaciones tanto entre especies como entre organismos de la misma especie e incluso de la misma población, además presentan dimorfismo sexual, reconocido fácilmente por la pronunciada diferencia entre el tamaño corporal de las hembras y los machos. Dentro de la familia Theridiidae las arañas del género Latrodectus son las que alcanzan un tamaño corporal mayor y en el caso de sus representantes distribuidas en México, la especie que presenta las hembras de mayor tamaño con un promedio de 12 mm de longitud es Latrodectus hesperus, mientras que L. mactans y L. geometricus presentan un promedio de 10 mm de longitud en las hembras y los machos alcanzan un promedio de 4 mm de longitud en las tres especies (Levi, 1967) (Kaston, 1970). Son arañas tejedoras, conocidas por sus telas irregulares y de gran resistencia lo que les ha permitido expandir su dieta para poder alimentarse de pequeños vertebrados, tales como serpientes y ratones. (Grismado, Izquierdo, & Ramírez, 2014). Además de su capacidad para alimentarse de presas de mayor tamaño, una de las características que las ha llevado a ser una de las mejores colonizadoras es su elevada fecundidad, esto debido a que son arañas enteléginas, es decir, que cuentan con estructuras sexuales como sus receptáculos seminales, más complejas; a diferencia de las arañas haplóginas como las del género Loxosceles (araña violinista), lo que les permite producir varios ovisacos luego de una sola cópula, para L. geometricus el mayor número de ovisacos en una sola puesta reportado es de 29, para L. hesperus es de 21 y para L. mactans 15. (Cabrera Espinosa, 2020). Aunque no se conoce con exactitud el número de caso por intoxicación de animales ponzoñosos, existe una cifra aproximada, para México se ha reportado que el 11% del total de envenenamientos es provocado por mordeduras de arañas, registrándose alrededor de 3000 a 5000 personas afectadas por mordeduras de Latrodectus mactans y Loxosceles, sin embargo, existe una predominancia considerable en lesiones provocadas por la viuda negra (Haro et al., 2016). Además, se registra la mayor incidencia de mordeduras durante el verano y el otoño. La alfa-latrotoxina se une a la neurexina presente en el receptor neuronal presináptico de los vertebrados para insertarse en la membrana neuronal, formando un canal trasmembranal que conduce a la entrada de calcio extracelular a través del poro central, desencadenando una exocitosis masiva e incontrolada de neurotrasmisores. (Garb & Hayashi, 2013). Por lo que provoca parálisis musculares a causa del bloqueo de la transmisión nerviosa, generado por el déficit de neurotransmisores (Amaro, 2022). Se han concentrado esfuerzos considerables para conocer la relación entre la estructura y función de la a-latrotoxina, esto debido al importante papel que posee para la toxicidad humana, además de la comprensión de la neurosecreción en los vertebrados.

OBJETIVO. Examinar la variabilidad genética del gen alfa-latrotoxina entre las especies del género Latrodectus presentes en Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Diseñar oligonucleótidos específicos para el gen alfa-latrotoxina. Establecer relaciones filogenéticas de las especies del género Latrodectus con base en caracteres moleculares del gen alfa-latrotoxina.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Metodología de campo.

Para esta investigación se realizaron colectas en dos ciudades, principalmente en la zona centro y panteones municipales, el proceso de búsqueda se llevará a cabo durante dos horas consecutivas en cada sitio de estudio, revisando arduamente entre las estructuras metálicas de protección en puertas y ventanas, así como pequeños huecos, rincones y

grietas en paredes y banquetas; debajo de bancas en las plazas públicas; en las cruces y lapidas de las tumbas en los panteones. Cada uno de los ejemplares será colectado cuidadosamente de manera directa con pinzas entomológicas, para ser colocados en frascos de plástico con tapa y orificios de respiración para su traslado, posteriormente serán colocados en tubos con etanol al 90% y sus datos pertinentes de colecta, para su adecuada preservación con el objetivo de ser donados a la colección del Laboratorio de Entomología de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Metodología de laboratorio.

Para la obtención de ADN se utilizará el kit DNeasy Blood & Tissue Kit Quiagen se seleccionará y separará un apéndice del hemisferio derecho del espécimen, debido a que no es de relevancia morfológica para su identificación, posteriormente se realizarán cortes transversales, lo más delgados posibles con la intensión de que la dureza de la quitina no represente un impedimento para que la proteinasa k lleve a cabo su papel en la degradación de nucleasas y protección de los ácidos nucleicos, durante la extracción de ADN.
Con base a la secuencia de alfa-latrotoxina de 4106 pares de bases, reportada por Garb en 2013 y disponible en el Centro Nacional para la información Biotecnológica (NCBI), se diseñarán oligonucleótidos específicos para obtener secuencias parciales de dos regiones, un par para la región que comprende del aminoácido 403 al 1276 y otro para la región del aminoácido 2327 al 3150. Para la identificación del protocolo correcto para los nuevos oligonucleótidos se realizarán pruebas partiendo de un protocolo que anteriormente ha sido utilizado con otro marcador molecular (ITS) con ligeras variantes, tales como gradientes del cloruro de magnesio, modificaciones en la temperatura y el tiempo de extensión. Una vez identificado el protocolo correcto se procederá a utilizarlo con las muestras colectadas de los sitios de muestreo seleccionados, para posteriormente ser enviados para su secuenciación a Psomagen (https://www.psomagen.com/).

RESULTADOS. Inicialmente se diseñaron 4 pares de oligonucleótidos para el gen alfa-latrotoxina para abarcar los 4 106 pares de bases **(Tabla 1)**. El proceso de búsqueda del protocolo correcto para cada par, fue mucho más fluido en el caso de ALFA 1. Por lo que se tomó la decisión de continuar con la experimentación del primer par, utilizando las muestras colectadas de distintos municipios del estado, obteniendo así mejores resultados en muestras de Uruapan, Morelia, Lázaro Cárdenas y Turícato; que fueron enviadas para su secuenciación, para esclarecer el correcto funcionamiento de los oligonucleótidos y conocer de manera preliminar la variación del gen.

Primer	Forward	Reverse
ALFA 1 (403 - 1276)	CGC AAA RGT TTC CCC CAT TG	TGG WGT GAT TTC GCC AAC CA
ALFA 2 (1427 - 2266)	GCY GYA GCA AAA AGT GGY AA	AGG YTA CTT GCT CAT RGC RG
ALFA 3 (2327 - 3150)	GCR ACA CCA CTT MAY TTG GC	GCW GTC ATA CCA TTA MCA CAA TCA
ALFA 4 (3255 - 4073)	TSA CGG CAG TKG CTK MMA AT	ATY CCT CKR TTG CAG AAM CTG

Tabla 1*. Secuencias de oligonucleótidos diseñados y posición aproximada en que se insertan.*

Se utilizaron 8 muestras, de las cuales 4 pertenecen a viudas negras y 4 a viudas cafés, sin embargo, fueron 16 secuencias parciales obtenidas para A1, debido a que se realizó la secuenciación en ambos sentidos: Forward y Reverse. Con las que pudimos inferir que si bien la secuenciación se logra en ambas direcciones, es el reverse con el que se obtuvieron resultados de mejor calidad. Una vez que se obtuvo un consenso comparando las dos secuencias de cada muestra, se realizó un alineamiento y un árbol filogenético **(Fig.1)** donde si bien no podemos apreciar una variación por localidad, sí se puede observar claramente la diferencia en las secuencias de nucleótidos de viudas negras y viudas cafés.

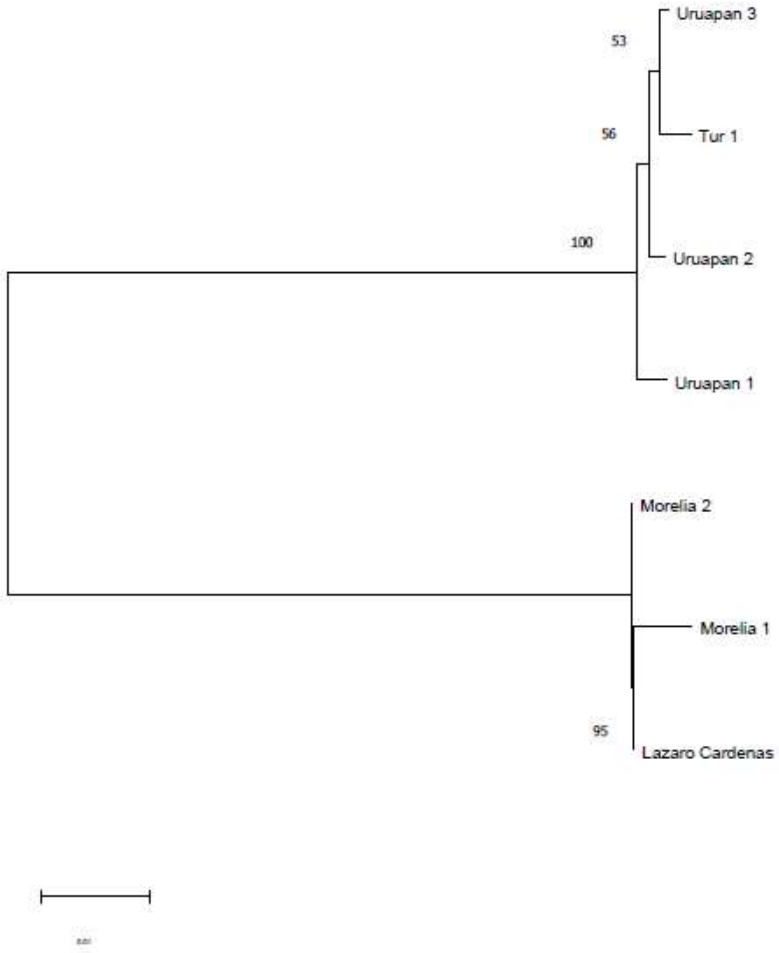


Figura 1. *Árbol filogenético inferido mediante el método de máxima verosimilitud y el modelo de 3 parámetros de Tamura. Solo se incluyeron 7 de las 8 secuencias, 4 negras (en la parte superior) y 3 cafés (en la parte inferior), debido a que una de ellas no presentaba la calidad adecuada. Los análisis evolutivos se llevaron a cabo en MEGA11.*

REFERENCIAS.

1. Aguilera, M. A., (2016). Delimitación de especies del género Latrodectus (Araneae: Theridiidae) a partir de evidencia molecular y morfológica. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción. Chile. 115 p.
2. Alvarez de Toro, M., (1992), Arañas de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas, México, 203-231.
3. Cabrera-Espinosa, L. A., & Valdez-Mondragón, A. (2021). Distribución y modelaje de nicho ecológico, comentarios biogeográficos y taxonómicos del género de arañas Latrodectus (Araneae: Theridiidae) de México. Revista mexicana de biodiversidad, 92(0), 923665.

4. Castro, S., Espejo, H., Vásquez, G., & Espinoza, S. (2009). Sindrome neurotóxico secundario a mordedura de araña: a propósito de un caso. Revista Médica Vozandes, 20(1), 52–55.
5. Francke, O. F., (2014). Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. Revista mexicana de Biodiversidad, 85: 408-418.
6. Garb, J. E., & Hayashi, C. Y. (2013). Molecular evolution of α-latrotoxin, the exceptionally potent vertebrate neurotoxin in black widow spider venom. Molecular Biology and Evolution, 30(5), 999–1014.
7. Grismado, C., Izquierdo, M. y Ramírez, M., (2014). Araneae: Taxonomía, diversidad y clave de identificación de familias. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos, 3: 55-93.
8. Kaston B.J. (1970). Comparative biology of American black widow spiders. Transactions of the San Diego Society of Natural History 16: 33–82
9. Levi, H. W., (1967). Cosmopolitan and Pantropical species of Theridiid spiders (Araneae: Theridiidae). Pacific Insects, 9: 175-186.
10. Prud'Homme, M.A. (2004) "Producción y evaluación de antígenos recombinantes de la α-latrotoxina de Latrodectus mactans". (Tesis de Maestría). Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México.
11. Rafael R. L. Sampayo. (1943). Pharmacological action of the venom of Latrodectus mactans and other latrodectus spiders. The Journal of Pharmacology and experimental therapeutics 309-310.
12. Saracco, S., & de Roodt, A. (2010). Latrodectismo. Revista Medica Universitaria, 6, 1–13.
13. Haro L.C., Ballvé O.F., Santibañez C. E., Mondragón A. V., García S. M., Peregrina M. P., Hernández M. M., Guevara V. A., Galindo P.E., Cruz N. S., Web-Redtox, Ramíraz M.C., Willis E. G., Martín R. M. & Gascón R. V. (2016) Reunión de expertos en intoxicaciones por animales venenosos.
14. Tamay de Dios, L., Ibarra, C., & Velasquillo, C. (2013). Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 2(5), 70–78.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424101

DE LA PROPIEDAD SOCIAL A PEQUEÑA PROPIEDAD. DESPOJO Y NUEVA RURALIDAD: EL CASO DE LOS EJIDOS DE IRAPEO Y LA GOLETA, CHARO, MICHOACÁN

***Jesús Janacua Benites*[1]**
1Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar, BEDR 104; jjanacuabenites@gmail.com

Palabras Clave: Propiedad social, pequeña propiedad, despojo, nueva ruralidad, ejidos.

RESUMEN. La reforma al artículo 27 Constitucional de 1992, como preámbulo para la firma y entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio con América del Norte significó un viraje en la relación entre el gobierno y las comunidades y núcleos agrarios pues las medidas sugeridas por el gobierno de Estados Unidos como la eliminación de los precios de garantía y el subsidio a la producción maicera así como la posibilidad de la venta- renta de terrenos de propiedad social (ejidal y comunal), significó un proceso de despojo y desagrarización que ha trastocado los modos de vida de los ejidos dando como resultado olas migratorias, desempleo y una diversificación en la composición del ingreso económico de las comunidades y ejidos. Muchos ejidatarios han decidido vender sus parcejas ejidales dando paso a la construcción de fraccionamientos, complejos hospitalarios, residenciales y de diversión como campos de golf. En este sentido, el objetivo del trabajo es realizar un acercamiento a los cambios y transformaciones que han experimentado dos ejidos del municipio de Charo, Michoacán: Irapeo y La Goleta a partir de la venta de terrenos ejidales. El trabajo es resultado de un proceso de investigación de corte cualitativo en el que se realizaron visitas de campo a los ejidos y se realizaron entrevistas abiertas a ejidatarios así como a actores sociales clave como el comisariado ejidal, así mismo se revisaron documentos de archivo como actas de asambleas ejidales y contratos de arrendamiento.

INTRODUCCIÓN. La reforma al artículo 27 Constitucional de 1992 se realizó con la finalidad de brindar certidumbre jurídica en la tenencia de la tierra a comuneros y ejidatarios a través del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE), otorgando certificados parcelarios (Rodríguez Valladares et al., 2019). La reforma, además, permitió, por primera vez en la historia, la venta- renta de terrenos de propiedad social, antes tenida como inembargable e inalienable a través de la conformación de sociedades mercantiles con la finalidad de elevar la productividad del campo mexicano. Sin embargo, en los hechos, las consecuencias han sido diversas y controversiales. La certificación de derechos ejidales creó la percepción de la titularidad de la tierra lo que, acompañado de otros factores como el envejecimiento de los campesinos, la ausencia de un relevo generacional así como los altos costos de producción de cultivos tradicionales como el maíz, se fueron generando las condiciones propicias para el abandono del campo. De manera que muchas parcelas en las que en otros tiempos se sembrara maíz, ahora se elevan proyectos de inversión e infraestructura hospitalaria, carcelaria, de diversión, complejos residenciales y fraccionamientos que han terminado por expulsar a la gente del campo y han tenido que insertarse en el mercado de trabajo. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es realizar un acercamiento a los cambios y

transformaciones que han experimentado dos ejidos del municipio de Charo: Irapeo y La Goleta, después de la implementación de la reforma al artículo 27 Constitucional.

ANTECEDENTES. En México, la tenencia de la tierra se concibe jurídicamente de dos maneras: la pequeña propiedad o propiedad privada y la propiedad social. Esta última, comprende los ejidos y las comunidades agrarias. Se estima que de todo el territorio nacional, poco más de la mitad se encuentra bajo el régimen de propiedad social, es decir, en territorio de ejidos o comunidades. Lo anterior significa que montes, selvas, bosques, matorrales, minas, bancos de materiales, cuerpos de agua y litorales se encuentran bajo el régimen de propiedad social de la tierra (Morett & Cosío, 2017). Por lo anterior, la propiedad social, suponía un límite para la inversión capitalista ya que de acuerdo al artículo 27 constitucional de 1934 las tierras ejidales y comunales tenían un carácter inembargable e inajenable, es decir, no se podían vender ni arrendar ya que eran propiedad del núcleo agrario en usufructo de los ejidatarios y comuneros. La diferencia es que en los ejidos las parcelas sí tienen titularidad del ejidatario y en el caso de los comunidades agrarias las parcelas se encuentran en posesión (usufructo) del comunero que las trabaje (Morett & Cosío, 2017). Sin embargo, con la implementación del neoliberalismo como doctrina económica y política pública, el Estado mexicano se vio en la necesidad de aperturar las tierras a la inversión privada. Para ello fue necesario realizar reformas a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El 6 de enero de 1992 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la reforma al artículo 27 Constitucional, en la que se le pone fin al reparto agrario y se abre la posibilidad de la venta de terrenos ejidales y comunales. La reforma se firmó como preámbulo para la firma y puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio con América del Norte pero se acompañó de otras acciones que fueron erosionando a los ejidos y comunidades agrarias y obligando a los ejidatarios y comuneros a vender- rentar las tierras de propiedad social. En particular, fueron importantes la elminación del subsidio para la producción maicera, la eliminación de los precios de garantía y la eliminación de los aranceles a las importaciones de maíz estadounidense, ello originó que las condiciones de vida de los campesinos, ejidatarios y comuneros se encarecieran lo que ocasionó una ola migratoria y una diversificación en la conformación del ingreso familiar, antes conformado en su mayoría por actividades agrícolas. Estos elementos fueron generando las condiciones para que fuesen los propios ejidatarios quienes decidieran vender o traspasar los certificados parcelarios o adquirir el pleno dominio y pasar de propiedad social a pequeña propiedad. Los beneficiarios han sido empresarios especuladores inmobiliarios de renombre quienes han adquirido los terrenos ejidales para la ejecución de grandes proyectos de inversión económica que han terminado por expulsar a la población hacia otras actividades trascendiendo las agrícolas. De manera que ahora, los ejidatarios, posesionarios y avecindados que otrora sembraran maíz, ahora son empleados y trabajadores asalariados en los proyectos de inversión. El mecanismo del que se valen los empresarios para apoderarse de los terrenos ejidales es el denominado “dominio pleno” (Rodríguez Valladares et al., 2023) que permite la venta de tierras ejidales. Para acceder al dominio pleno, se debe convocar a una asamblea general calificada ante la presencia de un notario público y el representante de la Procuraduría Agraria, a la que debe asistir el 75% de los ejidatarios y dos terceras partes estén de acuerdo con el cambio (Morett & Cosío, 2017). Se estima que del total de ejidos, cerca de 4639 (16% aproximadamente) han optado por cambiar a dominio pleno, lo que significa que pueden vender a terceros sus parcelas de labor de manera legal (Morett & Cosío, 2017).

En Charo, municipio localizado al oriente del estado de Michoacán, existen 14 ejidos y 1 comunidad agraria de los cuales son particularmente tres: La Goleta, Jaripeo e Irapeo, los que experimentan una fuerte especulación inmobiliaria, coincidentemente también son los que mayor porcentaje de terrenos ejidales han transitado del régimen colectivo de la tierra a dominio pleno. Los tres ejidos mencionados, comparten la característica de estar justo en el periurbano, es decir, en el límite entre la ciudad y la zona rural. Los empresarios especuladores encuentran en estas franjas las condiciones ideales para llevar a cabo los grandes proyectos inmobiliarios por los bajos precios del suelo y la ausencia o laxitud de normas (Rodríguez Valladares et al., 2019) aunado a la necesidad de las familias rurales quienes acceden a vender los terrejos ejidales a bajos costos.

OBJETIVO. El objetivo del trabajo es realizar un acercamiento a los cambios y transformaciones que se han experimentado en los ejidos de Irapeo y La Goleta, del municipio de Charo, Michoacán, a partir de la reforma al artículo 27 Constitucional de 1992.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación se basó en la lista de ejidatarios, comuneros, posesionarios y avecindados de los dos ejidos seleccionados: Irapeo y La Goleta, a través del portal del Registro Agrario Nacional. Se trata de un estudio exploratorio- descriptivo de corte preponderantemente cualitativo que nos permitió realizar un acercamiento a los cambios y transformaciones sentidas por las y los ejidatarios después de la reforma al artículo 27 Constitucional. Durante la investigación se realizaron entrevistas abiertas a ejidatarios así como a actores sociales clave como el comisariado ejidal, los integrantes del comité de vigilancia así como la consulta de documentos como actas de asamblea y la realización de recorridos para realizar observación en campo por las tierras ejidales.

RESULTADOS.

La Goleta: complejos residenciales. El ejido de La Goleta, localizado al sureste del municipio de Charo, colinda con el municipio de Morelia, lo que le ubica en el periurbano y en el ojo del capital inmobiliario. La Goleta presenta 52.9% de parcelas que han cambiado del régimen colectivo al dominio pleno, muchas de las cuales han sido adquiridas por agentes y empresas inmobiliarias con la finalidad de construir complejos residenciales, complejos hospitalarios, fraccionamientos y plazas comerciales. Durante mucho tiempo, algunos de los proyectos de infraestructura hospitalaria se han realizado en los terrenos de La Goleta como el Hospital General Regional Charo 1 del IMSS, ubicado en terrenos ejidales de La Goleta. Otra infraestructura construida en el territorio de dicho ejido fue la instalación de la antigua Expo Feria Michoacán, ahora en desuso, también construida en terrenos ejidales de La Goleta. Pero no solo la especulación por parte del sector público han asediado los terrenos ejidales, también es posible encontrar fraccionamientos y complejos residenciales como el complejo residencial Cañadas del Bosque.





Irapeo: Monocultivo de agave mezcalero e infraestructura carcelaria.

El ejido de Irapeo, localizado al sur del municipio de Charo, presenta un 18.5% de parcelas que han cambiado a dominio pleno a través del procedimiento establecido por la ley agraria para ello. En terrenos ejidales de Irapeo se construyó el Centro Federal de Rehabilitación Social David Franco Rodríguez, anteriormente ubicado en la ciudad de Morelia. En Irapeo, la modificación al artículo 27 constitucional de 1992 originó que una gran cantidad de ejidatarios decidieran vender sus parcelas. Uno de los beneficiarios ha sido una asociación empresarial de renombre en el estado de Michoacán, que adquirió las parcelas para la instalación de un monocultivo de agave azul presumiblemente para la elaboración de mezcal. En la comunidad se menciona que son cerca de 500 hectáreas las que ocupa el monocultivo de agave azul donde anteriormente se cultivaba maíz.



Como resultado del cambio de régimen de propiedad social a pequeña propiedad a través del mecanismo de dominio pleno, muchos ejidatarios han decidido vender- rentar sus parcelas ejidales por las políticas neoliberales, pero también por el envejecimiento de los y las productoras del campo. En 2022 se estimaba que cerca de dos tercios de los productores agrícolas tenían más de 45 años. Aunado a ello, se debe hacer énfasis en un discurso que se ha esgrimido durante mucho tiempo y que enaltece el estilo de vida urbano subestimando el estilo de vida rural, lo que muchas veces termina por permear en el imagirio colectivo de las generaciones jóvenes quienes han dejado de ver en las actividades agrícolas tradicionales una trayectoria de vida. Por ello, muchos deciden abandonar su comunidad en busca de mejores condiciones de vida; otros más son coptados por las economías ilegales que les ofrece la posibilidad de acceder a una vida de lujos impensable con los trabajos precarizados que les ofrece el mercado laboral.

CONCLUSIONES. Desde la implementación del neoliberalismo como política económica se han precarizado las condiciones de vida de las comunidades rurales. Desde la eliminación del subsidio a la producción maicera, los precios de garantía del maíz y los aranceles aduanales a las importaciones estadounidenses, hasta la modificación del artículo 27 constitucional de 1992, la política agraria y alimentaria ha estado enfocada en

crear las condiciones para desmantelar el campo mexicano. Por lo anterior, se habla de una nueva ruralidad en la que el ingreso económico de las familias rurales trasciende las actividades agrícolas para componerse de una pluralidad de actividades (peones asalariados, jornaleros, trabajadoras del hogar, migración, turismo, servicios, etc). Cristobal Kay hace una reflexión de ello: “Si a comienzos de la década de 1980 el ingreso rural por actividades no agrícolas constituía más de un cuarto del ingreso rural total, para 1990 esta cifra había aumentado a casi el doble” (Kay, 2009). De esta manera, el campo, los terrenos y parcelas ejidales ejidales quedan cada vez más en manos de la propiedad privada empresarial lo que constituye por sí mismo un mecanismo de despojo legal que expulsa a las generaciones jóvenes de sus comunidades. La pregunta que queda abierta es justamente sobre el futuro del campo y el futuro de las generaciones jóvenes rurales.

REFERENCIAS.

1. Kay, C. (2009). Estudios rurales en América Latina en el periodo de globalización neoliberal: ¿una nueva ruralidad? Revista Mexicana de Sociología, 71(4), 607-645.
2. Morett, C., & Cosío, C. (2017). Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. Agricultura, sociedad y desarrollo, 14(1), 125-152.
3. Rodríguez Valladares, N. A., Montes Vega, O. A., Gómez Pech, E. H., & Ruiz López, C. (2023). El papel del ejido en la expansión metropolitana de la zona Morelia-Tarímbaro-Charo en Michoacán, México: Implicaciones del marco legal y las normas de planeación territorial (2009-2021). Revista de geografía Norte Grande, 84, 221-243. https://doi.org/10.4067/S0718-34022023000100221
4. Rodríguez Valladares, N. A., Vieyra Medrano, J. A., & González Santana, O. M. (2019). El periurbano y los grandes proyectos inmobiliarios: Los casos de Altozano y Tres Marías en Morelia, Michoacán. En Capital inmobiliario. Producción y transgresión del espacio social en la ciudad neoliberal (pp. 297-316). Universidad Nacional Autónoma de México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424103

¿COMPRAR O NO COMPRAR? ACTITUDES DE CONSUMO EN LA JUVENTUD

Kelly Marlen Cureño Correa[1], Rocio Zariñana Herrejón[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1628956x@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rocio.zarinana@umich.mx

Palabras Clave: actitud hacia la compra, compra racional, compra impulsiva, compra compulsiva, universitarios.

RESUMEN. La actitud hacia la compra es la valoración que una persona realiza de un objeto, la cual puede verse influenciada por emociones o creencias (Katz, 1960). Estas actitudes tienen tres dimensiones: compra racional, impulsiva y compulsiva, siendo la primera beneficiosa para una persona, mientras que las otras dos son perjudiciales (Denegri, Araneda, Ceppi, Olave, Olivares y Sepúlveda, 2016). El factor generacional influye en las actitudes de compra, ya que los jóvenes no consumen de igual manera que los adultos (Contreras y Vargas, 2021). Se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo son las actitudes hacia la compra que presentan los jóvenes universitarios? Con el objetivo de responder esta pregunta, se quiere identificar las actitudes hacia la compra que presentan los jóvenes universitarios, poniendo a prueba la hipótesis de investigación: Los universitarios muestran una mayor tendencia a la compra impulsiva, mediante un método de investigación cuantitativo de tipo descriptivo y transversal. La muestra está conformada por 77 alumnos de octavo semestre de la Facultad de psicología de la UMSNH, a quienes se les aplicó, mediante Google Forms, la escala de Actitud hacia la compra y el consumo, con las dimensiones de actitud racional, actitud impulsiva y actitud compulsiva (Tang & Luna, 1999, adaptado por Denegri et al, 2014). Como resultado, se obtuvo el promedio de cada dimensión, 3.91 en compra impulsiva, 3.66 en compra racional y 2.57 en compra compulsiva. Para concluir, se acepta la hipótesis de investigación, ya que los universitarios muestran una mayor tendencia a la compra impulsiva. Estos resultados se apoyan en la investigación de Jurado, Sejnaui y Uribe (2011), quienes reconocen que los universitarios suelen comprar impulsivamente, tomando decisiones al momento y realizando compras no planificadas. Frecuentemente omiten características costo-beneficio-calidad y, aunque esta actitud puede ser perjudicial, produce una sensación placentera al individuo (p. 35).

INTRODUCCIÓN. La actitud hacia la compra es la evaluación que un individuo realiza sobre un objeto, este análisis se realiza mediante tres enfoques: afectivo, que se refiere a los sentimiento de agrado o desagrado hacia el producto o la marca; cognitivo, que abarca la opinión, creencia o percepción que se tiene sobre el producto o la marca; y conductual, que implica la inclinación a actuar de cierta manera de acuerdo con el sentimiento y la creencia respecto al producto (Katz, 1960). Dentro de las actitudes hacia la compra, existen tres categorías conductuales significativas: racionalidad, impulsividad y compulsividad, siendo la primera la única beneficiosa para las personas, ya que implica la implementación de herramientas o técnicas para planear las compras, mientras que las otras dos son perjudiciales al ser repentinas y sin control, llegando incluso a convertirse en una patología

(Denegri et al., 2016). Diversos factores influyen en las actitudes de compra de las personas, entre los cuales se encuentran: las emociones, la experiencia y los hábitos financieros, la cultura y el entorno en el que se desarrolla cada individuo (Suárez y Neme, 2023). El factor generacional también es importante, ya que permite identificar los diferentes comportamientos que presentan los consumidores de acuerdo con su edad, por ejemplo, la generación de baby boomers no tendrá la misma percepción que los millennials sobre la compra de un objeto (Contreras y Vargas, 2021). Posterior a la pandemia por COVID-19, se identificó un aumento en el uso de tecnología, las compras en línea, la lealtad o inclinación hacia las marcas, la inquietud por un mundo sustentable, el interés por videojuegos y las plataformas de streaming (Ceja, Céspedes, Vazquez, Pacheco y Figueroa, 2023). Esto resalta la actualización en las modalidades y enfoques de compra entre los consumidores jóvenes, ya que ahora las plataformas digitales influyen en las compras que realizan, una compra ya no tienen que ser necesariamente un objeto físico, en las plataformas digitales, se paga por saludos, menciones en videos o acceso anticipado a contenidos, lo que genera una nueva forma de consumo.

ANTECEDENTES. Con la modernización de las modalidades de compra, se facilita la adquisición de productos con un solo clic, lo cual, a su vez, promueve las compras impulsivas, guiadas por promociones, publicidad y productos cuya calidad no se puede comprobar. En la actualidad, cerca del 64% de la población joven en México se arrepiente de realizar compras impulsivas, la presencia de esta actitud se puede deber por diversos factores y, si se mantienen estas conductas, pueden surgir complicaciones, como el endeudamiento (Herrera y Flores, 2022). Lo anterior se puede respaldar en los resultados de la Encuesta Nacional sobre Salud Financiera, donde se menciona que el 48.4% de los mexicanos presentan preocupación por la acumulación de deudas, y el 16.1% considera su nivel de deuda alto o excesivo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024). Debido a esto, consideramos de vital importancia el comprender cuales son las actitudes hacia la compra de los jóvenes universitarios, por lo cual, para indagar en estas conductas, se planteó la pregunta de investigación: ¿Cómo son las actitudes hacia la compra que presentan los jóvenes universitarios?

OBJETIVO. El objetivo de la presente investigación fue identificar las actitudes hacia la compra que presentan los jóvenes universitarios. Se plantearon las siguientes hipótesis:
Hi. Los universitarios muestran una mayor tendencia a la compra impulsiva.
Ho. Los universitarios muestran una menor tendencia a la compra impulsiva.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y transversal, con una muestra por conveniencia de 77 alumnos de octavo semestre pertenecientes a la Facultad de Psicología de la UMSNH, cuyas edades oscilaban entre los 22 y 23 años. El instrumento implementado fue la Escala de Actitud hacia la compra y el consumo (Tang & Luna, 1999, adaptado por Denegri et al, 2014), la cual fue aplicada con el consentimiento previo de los participantes a través de Google Forms y distribuida mediante los grupos de WhatsApp de cada sección. Posteriormente, se realizó un análisis de datos mediante SPSS.

RESULTADOS. Se obtuvieron los resultados de la muestra total, los cuales indican que la compra racional una media de 3.66 (*DE* = 1.15), la compra impulsiva presenta una media de 3.91 (*DE* = 1.06) y la compra compulsiva una media de 3.57 (*DE* = 1.20). Estos

resultados demuestran que los comportamientos en los jóvenes universitarios presentan diferencias. En la tabla 1, se observan las medidas y desviaciones estándar de las subescalas de actitudes hacia la compra y consumo.

Subescala	*M*	*DE*
Racionalidad	3.66	1.15
Impulsividad	3.91	1.06
Compulsividad	3.57	1.20

Tabla 1. *Medias y desviaciones estándar de las subescalas de actitudes hacia la compra y consumo.*

Se realizó la prueba ANOVA de medidas repetidas para analizar las diferencias entre las dimensiones de actitud racional, impulsiva y compulsiva, obteniendo como resultado la significancia en la prueba de esfericidad de Mauchly con $X^2(2)$ = 44.500, p < .001, lo cual indica que el supuesto de esfericidad fue incumplido. Por lo tanto, se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser, que reveló diferencias significativas entre las dimensiones $F(1.377, 104.029)$ = 29.897, p < .001. La suma cuadrática fue 56.343, mientras que la suma de cuadrados fue 77.611.

CONCLUSIONES. Se cumplió con el objetivo de identificar las actitudes hacia la compra que presentan los jóvenes universitarios, y se aceptó la hipótesis de investigación, ya que los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre las tres dimensiones de las actitudes hacia la compra, indicando que los comportamientos de los universitarios tienden hacia la compra impulsiva. Los jóvenes suelen comprar impulsivamente debido a la sensación de satisfacción; por esta razón, prevalece la necesidad de realizar la compra sin un análisis adecuado de las características, la calidad, el costo del producto o el impacto que puede tener en su salud financiera (Jurado, Sejnaui y Uribe, 2011). Si bien existen diversos factores que influyen en la presencia de una actitud impulsiva al momento de comprar, los psicológicos, sociales y la falta de educación financiera afectan negativamente el desarrollo de conductas financieras, que resultan perjudiciales para los individuos (Hernández y Flores, 2022). Comprar es una actividad universal; toda persona compra en mayor o menor medida a lo largo de su vida. La conducta financiera que adopta, ya sea racional, impulsiva o compulsiva, depende de muchos factores externos y de las herramientas con las que se cuente. Las personas son seres susceptibles a las influencias sociales y tienden a adaptarse a las expectativas o gustos impuestos por su entorno cercano, como la familia, amigos o compañeros de trabajo y escuela. Además, suelen dejarse llevar por los aspectos afectivos y cognitivos que influyen en su conducta. Es decir, si la persona desea adquirir un producto y, por falta de información o educación, no analiza la necesidad o su capacidad de adquisición, actuará de manera impulsiva, lo que genera una actitud financiera negativa. Si esta actitud no se identifica, la conducta continuará, volviéndose perjudicial para la persona. En la sociedad actual, los jóvenes no tienen las mismas oportunidades de adquisición que las generaciones anteriores, y con una actitud de compra impulsiva o compulsiva, esas oportunidades disminuyen aún más. El presente estudio ofrece un análisis de las actitudes que presentan los jóvenes universitarios, lo cual ayuda a identificar áreas de mejora en su actitud hacia la compra. No obstante, la muestra limitada y el método de recolección de datos influyeron en el proceso de realización del trabajo, dificultando la obtención de datos representativos.

Por último, es necesario implementar estrategias para mejorar la impulsividad en los jóvenes, además de proporcionar herramientas desde temprana edad para normalizar el cuidado de sus finanzas. De esta forma, cuando lleguen a la edad adulta, podrán mantener una buena salud financiera, lo que les permitirá una mejor calidad de vida. De aquí la importancia de contar y promover la educación financiera.

REFERENCIAS.

1. Contreras, M. y Vargas, J. (2021). Conceptualización y caracterización del comportamiento del consumidor. Una perspectiva analítica generacional. ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades, 8(1), 15-28.
2. Denegri, M., Araneda, K., Ceppi, P., Olave, N., Olivares, P. y Sepúlveda, J. (2016). Alfabetización económica y actitudes hacia la compra en universitarios posterior a un programa de educación económica. REXE: Revista de estudios y experiencias en educación, 15(29), 65-81. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5738279.pdf
3. Denegri, M., Sepulveda, J., González, T., Romero, G., Ulloa, J. y Vásquez, D. (2014). Actitudes hacia el consumo y materialismo en estudiantes universitarios de pedagogía en Chile. Fronteras, 1(2), 45-62. ISSN 0719-4285 https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/fronteras/article/download/208/364
4. Jurado, G., Sejnaui, P. y Uribe, A. (2011). Impulsividad en la compra en estudiantes universitarios. Revista de Psicología Universidad de Antioquia, 3(2), 25-38. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-48922011000200003&lng=pt&tlng=es
5. Ceja, S., Céspedes, S., Vázquez, L., Pacheco, E., y Figueroa, R. (2023). Análisis del comportamiento del consumidor de la generación Z en un contexto educativo post COVID-19. Comunic@cción: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo, 14(3), 205-219. https://doi.org/10.33595/2226-1478.14.3.858
6. Katz, D. (1960). The Functional Approach to the Study of Attitudes. Public Opinion Quarterly, 24(2, Special Issue: Attitude Change), 163. doi:10.1086/266945
7. Suárez, J y Neme, R. (2023). Factores que influyen en compras impulsivas en jóvenes universitarios de la DACEA. Publicaciones e Investigación, 17(2). https://doi.org/10.22490/25394088.6827
8. Herrera, A. y Flores, S. (2022). El comportamiento financiero de los jóvenes universitarios en seis entidades federativas de México: un análisis desde la perspectiva financiera-conductual. Diálogos sobre Educación, 13(25). https://doi.org/10.32870/dse.v0i25.1131
9. Instituto Nacional. (2024). ENCUESTA NACIONAL SOBRE SALUD FINANCIERA (ENSAFI) 2023. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/ENSAFI/ENSAFI.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades **ID: CP0424104**

PERCEPCIONES DEL ENDEUDAMIENTO EN UNIVERSITARIOS: UN ANÁLISIS DE ACTITUDES

Sara Ángeles Rodríguez[1], Rocio Zariñana Herrejón[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2019194e@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rocio.zarinana@umich.mx

Palabras Clave: Endeudamiento, actitudes, estudiantes universitarios, educación financiera.

RESUMEN. El endeudamiento se refiere al consumo anticipado que afecta a una gran parte de la población mundial, siendo actualmente un fenómeno en la vida de jóvenes universitarios por la necesidad de financiar sus gastos, debido a ello, se recurre a diversas formas de crédito (Paredes-Pérez, Ramírez, Cárdenas y Alania, 2023). Este estudio identifica las actitudes hacia el endeudamiento de estudiantes de psicología. Utilizando un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y transversal, se aplicó la Escala de Actitudes hacia el Endeudamiento desarrollada por Denegri, Cabezas, del Valle, Gonzalez y Sepulveda (2012) a una muestra de 85 alumnos de octavo semestre de la Facultad de Psicología de la UMSNH. Los resultados mostraron que los estudiantes presentan una mayor prevalencia de actitudes austeras frente al endeudamiento (M= 3.49, DE= 0.73) en comparación con actitudes hedonistas (M= 2.63, DE= 0.91). Estos hallazgos son contrarios a estudios previos, donde se identifica que los jóvenes universitarios se encuentran endeudados, derivado del dinero que reciben de becas, de sus padres o de trabajos informales (Barros, Denegri y Salazar, 2019). Las implicaciones de este estudio sugieren la necesidad de educación financiera para fomentar una gestión responsable del crédito entre los jóvenes universitarios (Vázquez Vidal & Cantú, 2021).

INTRODUCCIÓN. El endeudamiento juvenil es un fenómeno que ha cobrado relevancia en las últimas décadas debido a su impacto en la estabilidad financiera y el bienestar emocional de los jóvenes universitarios. Este grupo, en particular, se enfrenta a desafíos económicos únicos, como la necesidad de financiar su educación, manutención y, en algunos casos, el estilo de vida asociado con su etapa de formación profesional. En México, la situación de endeudamiento entre los jóvenes universitarios es especialmente preocupante. Aproximadamente el 68% de estos jóvenes tiene deudas, y el 63% no cuenta con un fondo de ahorro (Vázquez Vidal & Cantú, 2021). Estos datos sugieren una gestión financiera inadecuada que puede tener repercusiones a largo plazo en la calidad de vida de los estudiantes. El endeudamiento en los jóvenes universitarios se puede entender como una forma de "consumo anticipado" que implica el uso de crédito para cubrir necesidades presentes con recursos futuros. Este patrón es frecuentemente observado en estudiantes que, ante la falta de educación financiera y la presión para mantener un nivel de vida similar al de sus pares, optan por tomar decisiones de endeudamiento sin considerar completamente las consecuencias a largo plazo (Sanchis, 2015). En este contexto, las actitudes hacia el endeudamiento se configuran como un aspecto clave para comprender los patrones de comportamiento financiero de los jóvenes. Los estudios sobre actitudes

hacia el endeudamiento han revelado que estas actitudes pueden variar significativamente entre diferentes grupos de jóvenes, influenciadas por factores como el materialismo, la influencia de pares y la alfabetización financiera (Barros et al., 2019). En este sentido, la presente investigación se centra en identificar las actitudes hacia el endeudamiento de los estudiantes de psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), proporcionando evidencia empírica sobre un tema poco explorado en el contexto mexicano. Este análisis permite identificar si las actitudes hacia el endeudamiento son más bien de carácter austero, es decir, orientadas a la prudencia financiera, o hedonistas, es decir, orientadas al disfrute inmediato mediante el uso del crédito (Denegri et al., 2012).

ANTECEDENTES. Diversas investigaciones han analizado el fenómeno del endeudamiento entre jóvenes universitarios en diferentes contextos. En un estudio realizado en Perú, se encontró que la actitud hacia el endeudamiento y el comportamiento compulsivo de compra están significativamente relacionados, lo que indica una tendencia a la compra impulsiva financiada mediante crédito (Paredes-Pérez et al., 2023). Este hallazgo es consistente con estudios previos que sugieren que los jóvenes que carecen de educación financiera tienden a tener actitudes más permisivas hacia el endeudamiento, lo que puede llevar a un manejo irresponsable del crédito (Sanchis, 2015). En el caso de Chile, un estudio sobre actitudes hacia el endeudamiento en adolescentes rurales mostró que estas actitudes están influenciadas no solo por factores económicos, sino también por la presión de pares y el materialismo, lo que subraya la complejidad del fenómeno (Barros et al., 2019). Los jóvenes que están inmersos en un entorno donde el consumo es valorado como una forma de estatus social tienden a desarrollar actitudes más permisivas hacia el endeudamiento, lo que puede conducir a un ciclo de deuda permanente. En México, aunque hay menos estudios específicos sobre este tema, la necesidad de explorar las actitudes hacia el endeudamiento en diferentes contextos académicos es clara. La falta de una adecuada educación financiera y la creciente oferta de crédito para jóvenes universitarios han generado un entorno propicio para que se desarrolle el endeudamiento. En este sentido, la investigación actual aborda una necesidad crítica al estudiar a los estudiantes de psicología de la UMSNH, un grupo que podría tener características específicas en cuanto a su percepción del endeudamiento y su gestión financiera. El estudio realizado por Denegri et al. (2012) es particularmente relevante, ya que desarrolló una escala de actitudes hacia el endeudamiento que ha sido utilizada en diferentes contextos universitarios para medir dos dimensiones principales: la actitud austera y la actitud hedonista hacia el endeudamiento. Esta escala se ha mostrado útil para identificar perfiles actitudinales y diseñar estrategias educativas que puedan fomentar una mejor gestión financiera entre los jóvenes. En el presente estudio, se aplicó dicha escala para analizar específicamente las actitudes de los estudiantes de psicología de la UMSNH, proporcionando así una base empírica para futuras intervenciones en educación financiera.

OBJETIVO. El objetivo de esta investigación es identificar las actitudes hacia el endeudamiento de los estudiantes de psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se plantea la hipótesis de que las actitudes hedonistas hacia la compra se presentan con mayor nivel en los estudiantes de psicología.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó un diseño de investigación cuantitativo, descriptivo y transversal. La muestra se conformó de 85 estudiantes de octavo semestre de la Facultad de Psicología, seleccionados mediante muestreo por conveniencia. Se aplicó la Escala de

Actitudes hacia el Endeudamiento (Denegri, 2012) mediante un formulario en Google Forms. El análisis de datos se realizó utilizando herramientas de inteligencia artificial (ChatGPT y JASP).

RESULTADOS. Los resultados indican que la actitud austera tiene una media de 3.49 (DE= 0.73), mientras que la actitud hedonista tiene una media de 2.63 (DE= 0.91). Esto sugiere que los estudiantes de psicología presentan una actitud predominante de evitar el endeudamiento y mantener una gestión financiera responsable.

CONCLUSIONES. Los resultados de este estudio revelan que los estudiantes de psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) presentan una actitud mayoritariamente austera hacia el endeudamiento, lo que implica una preferencia por evitar el crédito y mantener una gestión financiera conservadora. Esta conclusión contrasta con hallazgos previos realizados en otros contextos latinoamericanos, donde los jóvenes universitarios muestran una mayor predisposición hacia el endeudamiento impulsivo debido a la influencia de pares y la falta de educación financiera (Barros et al., 2019; Paredes-Pérez et al., 2023). Por ejemplo, encontraron que los adolescentes rurales en Chile tienden a desarrollar actitudes permisivas hacia el endeudamiento, influenciados por un entorno donde el consumo y el materialismo son valorados como indicadores de estatus social (Barros et al., 2019). En contraste, los resultados de este estudio sugieren que, en el caso de los estudiantes de psicología de la UMSNH, existe una tendencia hacia la prudencia financiera y la evitación del endeudamiento. Estos resultados son consistentes con estudios que sugieren que las actitudes hacia el endeudamiento pueden estar influenciadas por factores específicos del contexto académico y profesional (Denegri et al., 2012). En este sentido, se podría inferir que los estudiantes de psicología, debido a su formación académica y posible concienciación sobre los efectos del estrés financiero, podrían estar más inclinados hacia la cautela en sus decisiones de endeudamiento. Este estudio presenta algunas limitaciones, entre ellas, que los estudiantes solo son de la carrera de psicología por lo que se limita la generalización de los hallazgos. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, este estudio aporta una perspectiva valiosa sobre las actitudes hacia el endeudamiento en jóvenes universitarios en México. Algunas de las recomendaciones para futuros estudios, es considerar muestras más amplias y diversas para validar y expandir estos hallazgos, es decir, incluir estudiantes de diferentes disciplinas académicas y de múltiples instituciones educativas para comparar los resultados de las actitudes hacia el endeudamiento. Además, sería interesante realizar un estudio longitudinal para explorar las actitudes hacia el endeudamiento a lo largo del tiempo como respuesta a la educación financiera o experiencias personales relacionadas con el crédito. También se recomienda investigar otros factores que influyen en las actitudes hacia el endeudamiento, tales como las diferencias culturales, el nivel de educación financiera y las experiencias personales con el crédito, para diseñar propuestas de intervención en educación financiera que también consideren factores psicológicos y sociales que influyen en las decisiones de endeudamiento (Sanchis, 2015; Vázquez Vidal & Cantú, 2021).

REFERENCIAS.

1. Barros, B., Denegri, C., & Salazar, V. (2019). Consumo, actitudes hacia el endeudamiento, materialismo e influencia de pares en adolescentes rurales del sur de Chile. Interdisciplinaria, 36(1), 203-219. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-70272019000100014&lng=es&tlng=es

2. Denegri, M., Cabezas, D., del Valle, C., González, Y., & Sepúlveda, J. (2012). Escala de Actitudes hacia el Endeudamiento: validez factorial y perfiles actitudinales en estudiantes universitarios chilenos. Universitas Psychologica, 11(2), 497-509. http://www.scielo.org.co/pdf/rups/v11n2/v11n2a12.pdf
3. Paredes-Pérez, M. A. J., Ramírez, M. Á., Cárdenas, V. R., & Alania, R. D. (2023). Actitud hacia el endeudamiento y comportamiento compulsivo de compra de pobladores en Perú. Revista de Ciencias Sociales (Ve), XXIX(Número Especial 7), 174-186.
4. Sanchis Llopis, A. (2015). Relación entre actitud hacia el endeudamiento y la alfabetización financiera en los estudiantes de Psicología de la UJI. Trabajo Final de Grado. Universitat Jaume I. https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/136849/TFG_2014_SanchisLlopisA.pdf
5. Vázquez Vidal, C., & Cantú, R. (2021). El endeudamiento y la deuda pública: El impacto en las generaciones presentes y futuras. Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP). https://ciep.mx/el-endeudamiento-y-la-deuda-publica-el-impacto-en-las-generaciones-presentes-y-futuras

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424107

ASOCIACIÓN ENTRE LOS ESTADOS AFECTIVOS Y LA DEPENDENCIA A LA NICOTINA EN PERSONAS PRIVADAS DE LA LIBERTAD

Diana Laura Soto Gutiérrez[1], Karla Mariana Baena Galan[2], Cecilia Salas González[3].
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1710493h@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; baenagalankarlamariana@gmail.com
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cecilia.salas@umich.mx

Palabras Clave: Nicotina, estados afectivos, centros penitenciarios.

RESUMEN. El consumo de tabaco es uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial, y la principal causa de muerte prevenible, además, se ha asociado con una diversidad de consecuencias que van desde afectaciones físicas y psicológicas hasta el impacto a nivel familiar, laboral y social. Asimismo, el humo provocado por la combustión de los componentes del tabaco y que se exhala al fumar se ha asociado con múltiples enfermedades. Dentro del contexto penitenciario existen factores específicos que pueden favorecer el consumo de tabaco: como es el estar en un ambiente de privaciones y aislamiento, convivencias forzadas, dificultades económicas y desvinculación familiar y social. El estado afectivo, tanto positivo como negativo, también se ha asociado con el consumo de tabaco, ya sea por estar expuestos a situaciones que implican una adaptación recurrente o el pasar momentos aparentemente agradables como puede vivirse en los centros penitenciarios. El propósito principal de este trabajo es conocer la asociación entre los estados afectivos (positivos y negativos) y la gaudibilidad con el nivel de dependencia a la nicotina en personas privadas de la libertad.

ANTECEDENTES. En la actualidad, el consumo de tabaco es una de las principales causas de enfermedades y muertes prevenibles en el mundo, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), es un factor de riesgo de seis de las ocho causas principales de mortalidad (Bello, 2011). La Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco (ENCODAT, 2016-2017), menciona que en México el consumo de tabaco es de 14.9 millones de personas, entre 12 y 65 años, de los cuales 3.8 millones son mujeres y 11.8 millones son hombres. Asimismo, el informe del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de las Adicciones (SISVEA, 2021) menciona que el tabaco es una de las principales drogas legales de inicio desde el 2010 y hasta el 2021. La media de edad de inicio de consumo de tabaco que se reportó fue de 15.4 (4.9) años.
Respecto a los datos epidemiológicos del consumo de tabaco en población penitenciaria, se ha identificado un aumento significativo en poblaciones en situaciones de estrés y privaciones. En este sentido, Yagüe y Cabello (2008), mencionan que el consumo de tabaco en el contexto penitenciario se duplica al compararlo con la población en libertad, así que el consumo de cigarro dentro de las cárceles aumenta un 90% en comparación con la

población en libertad. Un factor muy importante a tomar en cuenta, en contextos de privación de libertad, que se deriva del consumo de tabaco, es la exposición al humo constante de los fumadores pasivos, ya que la mayor parte de los espacios son cerrados y los internos que no fuman se ven obligados a convivir con fumadores activos, muchas horas al día sobre todo en diferentes lugares donde la ventilación no es la adecuada o incluso es inexistente (Cuevas, 2017).

Del tabaco se pueden distinguir dos componentes principales (Gallardo et al., 2004):

Los componentes de la planta del tabaco. Los componentes conocidos de la hoja del tabaco son agua, aminoácidos, amoníaco, proteínas, alcaloides, hidratos de carbono, pectinas, resinas, glucósidos, aceites etéricos, ácidos grasos, polifenoles, sustancias aromáticas.

Los componentes que se encuentran en el humo del cigarro. Se han identificado el cianuro de hidrógeno, el bióxido de carbono, el monóxido de carbono, el amoniaco, el benzopireno, las huellas de plomo o arsénico, entre otros.

El consumo de tabaco conlleva una serie de consecuencias, tanto a nivel físico como a nivel mental. Respecto a las afectaciones físicas, la ENCODAT (2016 – 2017) reporta que fumar tabaco aumenta más de 2.5 veces el riesgo de muerte por enfermedad isquémica del corazón, cáncer de pulmón y las enfermedades pulmonares por obstrucción crónica, además de que los niños nacidos de mujeres que fuman durante el embarazo tiene mayor riesgo de trastornos congénitos, cáncer, muertes, problemas de salud graves, enfermedades pulmonares y cardiovasculares.

Ahora, es importante mencionar que existen muchos factores que influyen en el consumo de tabaco, los factores biológicos, los genéticos, los sociales y los psicológicos. Dentro de estos últimos se podría mencionar a los estados afectivos. En este sentido, el afecto se refiere a todo aquello que tiene que ver con el concepto de emociones, que asocian reacciones fisiológicas como el latir del corazón, escalofríos, sudoración, etc., acompañadas de sentimientos y pensamientos, estos pueden durar segundos o semanas y pueden ser conscientes o inconscientes, además, no hay un momento en el que no se encuentre en un estado afectivo (Ciompi, 2007).

Ahora es importante distinguir el afecto positivo y el afecto negativo como lo menciona Moral (2011):

1. El afecto positivo representa la dimensión de emociones placenteras, manifestada a través de motivación, energía, deseo de afiliación y sentimientos de dominio, logro o éxito, este se encuentra relacionado con sentimientos de satisfacción, confianza, un buen rendimiento y protección de enfermedades.
2. El afecto negativo, por el contrario, representa emociones que no son placenteras como las inseguridades, la tristeza, la angustia y la culpa.

Asimismo, la gaudibilidad es el conjunto de moduladores que hay entre los estímulos y el disfruten experimentado, este disfrute se refiere a las sensaciones subjetivas de vivir experiencias gratificantes, en otras palabras, es el potencial que tiene cada persona para experimentar sensaciones gratificantes o de disfrute en distintas situaciones, grados de intensidad y tiempo, a mayor gaudibilidad mayor disfrute (Padrós, 2002). La gaudibilidad puede considerarse como un factor protector de la salud mental, esto debido a que una persona que tenga más gaudibilidad será menos susceptible de sufrir trastornos tales como depresión, trastornos de personalidad y adicciones, en gran medida este factor minimiza las situaciones de estrés o cambios, y permite que tales situaciones no afecten el bienestar general de la persona (Figueroa et al., 2019).

En palabras de Altamirano (2013) los centros penitenciarios son espacios firmes, en el que las personas que se encuentran dentro de ellos presentan dificultades para adaptarse, en el que el comportamiento de las personas se rige por leyes conocidas, pero también por las que ellos mismos crean con el paso del tiempo, haciendo también organizaciones nuevas a las que se deben adaptar, y en numerosas ocasiones les llega a causar experiencias negativas.

Aunado a lo anterior, Jiménez et al. (2021) mencionan que las personas que se encuentran dentro de un centro penitenciario pueden verse afectadas en diferentes aspectos: la privación de la libertad en sí, el ambiente del centro penitenciario y el tiempo de condena y estos aspectos impactan en la calidad de vida y las relaciones interpersonales; entonces, las personas privadas de la libertad a menudo experimentan ansiedad, depresión y consumo de drogas, entre otras. Así que estos factores pueden generar una alta probabilidad de reincidencia en conductas delictivas o criminales.

De acuerdo con las propias autoridades penitenciarias, existen alrededor de 7200 y 7500 internos consumidores dentro de los centros penitenciarios, esta cifra correspondería a cerca de la tercera parte de la población (Castellanos, 2007), y se sabe que hay altas probabilidades de que las personas que se encuentran en un centro penitenciario consuman sustancias adictivas.

OBJETIVO. Conocer la asociación entre los estados afectivos (positivo y negativo) y la gaudibilidad con el nivel de dependencia a la nicotina en personas privadas de la libertad.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se trabajó con 177 personas, 15 mujeres (8.5%) y 162 hombres (91.5%), con una M= 34.2 y una DT= 9.8 de edad (ver tabla 1).

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

Entrevista sociodemográfica. Cuestionario que proporciona datos sociodemográficos como la edad y el nivel educativo; así como datos asociados al consumo de tabaco como años de consumo, edad de inicio de consumo, entre otras.

Test de Fagerström de dependencia a la nicotina (Heatherton, Kozlowski, Frecker & Fagerström, 1991). Instrumento que consta de 14 preguntas y que proporciona información sobre el nivel de dependencia a la nicotina (baja, media y alta), así como el número de intentos serios para dejar de fumar y el número de años de consumo de tabaco.

Escala de afecto positivo y negativo [PANAS] (Watson et al., 1988, adaptado por Robles y Páez, 2003). Instrumento que se compone de 10 ítems, clasificados en dos dimensiones, afecto positivo y afecto negativo; las opciones de respuesta son tipo Likert con un rango que va de 0 (muy ligero o nada) a 4 (extremadamente).

Escala de Gaudibilidad [EGM-24] (Padrós et al., 2012). Esta escala consta de 24 ítems y contiene seis subescalas: imaginación, creencias irracionales, disfrute en soledad, interes, concentración y sentido del humor.

RESULTADOS. Los 177 participantes presentaron una escolaridad de M= 7.7 y DT= 3.6; todos consumidores de nicotina, con una M= 15.3 y una DT= 9.8 de años de consumo de nicotina (ver tabla 1).

Variable	N	Media	DT
Edad	177	34.2	9.8
Años de escolaridad	177	7.7	3.6

Años de consumo	171	15.3	9.8
Edad de inicio de consumo	171	17.6	7.7
Meses dentro del centro penitenciario	169	36.8	50.7
Promedio de cigarros al día	166	5.96	6.7

Tabla 1. *Descripción de los participantes*

Respecto a la correlación entre el puntaje de dependencia a la nicotina y el puntaje del afecto positivo y el afecto negativo (PANAS), los resultados mostraron una correlación negativa y baja, pero estadísticamente significativa, entre el puntaje de dependencia a la nicotina y el puntaje de afecto negativo (ver tabla 2).

Nota: Dep_Nic = Puntaje de dependencia a la nicotina; Afec_Pos_PANAS = Variable de afecto positivo de la escala PANAS; Afec_Neg_PANAS = Variable de afecto negativo de la escala PANAS; * < 0.05.

Variable	Dep_Nic	Afec_Pos_PANAS	Afec_Neg_PANAS
Dep_Nic	1	-.151	**-.153***
Afec_Pos_PANAS			.033
Afec_Neg_PANAS			1

Tabla 2. *Correlación entre nivel de dependencia a la nicotina y escala de afecto positivo y negativo (PANAS).*

En lo correspondiente a la asociación entre el puntaje total de gaudibilidad y sus dimensiones con el puntaje de dependencia a la nicotina se encontraron correlaciones negativas y bajas, pero estadísticamente significativas, específicamente, entre el puntaje de dependencia a la nicotina y el disfrute en soledad, las creencias irracionales, la concentración y el total de la prueba de gaudibilidad (ver tabla 3).

Variable	Dep_Nic	Imag	Creen_Irra	Dis_Sol	Int	Conc	Sen_Hum	Tot_Gaud
Dep_Nic	1	.110	**-.183***	**-.207****	-.049	**-.189***	-.045	**-.175***
Imag			-.068	**-.207****	**.531****	-.099	**.558****	**.463****
Creen_Irra				**.421****	.050	**.583****	-.032	**.636****
Dis_Sol					-.161	**.542****	**-.200****	**.488****
Int						-.026	**.658****	**.545****
Conc							-.056	**.647****
Sen_Hum								**.514****
Tot_Gaud								1

Tabla 3. *Correlación entre el puntaje de dependencia a la nicotina y el puntaje total de gaudibilidad y de sus dimensiones. Nota: Dep_Nic = Puntaje de dependencia a la nicotina; Imag = imaginación; Creen_Irra = Creencias irracionales; Dis_Sol = Disfrute en soledad; Int = Interés; Conc = Concentración; Sen_Hum = Sentido del humor; Tot_Gaud = Total gaudibilidad; * < 0.05.; ** < 0.01.*

CONCLUSIONES. El presente estudio tuvo como propósito principal conocer la asociación entre los estados afectivos y la gaudibilidad con la dependencia la nicotina en personas privadas de la libertad. Los resultados mostraron, que los participantes podrían pesentar mayor dependencia a la nicotina y menor afecto negativo, en este sentido, Vaca y Enríquez (2021), realizaron un estudio con profesionales de la salud con consumo de tabaco y

encontraron que el afecto negativo se presenta con un mayor grado en los fumadores, sin embargo, una forma de explicar ambos resultados es mencionar que el consumo de tabaco busca reducir o regular los síntomas como la tensión o la necesidad de consumo, además de que las personas, tanto en contexto de libertad como en privación de la misma fuman para provocar la sensación de control del estrés.

En el caso de afecto positivo, no se encontraron resultados estadísticamente significativos, sin embargo, es importante considerarlo, ya que las personas privadas de la libertad que fuman pueden asociar el fumar con las emociones placenteras, dentro del contexto de dificultad y sufrimiento en el que viven.

En cuanto a la correlación entre la gaudibilidad y la dependencia a la nicotina, los resultados demuestran una correlación en sentido inverso en disfrute en soledad, creencias irracionales y concentración y la dependencia a la nicotina, no se han realizado estudios respecto a la gaudibilidad y la nicotina, debido a que la gaudibilidad es un concepto que se encuentra en sus inicios y se han realizado pocas investigaciones. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos de la presente investigación los participantes con un mayor nivel de consumo de tabaco podrían presentar un menor nivel de gaudibilidad o viceversa, pero es necesario comentar sobre los elementos implicados en el contexto penitenciario, ya que en estos espacios, el disfrute en general, podría ser difícil o limitado, ya que se habla de una convivencia forzada y una serie de carencias y eso podría aumentar el consumo de tabaco o de otras sustancias como una forma de incrementar esa sensación de disfrute en soledad en las condiciones de encierro.

REFERENCIAS.

1. Altamirano, Z. (2013). El bienestar psicológico en prisión: antecedentes y consecuencias [Tesis doctoral, Universidad autónoma de Madrid].
2. Bello, S. (2011). Tratamiento del Tabaquismo. Revista Chilena de Cardiología, 30 (3), 230-239.
3. Cuevas, E. (2017). Evaluación de una intervención breve basado en el modelo transteórico de cambio dirigida a mujeres reclusas [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. Repositorio iinstitucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
4. Castellanos, G. (2007), La representación social de las drogas en un grupo de varones en reclusión en dos centros penitenciarios mexicanos. Anales de Psicología, 23 (1), 85-91.
5. Ciompi, L. (2007). Sentimientos, afectos y lógica afectiva. Su lugar en nuestra comprensión del otro mundo. Revista Asociación Española Neuropsicológic,. 271, 425-443.
6. Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco. (2017). Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco 2016-2017: Reporte de tabaco. Ed. Secretaria de salud.
7. Gallardo, J., Sánchez, I. y Almonacid, C. (2004). Planta del tabaco composición físico-química del humo del tabaco patología asociada a su consumo. En C. Jiménez y S. Solano, Tabaquismo (pp. 27-40). Monografías NEUMOMADRID.
8. Jiménez, E., Martínez, L. y Alzola, C. (2021). Ansiedad, depresión, bienestar y salud mental general de reclusos 2021. Revista cubana de medicina militar, 50 (3),1,15.
9. Moral, J. (2011). La escala de afecto positivo y negativo (PANAS) en parejas casadas mexicanas. CIENCIA ergo sum, 18 (2), 117-125.
10. Padrós, F. (2002). Disfrute y bienestar subjetivo. Un estudio psicométrico de la gaudibilidad. [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. http://hdl.handle.net/10803/4741
11. Sistema de Vigilancia Epidemiológica de las Adicciones. (2021). Sistema de vigilancia epidemiológica de las adicciones SISVEA 2021. Secretaria de Salud.
12. Yagüe, C y Cabello, M. (2008). Programa de deshabituación tabáquica para internos y trabajadores de un centro penitenciario. Revista Española de Sanidad Penitenciaria, 10 (2), 57-64.
13. Vaca, P. y Enríquez, R. (2021). Motivos para el consumo de tabaco y su relación con la respuesta afectiva y la autoeficacia en profesionales de la salud. Revista Científica Retos de la Ciencia, 5, (11), 36-43. https://doi.org/10.53877/rc.5.11.20210701.04

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424110

DERECHO Y ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DE LOS PUEBLOS MICHOACANOS EN EL SIGLO XIX

***Francisco Miguel Ayala Arias*[1]**
1 División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;
packo_44@hotmail.com

Palabras Clave: Ordenación territorial, Michoacán, pueblos.

RESUMEN. En 1847 México experimentó el regresó a un segundo momento de un sistema de gobierno federal; el anterior orden, central, tuvo sus propias instituciones, su organización territorial y estableció la diversa jerarquía de los pueblos. Para el caso de Michoacán fueron dos las leyes que instituyeron las categorías respecto a ese ámbito, una de 1837 y la otra de 1839; al momento de la transición, diversa historiografía ha señalado que en 1847 la legislación de la etapa central fue derogada, volviendo la vigencia de la normativa de la primera república federal, por lo que se retornaría a las leyes de división territorial anteriores, de marzo de 1825 y de diciembre de 1831 databan las de Michoacán. Para el ámbito local, los ayuntamientos, sí quedó claro el restablecimiento de la ley del 24 de enero de 1825; sin embargo, para el nivel superior jerárquicamente, el de prefecturas y subprefecturas, no se hizo mención de la normativa que regiría; en esta propuesta de ponencia se busca, a partir de la consulta y análisis de diversa documentación contenida en archivos, esclarecer la temática, precisando la división de Michoacán, sus departamentos, partidos y los ayuntamientos y pueblos en su interior. Con este tipo de estudios podemos conocer los vínculos y las relaciones que existieron entre los pueblos, al mostrar cuáles fueron las sedes de cada uno de los niveles de gobierno, así como sus jerárquicas y orden territorial; de la misma manera, se expondrá cómo se dio la conformación del sistema federal en su restitución. El asunto no ha sido abordado con esta perspectiva por lo que tampoco se han llegado a los resultados obtenidos, conocer la distribución y división del estado de Michoacán de 1847 a 1853.

INTRODUCCIÓN. En 1847 se regresó a un sistema federal de gobierno, lo que en teoría dejaría atrás todo el orden instaurado por el central anterior. Sin embargo, para la creación de ayuntamientos sí fue establecido que se volvería a las leyes federales del 24 de enero de 1825 (Coromina, 1886, tomo I, p.62-63); más no se dijo nada para las sedes qué autoridades intermedias y los pueblos que conformarían sus demarcaciones, por lo que este documento, trata de explicar la conformación del territorio del estado de Michoacán al regreso del federalismo.

ANTECEDENTES. Diversa historiografía sobre el tema ha señalado que, con el cambio de sistema, el regreso al orden federal, fue derogada toda la legislación del momento central,

según Mijangos con la reanudación del pacto federal, fue restablecida la Constitución estatal de Michoacán de 1825 y de igual manera regresó a la vigencia del decreto de 15 de marzo de dicho año, que trata sobre el gobierno económico-político (2006, p.80). Para nuestra actual forma de ver y pensar el derecho, es lógico pensar que así sucedieron las cosas, que se regresó a la vigencia de una ley derogando lo establecido por la disposición que sustituía; sin embargo, resultado de la consulta de variada documentación de la época se puede observar que la situación no fue tan sencilla, ya que existieron confusiones sobre que normatividad habrían de regir.

OBJETIVO. La ponencia e investigación tiene como propósitos conocer la conformación territorial de los pueblos michoacanos en el momento de la segunda República Federal, 1847, debido a que no existió alguna legislación en el momento respecto a ese tema.
Así, con la consulta de diversa documentación contenida, principalmente en el Archivo Histórico y Municipal de Morelia, junto con leyes, decretos y fuentes bibliográficas se busca precisar la división de Michoacán, las sedes de los departamentos, los partidos y los ayuntamientos, así como los pueblos al interior de cada uno.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la elaboración de este trabajo de investigación fueron consultados diversos materiales. Como ya se dijo, la principal documentación base del texto está contenida en el Archivo Histórico Municipal de Morelia, sin embargo, también fue consultada alguna contenida en el Archivo del Congreso del Estado de Michoacán, en el Archivo General e Histórico del Poder Ejecutivo de Michoacán; así como la recopilación de Recopilación de Leyes, Decretos, Reglamentos, y circulares expedidas en el Estado de Michoacán de Coromina, que junto con diversas fuentes bibliográficas fue triangulada la información obtenida de éstas, buscándose nexos y relaciones, hasta llegar a las conclusiones que son presentadas en el documento, de forma que, fue usado el método histórico. Para llegar a la realización de los objetivos fue preciso ver con detenimiento la documentación de archivos que se produjo en ese periodo específico, para observar qué es lo que ésta nos indica respecto a la vigencia de leyes del orden central o federal. Sabemos que con el cambio de sistema sí existieron dudas de diversos funcionarios sobre la vigencia de determinada normativa. Así el prefecto de Morelia preguntó a cuáles leyes sobre elecciones estaban vigentes, se le respondió que las del régimen federal; el ayuntamiento de Morelia consideraba que no tenía que cumplir con deberes impuesto por una normativa de la etapa central, pues no existía ley federal sobre el tema. Por su parte en el Congreso del Estado, el diputado Román señaló que se debía establecer la ley de división de 1831, la del orden federal. Con lo señalado hasta aquí, todo parece indicar que se regresaría a la normativa anterior, derogando las del orden central. Sin embargo, otra documentación muestra lo contrario; por ejemplo, en 1851 se trasladó la sede del partido de Apatzingán a Tancítaro, señalándose que se modificaba la de división de 1839 (Coromina, 1886, tomo XI, p.185); en diversos informes se enumeraron los departamentos, partidos y pueblos en su interior, correspondiendo la conformación a dicha ley señalada, así se hizo en 1847, en las memorias de gobierno de 1848 y otra documentación de dicho año, en las memorias de 1850.De forma que al contrastar la información de dicha documentación, con las leyes de división territorial federal de 1825 y 1831 y con las del orden central 1837 y 1839, la conformación de los pueblos correspondía prácticamente igual a la de 1839, a excepción de que en lo local los poblados tenían ayuntamiento, es decir, para las sedes de cabecera de prefecturas y subprefecturas se tomó una ley del orden

central, pero para el establecimiento de municipalidades una del orden federal, estando vigentes normas de ambas etapas.

RESULTADOS. El principal resultado obtenido en este trabajo es que se pudo vislumbrar que tanto el derecho como el territorio eran concebidos de diversa manera a como se entienden en la actualidad. El primero conservó elementos característicos del régimen jurisdiccional, momento en el que las nuevas normas que se elaboraban no sustituían o derogaban las existentes con anterioridad, sino que, lo nuevo y viejo se aglutinaba, se conjuntaba y se sumaba todo al sistema, lo que resultaba en la formación de un conglomerado que hacía uso, referencia y por lo tales estaban vigentes, leyes de épocas muy antiguas. Sobre el territorio se observó también que su conceptualización era diversa, pues, para su conformación en el momento estudiado fueron tomados elementos de dos órdenes anteriores que se sumaron para el establecimiento de uno nuevo.

CONCLUSIONES. La forma de organización territorial michoacana en 1847 se resolvió con la conservación de las sedes de autoridades intermedias según una la ley del orden central de 1839; sin embargo, respecto a las autoridades locales, los ayuntamientos, fue tomaba una de otro orden, de primer momento federal, establecida en 1825.
Por lo que se observa y se concluye que para la división del Estado se hizo una mezcla de lo dispuesto en ambas leyes, una del orden federal y otra del central, por lo que no se contraponían; así, en el Michoacán de la mitad del siglo XIX se aprecian dichos elementos y la forma de ver tanto el derecho como el territorio en el orden tradicional rigieron la vida.

REFERENCIAS.

Archivos

1. Archivo General e Histórico del Poder Ejecutivo de Michoacán (AGHPEM)
2. Archivo Histórico Municipal de Morelia (AHMM)
3. Archivo Histórico del Congreso del Estado de Michoacán (AHCEM)

Legislación

4. Coromina, A. (1886). Recopilación de Leyes, Decretos, Reglamentos, y circulares expedidas en el Estado de Michoacán, Morelia: Imprenta de los hijos de Arango.

Memorias de Gobierno

5. Memoria sobre el Estado que Guarda la Administración Pública de Michoacán, leída al Honorable Congreso por el Secretario del Despacho en enero de 1848, (1848). Morelia: Imprenta de I. de Arango.
6. Memoria que sobre el Edo que guarda la admon publica en sus diversos ramos, leyó al H. Congreso del mismo el srio. de despacho Lic. Fco. García Anaya, los días 2 y 3 de enero de 1850, (1850). Morelia: Imprenta de I. de Arango, en AHCEM. Varios, Legislatura IX, caja 1, expediente 5.

Bibliográfica

7. Mijangos, E. (2006). La dictadura enana. Las prefecturas del Porfiriato en Michoacán, (tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424112

EXPRESIÓN ARTESANAL, ESPACIO PÚBLICO E IDENTIDAD, EN CAPULA, MICHOACÁN, MÉXICO

***María del Pilar Castro Fragoso*[1]**
Facultad de Diseño Gráfico, Universidad Vasco de Quiroga; castro_pilar@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: Artesanía, técnica puntillismo, diseño, Imagen.

RESUMEN. El presente trabajo es producto de la observación, investigación y reflexión de cómo la tenencia de Capula a través de su arte y oficio alfarero logra comunicarse mediante la expresión gráfica en las piezas de barro cocidas en leña y las de alta temperatura. La intención de este proyecto es mostrar cómo el arte de la alfarería artesanal, caracterizada por el puntillismo, llamada por los lugareños "capulineado" ha creado una variedad de diseños en los objetos a partir de figuras y patrones que con ayuda del punto en diferentes tamaños simulan flores teniendo un encanto y un valor tradicional. Actualmente la comunidad transmite de generación en generación la técnica prehispánica y colonial buscando siempre mostrar su identidad, composición y técnica que lo caracteriza, pero en esta ocasión apropiándose de los espacios públicos para exponer sus costumbres, tradiciones y su quehacer diario a través de murales o ilustraciones gráficas por la calle principal. Es importante mencionar que en todas las culturas se le ha dado gran importancia a la comunicación visual. Los colores y las formas siempre se han empleado como medio visual de expresión común, ya sea en lo social, político o religioso. (Villafaña, 2020). De tal manera que todas las imágenes tienen un lenguaje universal para ser comprendidas por diferentes culturas y lenguajes, por lo que las convierte en una herramienta invaluable para la comunicación global. La importancia del presente trabajo reviste en la manera de evidenciar la forma en como la vida cotidiana y el oficio artesanal se presentan naturalmente. Así mismo todos los elementos utilizados en la composición de los diseños son estructurados sin necesariamente tener conocimientos ni fundamentos del diseño, más sin embargo se muestra un saber identitario el cual se ha trasmitido de generación en generación, preservando así la cultura.

INTRODUCCIÓN. Michoacán de Ocampo es uno de los estados de la República mexicana que está situada en la parte centro occidental. *Michihucán* se deriva del idioma Náhuatl (*michi*=pescado; *huac*=posesión, partícula posesiva; *an*=lugar de) por lo que algunos historiadores consideran que su significado es lugar de los que poseen pescado o lugar de peces. Así mismo el estado de Michoacán de Ocampo está dividido por 6 regiones; Centro, Ciénega, Occidente, Oriente, Tierra caliente y la región de la costa (Mora, 2012). Morelia ciudad y capital del estado de Michoacán cuenta 15 tenencias, entre ella se encuentra el poblado de Capula; poblado que se ubica a aproximadamente a 20 minutos de la cabecera municipal.

Capula significa lugar de capulines, sin embargo, en la época prehispánica los purépechas lo conocieron por Xenguaro. En la época de la colonia Don Vasco de Quiroga dio a Capula las industrias de la alfarería y el corte de madera; enseñando a los lugareños la elaboración de las artesanías, fusionando la técnica española con la indígena; técnica que en la

actualidad se sigue aplicando. Dicha tradición artesanal tiene sus raíces en la cultura indígena purépecha y ha sido transmitida de generación en generación en la comunidad y sus alrededores. Las piezas no solo son valoradas por su estética, sino por su conexión con la historia y cultura de la región. Así mismo, pueden ser de loza tradicional (fig.1) y/o loza de cerámica de alta temperatura (fig. 2), normalmente la alfarería tradicional se coce en hornos de leña (fig. 3), mientras que la de cerámica se coce con gas.



Fig. 1: *Loza tradicional artesanal, cocida en horno de leña. Archivo personal, 2024.*



Fig.2: *Loza de cerámica de alta temperatura, cocida con gas. Archivo personal, 2024.*



Fig. 3: *Mural sobre la pared que representa el horno de leña para el cocido de las piezas; ubicado en el Mercado Artesanal Tata Vasco. Archivo personal, 2024.*

El diseño de estas piezas consiste en realizar figuras y patrones con ayuda del punto en de distintos tamaños, esto permite que en su mayoría simulen flores; en algunos casos logran incluir en sus diseños algunas líneas que ayudan a la decoración de las piezas que se elaboran. Otra de las razones por la cual se visita el poblado es por su elaboración de esculturas hechas en barro de la famosa catrina de José Guadalupe Posada.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se ha utilizado como metodología la observación. La cual es una de las formas más sistematizadas y lógicas para el registro visual y verificable de lo que se pretende conocer, se utilizan los sentidos para describir, analizar y explicar desde una perspectiva válida y confiable de algún hecho, objeto o fenómeno. De esta manera se han realizado visitas al poblado de Capula que se encuentra aproximadamente a 40 minutos de la ciudad capital, hacia el poniente rumbo a la salida a Quiroga. Las visitas y recorridos por este poblado han sido en diferentes momentos y diferentes años por lo que ha sido relevante y de mucha importancia el que el turismo tanto nacional como internacional lo conozca y visite.

El punto desde el enfoque gráfico. El puntillismo o divisionismo es un sistema de pintura desarrollado en el siglo XIX, básicamente por los artistas franceses Seurat (1859 – 1891) y Signac (1863 – 1935). En relación a las técnicas de dibujo, el puntillismo puede ser explotado con cualquier medio de color. (Simpson, 2005). Es una técnica plástica que consiste en la creación de pequeños puntos de colores que combinados crean una imagen cromática, también sirve para la estampación de puntos más ordenados o menos, al igual que heterogéneos u homogéneos, pequeños o grandes para lograr un efecto. Para Adrián Frutiger (2007) en su libro de *Signos, símbolos, marcas, señales* define al punto como una superficie materializada, es decir reconocible por el ojo humano; de acuerdo a Wucius Wong (2011), el punto es uno de los elementos básicos del diseño conceptuales no visibles, sin embargo; así mismo indica que cuando el punto es visible se convierte en una forma, la más común para Wucius Wong y la mayoría de las personas es la del círculo, el cual puede

ser de tamaño mínimo, pequeño, mediano, grande y extra grande; además de estas características puede llegar a tener color. (Wong, 2011).

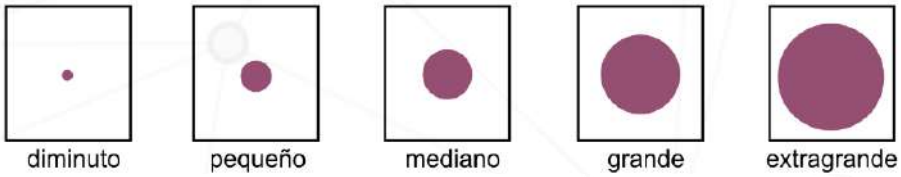
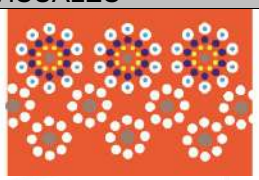
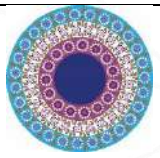


Fig. 4. *Representación del punto en el espacio. Autoría propia.*

Diseño y composición. La palabra diseño, del italiano *disegnare* que proviene del término latino *designare* hace referencia al signo, señal o símbolo. Diseño es descubrir una imagen, es creatividad, es un significado, un valor, una persuasión, una forma verbal, un proceso que da como resultado el producto de la imaginación y la creatividad. Definiciones sobre el diseño podemos encontrar muchas, sin embargo, algo en lo que coinciden es que el diseño es un proceso creativo que implica planificar, concebir y desarrollar productos, sistemas, servicios, experiencias o entornos con el objetivo de resolver problemas específicos o satisfacer necesidades humanas. (Sarmiento y Navarrete, 2015).

Para Dondis (2017, p. 33) “El proceso de composición es el paso más importante en la resolución del problema visual. Los resultados de las decisiones compositivas marcan el propósito y el significado de la declaración visual y tienen fuertes implicaciones sobre lo que recibe el espectador”. Georgina Villafaña (2020) considera que todo diseño debe percibirse como un conjunto estructurado, de tal manera que debe tener todas las características de una buena composición.

Algunos los elementos importantes que apoyan a la composición son el equilibrio, el ritmo, movimiento, jerarquía visual, espacio y forma, proporción, escala, continuidad, contraste y énfasis.

ELEMENTOS CONCEPTUALES	ELEMENTOS VISUALES	APLICACIÓN
El equilibrio: es una experiencia y memoria que refuerzan la necesidad del equilibrio; se refiere a la distribución visual de peso y elementos que la componen para lograr estabilidad y armonía. (Villafaña, 2020, pp. 62-78).		
El ritmo: el ritmo se ha tomado del arte musical, es decir una melodía se determina por los intervalos que tiene en el tiempo (ritmo) por lo que es una recepción periódica de elementos análogos con intervalos similares. Es la manera en que los elementos visuales guían el ojo del espectador a través de la composición, creando un sentido de flujo. (Villafaña, 2020, pp. 62-78).		
Jerarquía visual: La organización de los elementos indican su importancia relativa dentro de la composición. (Villafaña, 2020, pp. 62-78).		

Espacio y forma: es identificar la disposición de los elementos en relación con el espacio, y cómo se utilizan las formas y figuras para crear una estructura visual coherente. (Villafaña, 2020, pp. 62-78).		

RESULTADOS. Actualmente y con la intención de preservar una identidad e imagen se ha ido pintando las fachadas de las casas y talleres utilizando la misma técnica, pero además agregando en sus pinturas, parte de lo que son sus tradiciones, costumbres y cultura, es decir, a la propia gente haciendo sus labores cotidianas.
Un aspecto distintivos al llegar a Capula y que se puede observar, es el recibimiento de una escultura monumental de la catrina, la cual está cubierta de la técnica de capulineado o punteada, con forme se va caminando por la calle principal rumbo al templo de Santiago Apóstol y la plaza central, se aprecia como el poblado ha sido construido con material de adobe madera y tejas, también se observan las entradas de los talleres familiares que se dedican a la elaboración de la alfarería. Otro rasgo fácilmente identificable se puede observar en el contraste aplicado en las macetas con el color, pero además las flores en la parte superior en ambas son diferentes, puede variar en el centro, así mismo en las flores del tercer nivel de abajo hacia arriba son pequeñas por puntos chicos.



Fig5. *Mural sobre el muro de un taller artesanal en Av. Vasco de Quiroga. Archivo personal, 2024.*



Fig6 *Mural alusivo a la vida cotidiana de los artesanos en Av. Vasco de Quiroga. Archivo personal, 2024.*



Fig7. *Loza de cerámica de alta temperatura con líneas en la parte superior haciendo jerarquía en los ornamentos florales. Archivo personal, 2024.*



Fig8. *Catrina Monumental a la entrada del poblado de Capula. Archivo personal, 2024.*

CONCLUSIONES. Hablar con un único lenguaje visual es hablar de un buen diseño que resuelve el lenguaje visual de la pieza, de tal modo que todas sus partes se refuerzan, se acentúan y establecen una relación entre sí en cuanto a su forma, peso, situación y concepto. Capula a pesar de ser una población tan cercana a la ciudad de Morelia y ser un pueblo alfarero, tiene múltiples influencias en muchos aspectos de la vida cotidiana, actualmente preserva su actividad tradicional, cultural y de producción alfarera por lo que es un lugar que quiere dar a conocer a todo el que lo visita, su cultura, tradición, costumbres y quehacer diario a través de su propia identidad utilizando los elementos que lo identifican en imágenes visuales aplicadas en todo su entorno. Muestra de ello es este trabajo donde

se puede apreciar el reflejo de una cultura visual y el arraigo particular que tiene en la localidad.

REFERENCIAS.

1. Frascara, J. (2012). El diseño de comunicación. Buenos Aires: Ed. Infinito.
2. Frutiger, A. (2017). Signos, símbolos, marcas, señales. Barcelona: Ed. Gustavo Gili.
3. López. A. (2015). Curso de Diseño Gráfico: Fundamentos y Técnicas. México: Ed. Difusora Larousse y Ed. Pirámide.
4. Mora Colín, Fidelmar (2012). Nueva Geografía e Historia de Michoacán, Secretaria de Educación del Estado.
5. Pérez, K. (2014). Capula Pueblo donde nació la catrina de barro. En México desconocido. Recuperado de: https://www.mexicodesconocido.com.mx/capula-pueblo-donde-nacio-la-catrina-barro.html
6. Sarmiento, L., y Navarrete, D. (2017). Elementos básicos en los procesos de composición gráfica. Bogotá: Ed. Fundación Universitaria Los Libertadores.
7. Simpson, I. (2005). Enciclopedia de Técnicas de Dibujo. País: Ed. Acanto.
8. Villafaña, G. (2020). Educación Visual / conocimientos básicos para el diseño, México: Ed. Trillas.
9. Wong. W. (2011). Fundamento del Diseño, Barcelona: Ed. Gustavo Gili.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424114

ANÁLISIS DE DECISIONES EN ESTUDIANTES DEL ÁREA DE LA SALUD: PATRONES Y TENDENCIAS

Ana Gabriela Ziranda Rangel[1], Rocio Zariñana Herrejón[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2018829a@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rocio.zarinana@umich.mx

Palabras Clave: Patrón de toma de decisiones, estudiantes, educación financiera.

RESUMEN. Este estudio examina los patrones de toma de decisiones financieras entre estudiantes de octavo semestre del área de la salud, específicamente en la Facultad de Psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Utilizando un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo transversal, se aplicó el Cuestionario de Melbourne de Patrones de Toma de Decisión (Jannis & Mann, 1977) para medir los patrones de vigilancia, hipervigilancia, procrastinación y transferencia. La muestra estuvo compuesta por 88 estudiantes, de los cuales 72 eran mujeres y 16 hombres. Los resultados mostraron que el patrón predominante de toma de decisiones fue el de vigilancia, con un promedio de 1.26 (DE= 2.70), seguido de transferencia (M= 1.19, DE= 3.80), hipervigilancia (M= 1.13, DE= 2.72), y procrastinación (M= 1.06, DE= 3.25). Estos hallazgos sugieren que los estudiantes del área de la salud tienden a adoptar un enfoque más analítico y cuidadoso en la toma de decisiones financieras. Las conclusiones sugieren la necesidad de implementar programas de educación financiera desde edades tempranas para mejorar la capacidad de toma de decisiones de los estudiantes.

INTRODUCCIÓN. La toma de decisiones financieras es un proceso crítico en el comportamiento humano que implica seleccionar entre múltiples opciones, cada una con sus propios riesgos y beneficios (Burnett, 1991; Mann, Radford, Burnett, Ford, Bond, & Leving, 1998). Este proceso no solo afecta la estabilidad financiera individual, sino también el bienestar económico general, ya que una toma de decisiones inadecuada puede conducir a crisis financieras personales o familiares, además, la toma de decisiones financieras está influenciada por factores como la educación financiera, el conocimiento previo y la experiencia, y puede seguir diferentes patrones, tales como vigilancia, hipervigilancia, procrastinación y transferencia (Janis y Mann, 1977; Lusardi & Mitchell, 2011; OECD, 2015). En el contexto de los estudiantes universitarios del área de la salud, la toma de decisiones financieras adquiere una importancia particular debido a su preparación para futuras responsabilidades profesionales y personales. Estudios anteriores han indicado que los estudiantes con una educación financiera sólida son más propensos a tomar decisiones informadas y evitar comportamientos financieros riesgosos (Lusardi & Scheresberg, 2013). Sin embargo, existen diferencias significativas en cómo los estudiantes de diversas disciplinas manejan la toma de decisiones, lo que sugiere la necesidad de estudiar estos patrones de manera más específica en grupos como los estudiantes del área de la salud (Muñoz-Cespedes, Ibar & Ross, 2021). El presente estudio busca contribuir mediante la identificación del patrón predominante en la toma de decisiones financieras de estudiantes de octavo semestre del área de la salud de la UMSNH, utilizando el Cuestionario de

Melbourne de Patrones de Toma de Decisión (Jannis & Mann, 1977). A partir de esta investigación, se espera proporcionar información relevante para el desarrollo de estrategias educativas que mejoren la toma de decisiones en este grupo de población.

ANTECEDENTES. Los patrones de toma de decisiones han sido ampliamente estudiados por la psicología económica. Mann et al. (1998) identificaron cuatro patrones principales de toma de decisiones: vigilancia, hipervigilancia, procrastinación y transferencia. El patrón de vigilancia implica un enfoque cuidadoso y deliberado, donde todas las alternativas son evaluadas meticulosamente antes de tomar una decisión. Este patrón es común entre individuos que tienen un nivel alto de autoconfianza y un conocimiento sólido de las consecuencias de sus decisiones (Mann et al., 1997). Por otro lado, el patrón de hipervigilancia se caracteriza por la ansiedad y el estrés asociados con la sensación de tiempo insuficiente para tomar una decisión informada. Este patrón puede llevar a decisiones precipitadas, que son el resultado de una evaluación incompleta de las opciones disponibles (Burnett, 1991). La procrastinación, a menudo vista como un aplazamiento de la decisión debido al temor de consecuencias negativas o incertidumbre, es otro patrón relevante que afecta significativamente la toma de decisiones financieras, especialmente en jóvenes adultos y estudiantes universitarios (Blanco & Moros, 2023). La transferencia es un patrón de decisión donde la responsabilidad de la decisión es delegada a otras personas, lo cual puede ser interpretado como una falta de confianza en la capacidad de decisión propia o como una estrategia para evitar el conflicto (Mann et al., 1998). Estos patrones de decisión son particularmente importantes en el ámbito de la educación financiera, ya que la capacidad de tomar decisiones financieras informadas es crucial para el bienestar económico y social (OECD, 2015).

OBJETIVO. El objetivo de esta investigación es Identificar el patrón predominante en la toma de decisiones financieras de estudiantes de octavo semestre del área de la salud.
Se plantea la hipótesis de que el patrón de procrastinación predomina en estudiantes de octavo semestre del área de la salud.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio utilizó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y transversal. Se seleccionó una muestra por conveniencia de 88 estudiantes de octavo semestre de la Facultad de Psicología, UMSNH, con sede en Morelia, Michoacán. De los participantes, 72 eran mujeres y 16 hombres. El instrumento utilizado para la recolección de datos fue el Cuestionario de Melbourne de Patrones de Toma de Decisión (Jannis & Mann, 1977), un cuestionario autoaplicable compuesto por 22 ítems con formato de respuesta tipo Likert que va de 0 ("No es cierto en mi caso") a 2 ("Es cierto en mi caso"). Este instrumento ha demostrado tener una buena confiabilidad, con un alfa de Cronbach de 0.81, y mide cuatro dimensiones de toma de decisiones: hipervigilancia, vigilancia, procrastinación y transferencia. El procedimiento para la recolección de datos incluyó la distribución de un enlace a un formulario de Google Forms a través de WhatsApp, el cual contenía el cuestionario. Antes de la distribución del cuestionario, se obtuvo de los participantes el consentimiento informado, ya que se informo sobre la naturaleza del estudio y la confidencialidad de los datos. El análisis de datos se llevó a cabo utilizando el software SPSS, realizando análisis descriptivos para identificar los patrones predominantes de toma de decisiones.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos indicaron que el patrón de decisión predominante entre los estudiantes de octavo semestre del área de la salud fue el de vigilancia, con un

promedio de 1.26 (*DE*= 2.70), seguido del patrón de transferencia con un promedio de 1.19 (*DE*= 3.80), hipervigilancia con un promedio de 1.13 (*DE*= 2.72), y procrastinación con un promedio de 1.06 (*DE*= 3.25). Estos resultados sugieren que los estudiantes tienden a ser más analíticos y cuidadosos en sus decisiones financieras (ver Fig. 1).

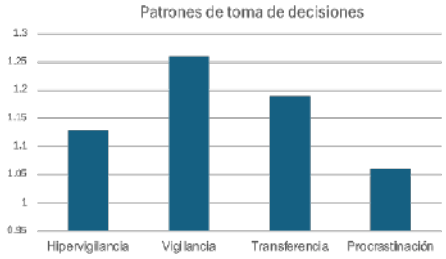


Figura 1: *Distribución de los patrones de toma de decisiones entre estudiantes.*

Este hallazgo es consistente con la literatura existente que sugiere que los individuos con una mejor comprensión de los conceptos financieros tienden a adoptar decisiones más informadas y deliberadas (Lusardi & Mitchell, 2011). No obstante, los resultados también revelaron que un número significativo de estudiantes todavía depende de patrones de decisión menos efectivos, como la transferencia y la procrastinación, lo que subraya la necesidad de mejorar la educación financiera a nivel universitario.

CONCLUSIONES. Los resultados de este estudio indican que, contrariamente a la hipótesis inicial, el patrón predominante entre los estudiantes de octavo semestre del área de la salud es el de vigilancia, no el patrón de procrastinación. Este hallazgo sugiere que los estudiantes están más inclinados a evaluar cuidadosamente sus opciones antes de tomar una decisión financiera, lo que podría estar vinculado a su formación académica y/o nivel de conocimiento financiero. Una de las limitaciones del estudio fue el método de recolección de datos, que dependió del acceso a internet de los participantes. Algunos estudiantes no pudieron completar el cuestionario debido a problemas de conectividad. Por otra parte, este estudio aporta evidencia sobre la necesidad de integrar la educación financiera en los planes de estudio de las instituciones de educación superior, especialmente en áreas como la salud, donde las decisiones financieras pueden impactar significativamente en la calidad de vida. Se recomienda realizar estudios futuros que incluyan una muestra más amplia y diversa, así como métodos de recolección de datos que no dependan únicamente de la conectividad a internet. Además, se sugiere desarrollar programas educativos enfocados en mejorar la educación financiera de los estudiantes para fomentar patrones de toma de decisiones más efectivos.

REFERENCIAS.

1. Blanco, L., & Moros, F. (2023). La procrastinación en la toma de decisiones: Un estudio en directivos de organizaciones. Revista de Psicología Organizacional, 15(2), 45-59.
2. Muñoz-Céspedes, E., Ibar Alonso, R & Ros, S. (2021). Financial Literacy and Sustainable Consumer Behavior. Sustainability 13(16) 9145. https://www.researchgate.net/publication/353948030_Financial_Literacy_and_Sustainable_Consumer_Behavior
3. Jannis, I., & Mann, L. (1977). Decision making: A psychological analysis of conflict, choice, and commitment. Free Press.
4. Lusardi, A., & Mitchell, O. S. (2011). Financial literacy around the world: An overview. Journal of Pension Economics and Finance, 10(4), 497-508. https://doi.org/10.1017/S1474747211000448

5. Lusardi, A., & Scheresberg, C. B. (2013). Financial literacy and high-cost borrowing in the United States. Journal of Economic Behavior & Organization, 95, 293-310. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2585243
6. Mann, L., Burnett, P., Radford, M., & Ford, S. (1997). The Melbourne decision-making questionnaire: An instrument for measuring patterns for coping with decisional conflict. Journal of Behavioral Decision Making, 10(1), 1–19. https://doi.org/10.1002/(sici)1099-0771(199703)10:1<1::aid-bdm242>3.0.co;2-x
7. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2015). Financial Education in Schools: Policy Guidance, Challenges and Case Studies. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/financial-education.html

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424115

LA DESMITIFICACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS BASADO EN PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL CON ESTUDIANTES DE DOS ESCUELAS DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Johan Villaseñor Tenorio[1], Alba María Ortega Gómez[1], José Luis Ábrego Aranda[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1823084X@umich.mx; alba.ortega@umich.mx; jose.abrego@umich.mx

Palabras Clave: Chiroptera, desmitificar, investigación, medio ambiente, polinizadores.

RESUMEN. Los murciélagos son mamíferos que se caracterizan por tener pelo y poder volar, no obstante, están dotados de múltiples significados que en su mayoría se relacionan con el miedo y las supersticiones, principalmente por sus hábitos de alimentación y reproducción, y por su aspecto físico. Lo anterior afecta la conservación de estos mamíferos voladores ya que, pocas personas conocen los servicios ecosistémicos que proporcionan. El objetivo de la presente investigación es concientizar y desmitificar los murciélagos, al igual que dar a conocer la importancia que tienen en el medio ambiente a los niños de las primarias “Colegio Hispano Americano” y “Escuela Primaria Federal “Vicente Guerrero”” de quinto año. La investigación es de tipo descriptiva de carácter cualitativo con elementos cuantitativos. Se diseñaron ocho talleres de educación ambiental con la temática de los murciélagos. Los principales resultados muestran que hubo un cambio de actitud de los niños con respecto a los murciélagos. Las principales conclusiones muestran que se observó un aprendizaje significativo en los estudiantes sobre la importancia de los murciélagos en el medio ambiente, al igual que se logró empatizar de una mejor manera con los seres vivos al convivir más con el medio ambiente y la vida silvestre.

INTRODUCCIÓN. Los murciélagos son unos de los seres vivos más importantes para el ecosistema en el que nos encontramos; sin embargo, nosotros no cuidamos de ellos como ellos sí nos cuidan a nosotros; son muy buenos polinizadores, gracias a su pelaje, el polen se queda con ellos al momento de encontrar alimento, y este polen puede llegar a kilómetros de distancia de donde fue colectado. Pueden ser considerados controladores de plagas, porque cumplen con todas las dimensiones del desarrollo sostenible: beneficios económicos, sociales y de salud para el ecosistema (Guevara-Chumacero y Sainoz-Aguirre, 2012). De igual manera son grandes dispersores de semillas por su gran de rango de vuelo y hacen mucho más fácil la plantación y variedad de árboles de fruta (Galindo-González, 1998). La negligencia y la desinformación son armas muy peligrosas que podríamos tener en nuestras manos por diferentes motivos, y los murciélagos han pagado erróneamente lo que hemos cultivado por varios años, ya sea por destruir su hábitat indirectamente, cazarlos por mitos y leyendas que han sido pasados de boca en boca, generación tras generación, o simplemente matarlos directamente por razones que se piensan que son justificadas por el poco conocimiento que se tiene respecto a estos pequeños mamíferos. Lo cierto es que debemos actuar con eficacia y sabiduría al momento de querer ayudar a los murciélagos y destruir toda aquella fábula que se tiene sobre ellos, dando a conocer, al mismo tiempo, los beneficios que tienen en nuestras vidas más de lo que creemos. Es por esto por lo que la presente investigación estará enfocada con niños

de escuelas primarias, ya que todo lo importante que se aprende durante la vida, es en la niñez y, sobre todo, en la escuela. Se llevarán a cabo las actividades en dos escuelas localizadas en diferentes localidades de Morelia, y niveles socioeconómicos (una escuela pública y una escuela particular), con el fin de saber en cuál de estas dos escuelas hay mayor índice de acercamientos con los murciélagos, las experiencias que han tenido con ellos, qué han hecho en esa situación de avistamiento y hacer una comparación sobre la información recabada y notar quiénes muestran mayor interés sobre el tema. Sobre la información adquirida, la meta es que no quede en las aulas de los salones solamente, sino que también se la lleven a casa para los padres de familia y la lleven a cabo en sus vidas diarias, porque es importante que los padres de los niños estén conscientes de lo que están aprendiendo sus hijos y aprender esa información que están adquiriendo ellos de igual manera.

ANTECEDENTES. Los murciélagos son principalmente insectívoros y el servicio ecosistémico que ofrecen estos organismos es que son controladores de plagas, asimismo, su materia fecal, llamado guano, es conocida por todo el mundo como fertilizante y ayuda a mejorar las características del suelo para un mayor desarrollo de plantas. Por otra parte, también hay murciélagos frugíferos, los cuales, al momento de colectar el fruto, al contacto con las flores, se llevan gran cantidad de polen con ellos, ayudando a la dispersión de este. Los frugíferos también son grandes dispersores de semillas de las frutas que colectan (SIAP, 2024). Al menos 528 especies de plantas son polinizadas por murciélagos en el mundo y 360 están en América. Los murciélagos son fundamentales para la reproducción de las plantas, ya que, según estudios científicos, la producción de frutos y/o semillas es un 80% menor cuando se cubre las flores para que no accedan murciélagos en vez de dejarlas libres y accesibles para la polinización (Guevara-Chumacero y Sainoz-Aguirre, 2012). Guevara-Chumacero y Sainoz-Aguirre (2012), estimó que Eptesicus fuscus puede consumir hasta 38,000 escarabajos del pepino (Diabrotica undecimpunctata), plaga que en Estados Unidos puede reducir la productividad de plantaciones de maíz entre 10 y 13%. En base a estos resultaos, se puede inferir que el beneficio del servicio ambiental debe ser alto, debido a que la cantidad de escarabajos consumidos implica que no se produzca aproximadamente 18 millones de sus larvas. Los hábitos alimentarios de los murciélagos frugívoros son muy diversos, dispersan semillas de frutos de varios tamaños, y básicamente lo hacen de dos maneras distintas, de acuerdo con el tamaño de las semillas del fruto. Las semillas grandes, que por su tamaño no pueden ser ingeridas por los murciélagos, las dejan caer después de comer la pulpa del fruto. Mientras que las semillas pequeñas, son ingeridas junto con la pulpa del fruto, pasan a través del tracto digestivo y son defecadas en algún otro lugar (Galindo-González, 1998).

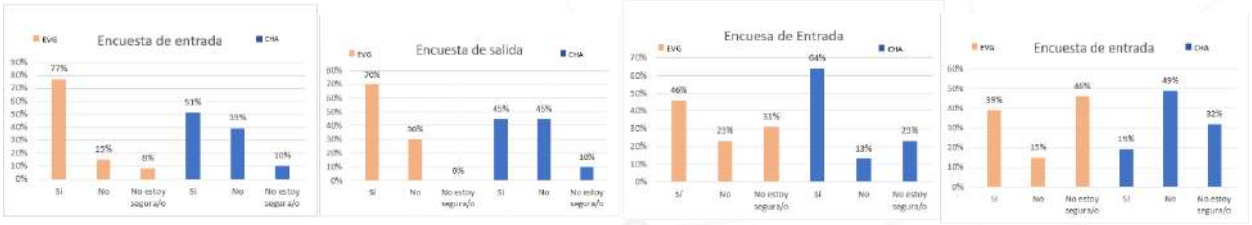
OBJETIVO. Desmitificar a los murciélagos, y dar a conocer la importancia que tienen en el medio ambiente a los niños de quinto grado las escuelas primarias “Colegio Hispano Americano” y “Escuela Primaria Federal “Vicente Guerrero”.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Identificar y romper los mitos existentes en torno a los murciélagos. Darle a conocer a los niños la importancia ecológica de los murciélagos. Mejorar la interacción directa e indirectamente con los murciélagos. Comparar las ideas y aprendizajes adquiridos de los niños en ambas escuelas.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente investigación es de tipo descriptiva de carácter cualitativo con elementos cuantitativos. Se diseñaron ocho talleres de educación ambiental con la temática de los murciélagos con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación: 1) Primer acercamiento a los murciélagos; 2) Conociendo a los murciélagos; 3) Encuentro con los murciélagos; 4) Cuentos sobre murciélagos; 5) Mitos y realidades de los murciélagos; 6) Desestabilización del hogar de los murciélagos; 7) Ecolocalización; 8) Origami vampirezco. Se realizó una encuesta de entrada para saber los conocimientos generales de los murciélagos de los niños. Se calendarizaron las visitas a las escuelas con la finalidad de establecer los tiempos necesarios para cada actividad. Una vez finalizados los talleres, se aplicó la encuesta de salida, misma que consiste en la misma que se aplicó al inicio de las actividades. Se compararon las respuestas de los estudiantes de ambas escuelas para comprobar si existieron diferencias en cuanto a la percepción de los murciélagos y los aprendizajes adquiridos en la escuela pública y privada.

RESULTADOS. A continuación, se presentan las gráficas con los resultados obtenidos de las encuestas de entrada y de salida como parte de la evaluación de los talleres a los niños de quinto grado. Las barras en color naranja corresponden a las respuestas de los niños de la escuela “Vicente Guerrero”, y las barras azules al “Colegio Hispano Americano”.

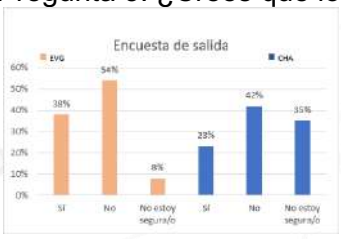
Pregunta 1. ¿Alguna vez has visto un murciélago?



Pregunta 2. Si alguna vez te encuentras con un murciélago, ¿crees que te atacaría?

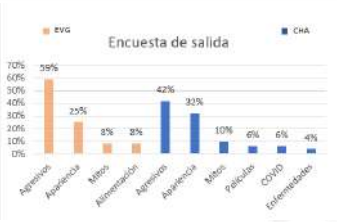


Pregunta 3. ¿Crees que los murciélagos contagian enfermedades?



Pregunta 4. ¿Por qué crees que las personas le tienen miedo a los murciélagos?







Pregunta 5. ¿Qué es lo que harías si ves a un murciélago frente a ti?



Los alumnos de la escuela pública respondieron que la gente les tiene miedo a los murciélagos por la apariencia, el otro 38% de los estudiantes respondieron por ser agresivos, el 16% respondió que la gente les tiene miedo a los murciélagos por las enfermedades que pueden llegar a tener y el 8% restante respondió por los mitos.Por otra parte, las respuestas de los alumnos de la escuela particular fueron las siguientes: el 38% de los estudiantes respondieron que la gente les tiene miedo a los murciélagos por su apariencia, el 16% respondió que la gente les tiene miedo a los murciélagos por la ignorancia o por no saber más de ellos, el 13% respondió por ser los murciélagos agresivos, otro 13% respondió que las películas ayudan a incrementar el miedo en estos mamíferos, el 13% de los niños respondieron que unas de las razones son los mitos que se cuentan de ellos, el 3% respondió que la gente le tiene miedo a los murciélagos es por las enfermedades que pueden llegar a tener y el 3% restante por el COVID.Con base en lo que los estudiantes aprendieron en los talleres, incrementó positivamente su conocimiento sobre el tema de la alimentación de los murciélagos. Los alumnos de ambas instituciones respondieron favorablemente a la información brindada en los talleres; lo anterior coincide con la SEP (2000), quienes establecen que para que una persona aprenda algo, es necesario que el contenido de la información y la forma en la que se presenta debe ser clara, coherente y organizada.En los talleres impartidos se les dejó en claro que cualquier animal salvaje puede llegar a ser peligroso, sobre todo si es molestado, pero mientras guardemos la distancia y le demos el respeto que se merece, no atacará.

CONCLUSIONES. Se logró identificar y romper los mitos existentes respecto a los murciélagos en los niños de las dos escuelas. Se observó un aprendizaje significativo en los estudiantes sobre la importancia de los murciélagos en el medio ambiente. El material utilizado para impartir los talleres fue bueno, ya que captaron la atención de los alumnos. Los ejemplares disecados llevados para apoyar los talleres fueron de gran ayuda para incrementar el interés de los niños por conservar los murciélagos. Algunos de los estudiantes se mostraron aterrorizados por la presencia de los murciélagos, sin embargo, lograron empatizar y respetar a estos mamíferos.

REFERENCIAS.

1. Guevara-Chumacero, L. M. y A. Sainoz-Aguirre. 2012. Murciélagos: controladores naturales de plagas agrícolas. Estación Biológica de Doñana. CSIC. Sevilla, España. 35 pp.

2. Galindo-González, J. 1998. Dispersión de Semillas por Murciélagos: Su Importancia en la Conservación y Regeneración del Bosque Tropical. Acta Zool, Mex. 73: 57-74.
3. SIAP. 2024. Los murciélagos y su importante papel en la agricultura. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/siap/articulos/los-murcielagos-y-su-importante-papel-en-la-agricultura.
4. SEP. 2000. Evaluación del factor preparación profesional. Antología de educación especial. Xalapa, Veracruz. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/792397/plan_de_estudio_para_la_educacion_preescolar_primaria_secundaria_2022.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424116

DISEÑO, APLICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL CICLO DE TALLERES "PONTE LAS ALAS POR LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES" COMO ESTRATEGIA EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Brenda Elizabeth Arteaga Salgado[1], José Luis Ábrego Aranda[1], Alba María Ortega Gómez[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología; 0939463c@umich.mx, jose.abrego@umich.mx, alba.ortega@umich.mx

Palabras Clave: talleres ambientales, ciencia ciudadana, aves urbanas, aprendizaje significativo, educación primaria.

RESUMEN. Las aves son el grupo de vertebrados más estudiado en México por ser el más numeroso, con presencia en ambientes naturales y modificados como las ciudades. Debido a su alta diversidad, fácil detección y popularidad, las aves despiertan el interés público por conocer y preservar el medio ambiente, especialmente en niños. El objetivo de la presente investigación fue diseñar, aplicar y evaluar el ciclo de talleres "Ponte las alas por la conservación de las aves" dirigido a los estudiantes de 3°, 4° y 5° de primaria del turno matutino de la Escuela Primaria Urbana Estatal "Simón Bolívar". Se impartieron once sesiones teórico-prácticas orientadas a promover el aprecio por las aves presentes en su entorno escolar, jugando dentro y fuera del aula. Los resultados mostraron que los estudiantes aprendieron a observar, reconocer y nombrar 8 de las 13 especies de aves seleccionadas para el estudio, prefiriendo especies coloridas y fáciles de detectar. Durante los 15 ejercicios de observación se registraron 27 especies de aves pertenecientes a 6 órdenes y 20 familias, que representan 33% de la riqueza conocida para la ciudad de Morelia. 85 a 98% de los participantes estuvo satisfecho con las actividades y materiales manejados durante el ciclo, prefiriendo las actividades artísticas y al exterior como la observación de aves. En conclusión, escuchar las necesidades y emociones de los niños aumentó su motivación y participación en las sesiones. Por su carácter práctico e interactivo, el presente ciclo de talleres logró promover el interés y aprecio de los estudiantes por las aves urbanas de su entorno.

INTRODUCCIÓN. El deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad generados por diferentes actividades humanas poco sustentables han derivado en una severa crisis que se agudiza con el tiempo. En países megadiversos como México la crisis se complica debido a que su biodiversidad habita en zonas tanto preservadas como profundamente transformadas por el hombre, incluyendo ambientes urbanos. En este sentido, las áreas verdes en las ciudades adquieren mayor importancia pues, además de cumplir funciones estéticas, ecológicas y de esparcimiento, actúan como refugio para una amplia variedad de organismos como las aves. En la ciudad de Morelia existen alrededor de 100 especies de aves (López, 2010) ocupando sus parques, bosques y jardines de modo temporal o permanente. Por su alta diversidad, amplia presencia y carisma, son un recurso útil para despertar el interés público por apreciar la naturaleza. Acercarse a las aves motiva especialmente el interés de los niños, que conservan su curiosidad por explorar y

comprender el mundo que les rodea a través del juego. Por lo anterior se diseñó e implementó un ciclo de talleres de educación ambiental dirigido a los alumnos de la Escuela Primaria Urbana Estatal Simón Bolívar para promover el aprecio, acercamiento y conservación de la naturaleza urbana a través del conocimiento de las aves más comunes que habitan en la ciudad de Morelia y que están presentes en las instalaciones escolares.

ANTECEDENTES. En México las temáticas ambientales forman parte de los programas de educación primaria desde la década de los 70s. Desde entonces, el sistema escolarizado tradicional se ha centrado en transmitir conocimientos teóricos basados en la descripción de datos y estructuras dentro del salón de cases, generando una experiencia más informativa que aplicada. En la actualidad, cada vez es más frecuente el desarrollo de una educación ambiental basada en el constructivismo como método orientado a generar un aprendizaje significativo que promueva un mayor compromiso con el entorno natural utilizando diferentes herramientas como los talleres, que son espacios donde se favorece el aprendizaje práctico a través del trabajo dinámico y la interacción social-ambiental (Socorro, 2021). Entre los principales proyectos de educación ambiental con enfoque constructivista dirigidos a la conservación de las aves destaca el Programa Binacional “Aves sin Fronteras”, cuya aplicación en Morelia estuvo a cargo del Laboratorio de Investigación en Ornitología de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo junto al Observatorio de Aves de las Montañas Rocallosas en el estado de Colorado, EUA entre 1994 y 2010. Como resultado del programa “Aves sin Fronteras” está el llamado “Baúl Mexicano de las Aves”, que es un compendio físico y escrito de las actividades, materiales y procedimientos obtenidos a partir de la experiencia adquirida durante los años que se aplicó el programa. Actualmente, el Baúl Mexicano de las Aves continúa usándose como referente en proyectos de investigación enfocados al conocimiento de las aves en todo México (Villaseñor, 2002).

OBJETIVO. Diseñar, aplicar y evaluar el ciclo de talleres “Ponte las alas por la conservación de las aves” dirigido a los estudiantes de 3°, 4° y 5° grado de primaria del turno matutino de la Escuela Primaria Urbana Estatal Simón Bolívar para promover el interés y aprecio por las aves urbanas.

OBJETIVOS PARTICULARES. Diseñar e implementar el ciclo de talleres “Ponte las alas por la conservación de las aves”. Dar a conocer 13 especies de aves residentes y migratorias más comunes en la ciudad de Morelia. Observar y reconocer las aves presentes en las instalaciones de la escuela. Evaluar los talleres como estrategia de aprendizaje en la Educación Ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Secuencia didáctica. El ciclo de talleres comprendió 11 sesiones de 1 hora de duración, de las cuales 7 fueron teórico- prácticas y 4 fueron completamente prácticas. Cada sesión se repitió una vez por grupo (A, B, C) y por grado (3°, 4° ,5), atendiendo a un total de 9 grupos con 270 alumnos de 8 a 10 años de edad. Todos los contenidos y actividades tomaron como ejemplo una o más de las 13 especies eje seleccionadas para el estudio, haciendo énfasis en apreciar a las aves en libertad desde cualquier lugar donde nos encontremos. Las actividades se realizaron en sus respectivos salones así como el área de recibidor y los 3 patios disponibles dentro de la escuela por tener zona arbolada con espacio suficiente.

Selección de especies de aves. Las 13 especies de aves mostradas en este trabajo, denominadas 'eje' fueron seleccionadas por ser residentes y migratorias comunes en la ciudad de Morelia; estar presentes y ser observables dentro de la escuela así como pertenecer a distintos gremios alimentarios para ilustrar su diversidad morfológica, funcional y conductual. Estos criterios fueron verificados durante un evento de observación de aves previo a la aplicación de talleres.

Observación de aves en las instalaciones escolares. Las actividades realizadas al aire libre en las sesiones no. 4, 9 y 10 estuvieron precedidas por una práctica de 10 minutos de observación de aves. Estas prácticas se efectuaron a simple vista dentro del área de recibidor y patios escolares. Con la Información obtenida durante cada ejercicio de observación se elaboraron listados generales de aves, que fueron compartidos en la plataforma aVerAves (2023) como contribución a la ciencia ciudadana.

Evaluación. Para obtener información acerca del aprendizaje de los participantes se aplicaron encuestas escritas en los 9 grupos tanto al inicio como al finalizar el ciclo de talleres, dando un total de 220 encuestas iniciales y 220 finales evaluadas. También se observó el desempeño y actitudes de cada grupo durante el desarrollo de cada sesión, registrando la información obtenida en una bitácora con una escala tipo Likert. Estas observaciones se utilizaron para elaborar un análisis FODA y calcular su respectivo balance estratégico siguiendo la propuesta de Ramírez (2017) dónde a todos los criterios listados se le asignó un valor igual a 1 por tener la misma importancia.

RESULTADOS.

Reconocimiento de las 13 especies 'eje' utilizadas durante el ciclo de talleres. Las encuestas reflejaron que al menos 80% de los estudiantes ya tenía un conocimiento previo respecto a las aves (Fig. 1a). Al inicio poco menos de la mitad de participantes reconoció entre 1 y 5 especies de aves (40-50%), mientras que otro 20 a 30% dijo reconocer 10 especies o más. Al final del ciclo de talleres la capacidad de los niños para diferenciar especies incrementó, ya que entre 40 y 50% de los estudiantes indicaron ser capaces de reconocer 10 especies o más en las encuestas de cierre (Fig. 1b)



Fig 1. *Comparación del conocimiento de la variedad de aves que habitan en la ciudad de Morelia antes y después de participar del ciclo de talleres.*

Del mismo modo, las primeras referencias de nombres de aves fueron imprecisas e incluyeron aves domésticas. En cambio, al finalizar el ciclo de talleres este patrón se invirtió, dado que los niños mencionaron hasta 8 nombres comunes de las 13 especies 'eje' mostradas en las sesiones.

Reconocimiento de las aves presentes en las instalaciones escolares durante los eventos de observación. Se compartieron 15 listados generales correspondientes a los

ejercicios de observación llevados a cabo dentro de las instalaciones escolares. En total se observaron 27 especies, pertenecientes a 6 órdenes y 20 familias de las cuales 21 especies son residentes, 5 son visitantes de invierno y 1 es migratoria de verano. Todas las especies 'eje' seleccionadas para este estudio fueron registradas por los estudiantes dentro de los listados. Las 5 especies de aves más observadas también fueron las más abundantes, entre ellas están la paloma doméstica *(Columba livia*), la tortolita cola larga *(Columbina inca)*, el vencejo pecho blanco *(Aeronatues saxatalis)*, el carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons frontalis*) y el chipe rabadilla amarilla *(Setophaga coronata)*. Los avistamientos ocasionales de otras especies de aves motivaron a los niños a interesarse más en la observación de aves y reforzaron la idea de que las áreas verdes urbanas constituyen refugios para la fauna local.

Evaluación general del ciclo de talleres "Ponte las alas por la conservación de las aves" como estrategia en la educación ambiental. En cuanto a la evaluación general de ciclo de talleres como estrategia en la educación ambiental, las encuestas reflejaron que 85 a 98% de los niños estuvieron satisfechos con los materiales y actividades realizados durante las diferentes sesiones (Fig 2). En este sentido, las actividades más relevantes fueron decorar un antifaz de ave (sesión 5), los ejercicios de observación de aves dentro de las instalaciones escolares (sesiones 4, 9 y 10), la búsqueda de imágenes de aves de tamaño natural (sesión 8) y armar un ave migratoria (sesión 6).

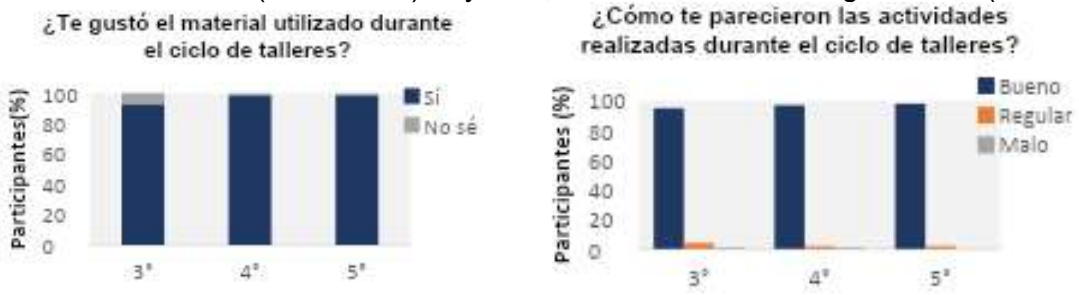


Fig 2. *Nivel de satisfacción de los estudiantes con los materiales utilizados y actividades realizadas durante el ciclo de talleres.*

En relación al conocimiento transmitido, 85 a 98% de los niños señalaron que la información recibida despertó su interés por las aves y su conservación. Los contenidos más recordados por los niños fueron conservación, diversidad e importancia de las aves urbanas (Fig. 3).

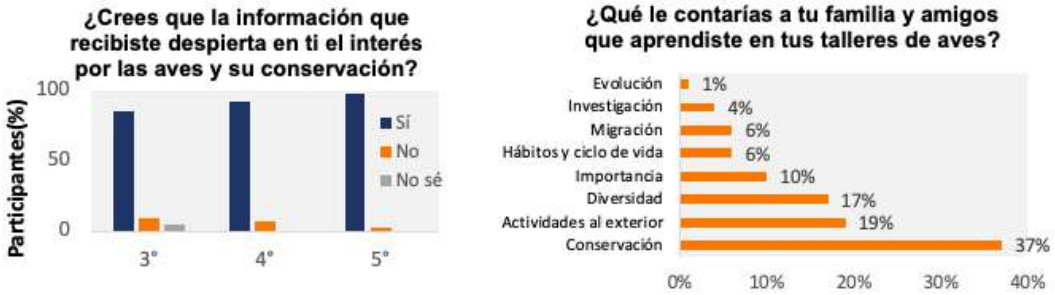


Fig 3. *Recuperación del aprendizaje de los estudiantes durante el ciclo de talleres.*

Finalmente, tanto el análisis FODA como en el balance estratégico para el ciclo de talleres muestran un equilibro en la descripción de puntos a favor y en contra del desarrollo y

aplicación de la sesiones, predominando los puntos positivos (24 puntos, 52%) con una diferencia de 4% sobre los negativos (22 puntos, 48%).

CONCLUSIONES. El presente estudio es el primero en desarrollar un ciclo de talleres prácticos, enfocados en las aves urbanas y dirigidos a estudiantes de primaria desde el programa “Aves sin Fronteras” y “Baúl Mexicano de las Aves”. A lo largo del ciclo de talleres los niños entendieron más sobre la diversidad, hábitos, ciclo de vida, importancia y conservación de las aves urbanas comunes en la ciudad de Morelia. Los estudiantes también aprendieron a observar aves en su entorno e incrementaron su capacidad para reconocer y nombrar las diferentes especies presentes en las instalaciones de su escuela. Por su carácter práctico, interactivo y extendido en el tiempo, el ciclo de talleres “Ponte las alas por la conservación de las aves” funcionó como estrategia de enseñanza y aprendizaje significativo en la educación ambiental, logrando promover el interés y aprecio de los estudiantes por las aves urbanas en su entorno escolar.

REFERENCIAS.

1. López L., S. 2010. Efectos de la urbanización sobre las comunidades de aves y lepidópteros de la ciudad de Morelia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 61 pp.
2. Ramírez R., J.L. 2017. Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. Ciencia Administrativa IIESCA (2): 54-61.
3. Socorro M., C.E. 2021. Metodologías constructivistas y de aprendizaje significativo en educación ambiental. Revisión Teórica. Facultad de Educación de la Universidad de La Laguna. San Cristóbal de La Laguna, España. 29 pp.
4. Villaseñor G., L. E. 2002. El programa educativo binacional “Aves sin Fronteras”. Decisio, 3(7): 26-29.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424117

BLEARNING EN UN CURSO DE LICENCIATURA DE LA UPN MORELIA

***Fernando Zarco Hernández*[1]**
1 Universidad Pedagógica Nacional 161; ENES Morelia; fernandozarco@gmail.com

Palabras Clave: Educación, blended-learning, TAC.

RESUMEN. Este trabajo es resultado de una investigación con el objetivo de aplicar la modalidad educativa blended-learning a un curso de la licenciatura en Pedagogía de la Universidad Pedagógica Nacional unidad 161 Morelia durante el semestre febrero - julio de 2024, mediante la metodología del pensamiento de diseño, para adecuar la práctica docente a las sociedades del conocimiento y mejorar las condiciones de aprendizaje del estudiantado. Las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) tuvieron un papel fundamental, dado que son inherentes a la modalidad educativa planteada, que consiste en combinar actividades presenciales y virtuales en el ámbito educativo. Además, la metodología del pensamiento de diseño fue crucial para lograr el objetivo, ya que permitió mejorar el curso durante su desarrollo, mediante la interacción con el estudiantado, en un proceso constante y sistematizado que permitirá diseñar mejores estrategias de enseñanza y aprendizaje reiteradamente, con la finalidad de afrontar los retos de la era digital en el ámbito educativo.

INTRODUCCIÓN. El presente trabajo es resultado de una investigación realizada en el marco del Doctorado en Educación con Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento de la Universidad Virtual del Estado de Michoacán (UNIVIM). Su objetivo fue aplicar la modalidad educativa blended-learning en un curso presencial de la Universidad Pedagógica Nacional unidad 161 durante el semestre comprendido de febrero a julio de 2024. Esta modalidad se refiere a “una metodología de enseñanza mixta, donde se combina el aprendizaje a través de internet con la experiencia de las clases presenciales” (Semanate-Quiñonez et al., 2021, p. 46). Una innovación es la acción y efecto de innovar, es decir, alterar algo para introducir novedades, según la Real Academia Española (2023). En el ámbito educativo, se refiere a “la implementación de procesos creativos que transforman de manera novedosa alguno de los componentes del fenómeno educativo, con la intención de resolver problemas y mejorar los aprendizajes de los estudiantes” (Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia, 2022, p. 14). En este sentido, “el blended learning está suponiendo no solo un nuevo término, sino también un nuevo concepto de entender los procesos de enseñanza-aprendizaje” (Bartolomé et al., 2018, p. 43). En los siguientes apartados se describen los antecedentes, objetivos general y particulares,

ANTECEDENTES. Esta investigación se basa dos antecedentes, el primero es adecuar la práctica docente a las sociedades del conocimiento y el segundo es mejorar las condiciones de aprendizaje del estudiantado. En cuanto al primer aspecto, las sociedades del conocimiento han provocado cambios en las políticas laborales, que inciden en la docencia.

Así lo manifiestan Botero y Rentería (2019), cuando afirman que las transformaciones económico-políticas de las últimas décadas han incidido en los mercados de trabajo, las estructuras sociales y la vida de los individuos que las conforman. Estos autores señalan la emergencia de nuevas relaciones, modalidades y condiciones de trabajo en las universidades, la re-definición de criterios para el acceso, movilidad y permanencia del profesorado universitario así como la empleabilidad como fenómeno problemático en el grupo social del profesorado, que suele ser visto como formadores y no como trabajadores. Concluyen que el profesorado es desafiado a asumirse como agente económico-productivo en mercados de trabajo volátiles, impredecibles y fragmentados. Entre los factores que impactan en estas transformaciones incluyen la globalización de la economía basada en el conocimiento y dinamizada por las Tecnologías del Aprendizaje y el conocimiento (TICs), la migración de prácticas de gestión del contexto empresarial al contexto educativo, la adopción de discursos sobre calidad, estandarización, eficiencia y sostenibilidad, la mercantilización e instrumentalización del conocimiento, la estandarización y competitividad de las Instituciones de Educación Superior (IES) que impacta en la relación profesor-trabajo, es decir, la precarización de las condiciones de trabajo. Respecto al estudiantado, Semanate-Quiñonez et al. (2021) señalan que el escenario de trabajo semipresencial permite configurar nuevas alternativas de aprendizaje continuo y que el COVID-19 obligó a las instituciones educativas a replantear su forma de enseñar. Sin embargo, añaden, “aunque se ha avanzado en la en la formación mixta desde los años 90, aún no se han consolidado las nuevas herramientas y estrategias para fortalecer las competencias de aprendizaje híbrido entre docentes y alumnos” (p. 46).

OBJETIVO. El objetivo general de esta investigación fue aplicar la modalidad educativa blended-learning a un curso de la licenciatura en Pedagogía de la Universidad Pedagógica Nacional unidad 161 Morelia durante el semestre febrero - julio de 2024, mediante la metodología del pensamiento de diseño, para adecuar la práctica docente a las sociedades del conocimiento y mejorar las condiciones de aprendizaje del estudiantado. Para lograrlo, este proyecto propone los siguientes objetivos específicos:

- Problematizar los procesos de enseñanza y aprendizaje con base en el uso de las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC).
- Adecuar el programa de un curso presencial de licenciatura de la Universidad Pedagógica Nacional unidad 161 Morelia a la modalidad educativa blended-learning mediante el método del pensamiento de diseño.
- Evaluar los alcances y limitaciones de la modalidad blended-learning en el ámbito institucional educativo de la Universidad Pedagógica Nacional unidad 161 Morelia, durante el semestre febrero - julio de 2024.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para lograr su objetivo, esta investigación utilizó el pensamiento de diseño, que es una metodología innovadora que consiste en un proceso proactivo para llegar a nuevas soluciones de manera creativa y colaborativa, mediante la participación de los usuarios de cualquier producto en procesos proactivos con el fin de llegar a nuevas soluciones pertinentes que generen un impacto positivo, con muchas posibilidades en el ámbito educativo (IDEO, 2012):

Todos los días diseñas formas de interactuar con los estudiantes en torno al contenido. Tú puedes seguir un proceso de diseño más proactivo en la conexión de los contenidos con los intereses y deseos de los estudiantes de hoy, conociendo las cosas que hacen fuera de la escuela y conectándolas más con los conceptos que les estás entregando (p. 12).

Así, esta metodología puede coadyuvar tanto a la labor docente como al aprendizaje del estudiantado mediante la modalidad educativa blended-learning.

RESULTADOS. Esta investigación se realizó con los tres grupos del curso de Introducción a la Investigación Educativa de 2° semestre de la licenciatura en Pedagogía de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) unidad 161 Morelia durante el semestre febrero - julio de 2024, mediante las cinco fases de la metodología del pensamiento de diseño (IDEO, 2012). La primer fase de esta metodología es el descubrimiento. En ella se indaga alguna situación que puede ser mejorada en cualquier proceso de diseño, que en este caso fue el diseño tecnopedagógico de un curso de licenciatura con la modalidad blended learning. Al terminar la primer unidad del curso, se realizó una encuesta al estudiantado, con la finalidad de identificar alguna situación de mejora. La segunda fase es la interpretación de los resultados de la primer fase. Con base en ellos, se decidió trabajar con la sugerencia de realizar actividades para interactuar en el aula, dado que fue la que más se repitió, con la finalidad de generar un ambiente de socialización en las sesiones presenciales, propicio para el aprendizaje cooperativo. Paralelamente, surgió la oportunidad de solicitar un taller de baile urbano para el estudiantado por parte del Instituto de la Juventud Moreliana, además de un taller de cultivo de zarza, impartido por un trabajador administrativo de la misma institución educativa donde se realizó esta investigación, quien cuenta con estudios de licenciatura en Biología. La tercer fase es la ideación, lo que permitió generar ideas para satisfacer esta necesidad planteada por el estudiantado y se le volvió a consultar para elegir un taller acorde a sus intereses, con la finalidad de realizar una investigación con un diario de campo de lo aprendido en cada taller, para el proyecto final del curso de Introducción a la Investigación Educativa. La cuarta fase del pensamiento de diseño es la experimentación. Con base en los resultados de la fase anterior se implementaron los tres talleres que tuvieron más votos por parte del estudiantado, aunque posteriormente fue necesario hacer algunas modificaciones al taller de baile urbano, dado que el personal del Instituto que lo ofrecía no cumplió con su responsabilidad. Finalmente, la quinta fase del pensamiento de diseño es la evolución. En este caso, se consultó nuevamente al estudiantado para conocer su opinión acerca de la combinación de la modalidad trabajada en el curso. A pesar de que la mayoría del estudiantado concordó que fue buena idea realizar los talleres, hubo dos respuestas negativas. Una de ellas hizo referencia a la falta de unidad en uno de los grupos y la segunda a la incomodidad experimentada en la socialización con el grupo. Ambas respuestas pueden servir como insumos para continuar trabajando con esta metodología en los siguientes cursos.

CONCLUSIONES. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) manipulan información y la comunican de manera ágil debido a su codificación. Las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) orientan las TIC hacia usos formativos, lo que implica que el éxito de ese uso depende de una combinación entre las tecnologías digitales y las ciencias de la educación. En el caso de esta investigación, estas tecnologías tuvieron un papel fundamental, dado que son inherentes a la modalidad blended-learning propuesta para aplicar en un curso de la licenciatura en Pedagogía de la UPN 161, con la finalidad de adecuar la práctica docente a las sociedades del conocimiento y mejorar las condiciones de aprendizaje del estudiantado. La metodología del pensamiento de diseño fue crucial para lograr el objetivo, ya que permitió mejorar el curso durante su desarrollo, mediante la interacción con el estudiantado, en un proceso constante y sistematizado que permitirá

diseñar mejores estrategias de enseñanza y aprendizaje reiteradamente, con la finalidad de afrontar los retos de la era digital en el ámbito educativo.

REFERENCIAS.

1. Bartolomé, A., García, R. y Aguaded, I. (2018). Blended learning: panorama y perspectivas. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 21(1), 33-48, https://revistas.uned.es/index.php/ried/article/view/18842/18484
2. Botero, J. y Rentería, E. (2019). Empleabilidad y trabajo del profesorado universitario. Athenea Digital, 19(3), 1-27. https://atheneadigital.net/article/view/v19-3-botero-renteria
3. Coordinacion de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia. (2022). Glosario de Innovación Educativa. Universidad Nacional Autónoma de México. https://cuaieed.unam.mx/descargas/glosario-inovacion-educativa-digital-070322.pdf
4. IDEO. (2012). Design Thinking para Educadores. https://www.educarchile.cl/sites/default/files/2019-10/Design_Thinking_para_Educadores.pdf
5. Real Academia Española. (2023). Innovar. https://dle.rae.es/innovar
6. Semanate-Quiñones, H., Upegui-Valencia, A. y Upequi-Valencia, M. (2021). Blended learning, avances y tendencias en la educación superior: una aproximación a la literatura. Informador Técnico, 86(1), 46-68, https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8905946

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424118

EL VIDEO COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA DIFUSIÓN DE TALLERES DE CARÁCTER CIENTÍFICO

José Jesús Magaña Esquivel[1], José Luis Abrego Aranda[1], Alba María Ortega Gómez[1]
1 Laboratorio de Investigación en Educación Ambiental, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;
1312537k@umich.mx, alba.ortega@umich.mx, jose.abrego@umich.mx

Palabras Clave: video educativo, educación ambiental, redes sociales, herramientas digitales en educación, aprendizaje significativo.

RESUMEN. El uso del video, en la actualidad es una de las mejores herramientas para compartir, divulgar y difundir cualquier tipo de tema con información relevante y de interés entre usuarios de las redes sociales. Por tal motivo, se busca que la información y los contenidos sean confiables y de fácil comprensión para el usuario. El objetivo de la presente investigación, es aplicar el video como herramienta estratégica de Educación Ambiental para coadyuvar en la difusión de talleres con contenidos científicos. La investigación realizada es descriptiva y cualitativa con elementos de carácter cuantitativo. Se crearon y mostraron 5 videos, que, en primera instancia, fomentaron el cuidado del medio ambiente en estudiantes de nivel bachillerato en tres escuelas pertenecientes a la U.M.S.N.H., mientras que, en segunda instancia, se evaluó su percepción y aprendizaje significativo. Los principales resultados demostraron que luego de apreciar el contenido de los videos, se generó un cambio en la percepción y aptitudes de los alumnos dada la relevancia en las temáticas seleccionadas. Por lo que se concluyó que hubo un cambio significativo en los saberes y opiniones de los estudiantes luego de observar el material audiovisual, así como un aumento en las veces que se compartieron los videos en redes sociales, además de su alcance en la difusión, lo que demuestra la efectividad como herramienta didáctica en la educación ambiental popular.

INTRODUCCIÓN. La divulgación de la ciencia, a través de la historia, se ha adaptado y cambiado a los diferentes contextos sociales, filosóficos, políticos y culturales para lograr un mejor alcance entre sus consumidores, acerca de temas de interés no solo del gremio aristocrático, sino también para la población. Actualmente, las tecnologías de la información han permitido el desarrollo de canales de comunicación y difusión, teniendo un mejor alcance e impacto en una sociedad capitalizada que día con día consume de los medios digitales una gran cantidad de productos. Con el auge de las plataformas de redes sociales en la web a mediados de la década de los 2000, se incrementó exponencialmente el número de usuarios a nivel mundial, con base en la necesidad de publicar contenido en dichos sitios de internet. En el ámbito educativo, las redes sociales tienen un importante papel en los niveles de educación superior, destacando la investigación entre los alumnos de dicho nivel, priorizando en la práctica por sobre la teoría y a su vez, un notorio avance en el aprendizaje y asimilación de conceptos (Canroy, 2004; citado por Muñoz-Prieto et al., 2013). Para ello, la forma más práctica de transmitir o compartir información en estas plataformas de redes sociales, es a través de medios audiovisuales como la fotografía y el video. El video

educativo es una herramienta que permite transmitir conocimientos que los espectadores asimilan de manera clara, comprendiendo la mayoría del contexto en que se basen, definiendo este como aquel que cumple un objetivo didáctico formulado con previos argumentos sólidos (Bravo, 1996). El objetivo de la presente investigación fue lograr un cambio reflexivo en las actitudes y aptitudes de los usuarios de redes sociales que frecuentan las páginas donde se publicaron los videos, enfocándose en el alcance y la evaluación de los métodos de desarrollo y creación de material audiovisual, así como generar una transformación permanente y positiva para los profesores, colaboradores y educadores ambientales en formación.

ANTECEDENTES. Sandoval (2017), menciona que, en el ámbito académico es común que los investigadores centren sus objetivos a través de diversas metodologías para la resolución de interrogantes que arrojan resultados, generando conocimiento en sus reportes académicos de manera individual, los cuales se ven reflejados en revistas de difusión científica enfocados en pequeños gremios, dejando de lado los procesos colaborativos comunitarios. En México, la primera televisora de carácter público en transmitir contenido divulgativo fue Once TV, cuyas transmisiones iniciaron en 1959, abriéndose un panorama informativo y educativo a la población nacional y desarrollando nuevos conceptos de programas para la educación desde casa (Toussaint, 2009). Las investigaciones realizadas por Jiménez (2019), muestran que el video educativo aplicado como herramienta en el aprendizaje de una segunda lengua, tiene una alta potencialidad, debido a la compleja elaboración que se presenta audiovisualmente por parte de los docentes, que transmiten una cantidad de información extensa en apenas unos cuantos minutos, con motivo de que los espectadores reciban de manera detallada, sencilla y con una escasa necesidad de intervención por parte del docente, puesto que el espectador reacciona a la forma en que se presenta lo relatado y exhibido. Ortega y Pérez (2013), desarrollaron metodologías enfocadas al crecimiento profesional del profesorado en formación, mediante el uso, creación y aplicación del cine como herramienta educativa para el aprovechamiento de los nuevos recursos didácticos digitales en estudiantes de nivel básico. Ausubel (1983), describe que, los conceptos e ideas informativas a transmitir deben ser acordes a los estándares cognoscitivos que el estudiante maneja, debido a que no puede enseñarse de manera homogénea a un determinado grupo de individuos que no posean o relacionen las bases para la comprensión de lo que el educador está expresando; aunado a la disposición con que el estudiante cuente para asimilar un conocimiento potencialmente significativo que infiera de manera directa en sus saberes, pensares y acciones.

OBJETIVO. Crear y aplicar videos como herramienta estratégica de Educación Ambiental para coadyuvar en la difusión de talleres con contenidos científicos. Evaluar el aprendizaje significativo de los estudiantes de las preparatorias a partir de videos con contenidos científicos.

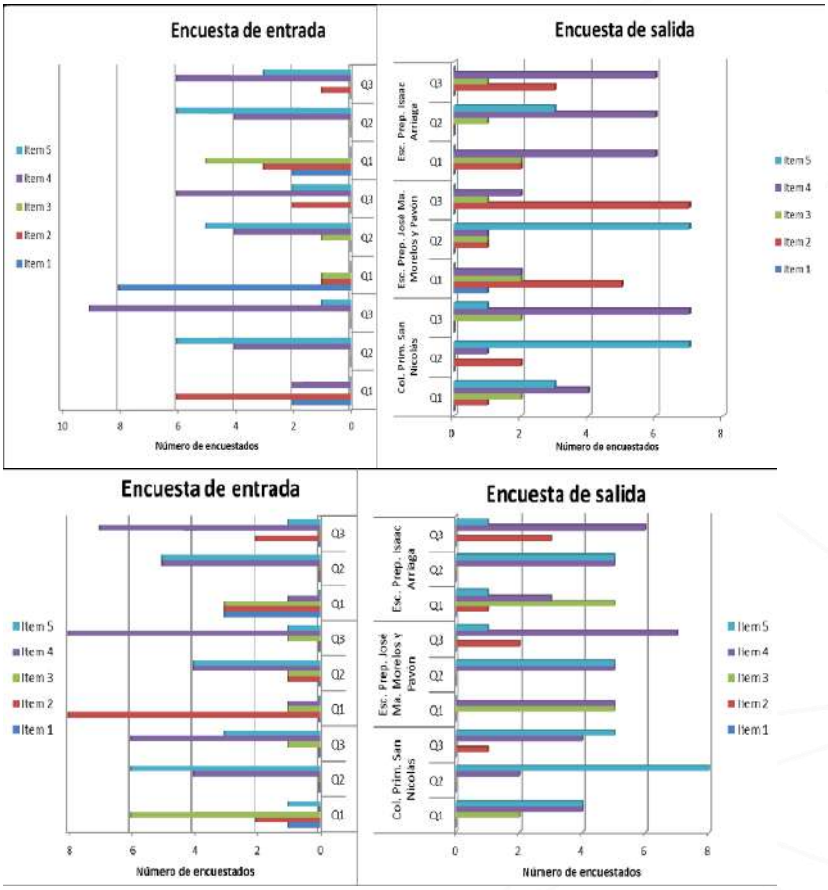
MATERIALES Y MÉTODOS. Para la realización del trabajo se estableció un calendario de talleres de divulgación científica y Educación Ambiental con el Laboratorio de Investigación en Educación Ambiental “Ana Santamaría Galván” de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se tomaron en cuenta los talleres con contenido científico, así como un enfoque en temas de relevancia ecológico-social, de un total de 13 talleres, en los cuales se obtuvo el material filmado de todos los eventos (locales

y foráneos), en nivel bachillerato, como son las tres dependencias de la U.M.S.N.H., de acuerdo con el calendario de actividades. La muestra se conformó por un total de 150 jóvenes de las preparatorias de la Universidad Michoacana (Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo, Esc. Preparatoria "José Ma. Morelos Y Pavón" y Esc. Preparatoria "Isaac Arriaga") cada una con una muestra de 50 alumnos para los cinco videos expuestos, así como encuestas. La presente investigación se realizó en dos partes, la primera compuesta por la colecta de material audiovisual y la creación de los videos que se visualizaron con los alumnos de nivel bachillerato; en la segunda parte se diseñaron encuestas, mismas que fueron aplicadas para evaluar los videos. El cuestionario se estructuró de diez preguntas para cada video. Se utilizó material para filmación como: cámara de video DJI Osmo Pocket 2, con transmisor de video DJI do-it-all-handle, modelo: OT-212 y micrófono inalámbrico DJI modelo OT-213. Para tomas abiertas se usó una cámara de acción marca GoPro Hero 8 black sumergible, con campo de visión de 149,2°, dron DJI Mini 3 Pro, equipo y programas de edición de video como lo fue VN ver 2.0.7 para tablet; para la realización de videos cortos que se publicaron en plataformas de redes sociales, como son: "Tv Nicolaita", "Coordinación de Proyectos Transversales y Responsabilidad Social Institucional", "Facultad de biología, USMNH", "BIÓLOGOS UMSNH", "Facultad de Biología, USMNH, oficial", Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo – Preparatoria No. 1", así como usuarios de estas mismas. Para la evaluación de los talleres se eligieron aquellos con los temas de relevancia acorde a las problemáticas actuales (deforestación, escasez de recursos hídricos, contaminación por plásticos de un solo uso, etc.), con el fin de lograr captar una mayor difusión y alcance en el número de espectadores. Acorde a lo establecido, se crearon cinco videos con los siguientes temas: Taller "La clasificación de los plásticos"; "Los peces con hueso y sin hueso"; Taller "Arácnidos, insectos y miriápodos"; "Mi amigo el árbol"; "La huella hídrica" y "Agua para todos". Estos dos últimos fueron una combinación en un solo video, dada la similitud de conceptos y temas en relación con los recursos hídricos.

RESULTADOS. La figura 1, corresponde a las respuestas de las preguntas 1 a 3 de las encuestas de entrada y de salida, donde se ponderó el conocimiento acerca de los plásticos (Q1), su importancia en cómo clasificarlos (Q2) y por último, cuánto influyó el video en su cambio de perspectiva (Q3); los participantes en su mayoría, no tenían tanto conocimiento acerca de cómo clasificar los plásticos (Q1), sin embargo se apreció en Q2, que si hay nociones acerca de la importancia en los efectos negativos a los ecosistemas, además de las consecuencias de no separar este tipo de residuos sólidos, en tanto que en Q3, la mayoría de los alumnos coincidió en que el ver el video les generó un cambio de perspectiva y aptitudes positivas en la clasificación y uso responsable de los plásticos de un solo uso, lo cual se corroboró con las encuestas de salida, en que el alumnado aprendió más acerca de las soluciones a esta problemática. En el caso de las encuestas de entrada para el taller de "Los peces con huesos y sin huesos" (fig. 2), una mayoría coincidió (para Q1), en que es un tema poco conocido o que no tenían mucha información o conocimiento relevante acerca del tema, encontrándose además en Q2, una mayoría de coincidencias en cuanto a que el grupo, de alguna manera, posee importancia para el consumo humano y juega un papel ecosistémico esencial, mientras que en Q3, hubo una minoría que coincidió en que, dada la amplitud del tema falto un poco más de información que complementara lo sustentado por los entrevistados en el video.

Por su parte, para el taller de los insectos, miriápodos y arácnidos (Fig. 3), la encuesta de entrada (en Q1), señaló que la mayoría de los participantes mostraron poca o nula

percepción acerca de lo que representa este grupo a niveles económicos, o bien, las especies de importancia médica, en tanto que en algunos casos, una minoría aseguro no tener iteres en dicho tema, resultados que solo tuvieron poca varianza en la encuesta de salida, en la que se demuestra que al menos hubo más interés en los participantes en cuento a su perspectiva del grupo.



Sin embargo, la mayor parte de estudiantes coincidió en que su importancia ecosistémica juega un papel crucial en la cadena alimenticia (Q2 entrada), resultado que tuvo un mayor numero de coincidencias en la encuesta de salida de la pregunta Q2, mientras que los resultados arrojados por las encuestas de entrada y salida en Q3 reflejan una diferencia significativa en cuanto al cambio de percepción y aprendizaje significativo de os alumnos antes y después de observar el video.

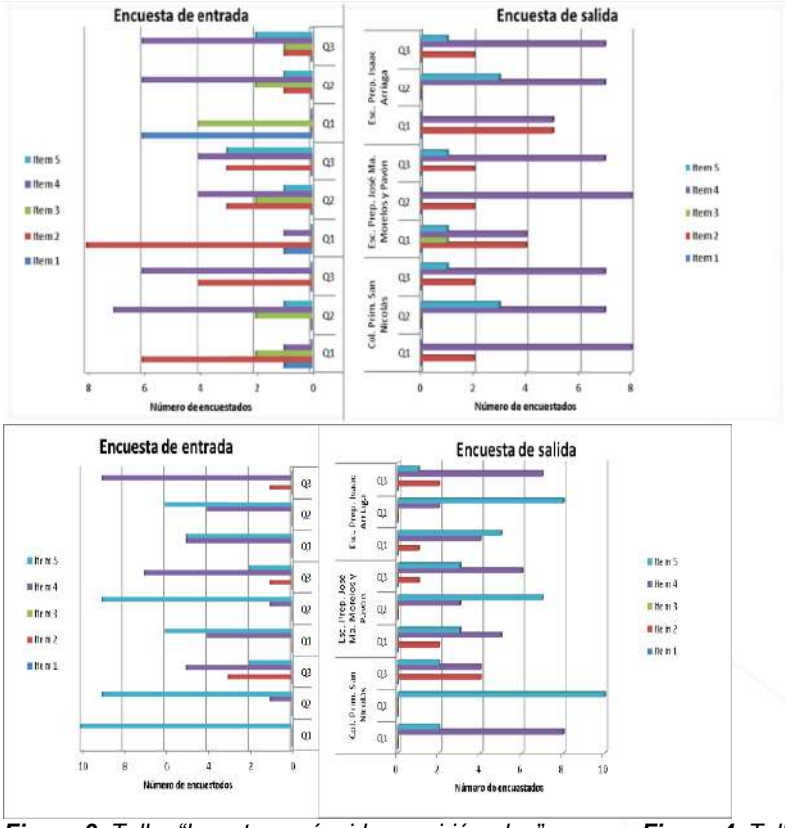
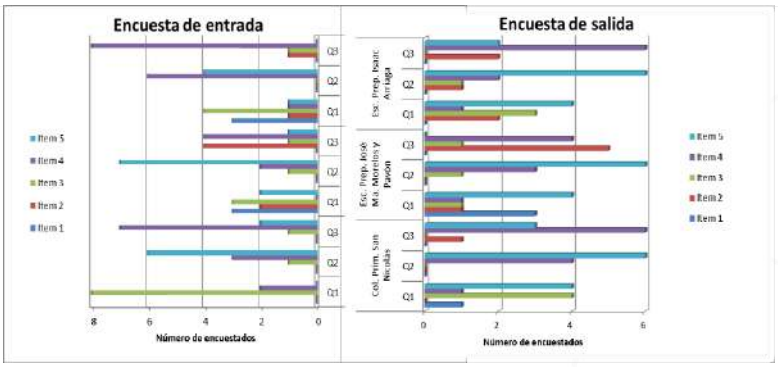


Figura 3. *Taller "Insectos, arácnidos y miriápodos"*

Figura 4. *Taller "Mi amigo el árbol"*

Los resultados mostrados en el taller "Mi amigo el árbol" (Fig. 4), muestran que en Q1, en la cual se pondero la percepción de los participantes en cuanto al daño de los ecosistemas boscosos, una mayoría coincidió en que las actividades humanas son mucho o bastante destructivas para con dichos ecosistemas, respuestas que aumentaron levemente en la encuesta de salida, en tanto que para Q2, no se observaron diferencias significativas en las respuestas de la encuesta de entrada respecto de las de salida, debido a que se cuestionó acerca de la importancia de los bosques, en donde todos los alumnos optaron por los ítems 4 y 5, correspondientes a mucha y bastante importancia. En Q3, solo se observo un aumento en una minoría de alumnos que coincidieron en que dada la amplitud del tema tal ves hizo falta un poco más de información complementaria en el video.

En tanto que, la figura 5, nos muestra que los encuestados en Q1, afirmaron en su mayoría que su percepción en el consumo de agua diario, oscila entre los 100 a 300 litros de agua, hecho que generó un discernimiento en el alumnado luego de observar el video y optaron por seleccionar los ítems con mayor índice de consumo de agua diario, en la encuesta de salida. Por su parte, Q2, ponderó el cómo los estudiantes piensan acerca de la forma en que se usa el recurso hídrico en actividades humanas, resultados que no variaron mucho, en cuanto a la selección de ítems que indican una alta importancia al momento de su uso. Q3 generó un alto impacto en la percepción y aprendizaje significativo de los encuestados, dado que, para una mayoría, fue satisfactoria la información, para una parte un tanto menor de alumnos, opinaron que hizo falta un tanto más de información que complementase lo descrito en el material audiovisual.



CONCLUSIONES. El video es una de las mejores herramientas para la divulgación de este tipo de contenido. Se crearon videos educativos para el fomento del cuidado del medio ambiente en estudiantes de bachillerato. Las evaluaciones en los estudiantes, revelaron un aprendizaje significativo en torno a lo aprendido con el material audiovisual observado en las aulas y auditorios.

REFERENCIAS.

1. Carnoy, M. (2004). Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos. En: Lección inaugural del curso académico 2004-2005 de la UOC (2004: Barcelona) [en línea]. UOC. [Fecha de consulta: 29/ene/2024]. <http://www.uoc.edu/inaugural04/dt/esp/carnoy1004.pdf.
2. Muñoz P., M., Fragueiro, B., M. y Ayuso M., J. (2013). La importancia de las redes sociales en el ámbito educativo. Escuela Abierta. Revista de Investigación educativa. No. 16., PP. 91-104.
3. Bravo, J. L. (1996). ¿Qué es el vídeo educativo? Comunicar, 6. PP.- 100-105.https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.revistacomunicar.com/index.php%3Fcontenido%3Ddetalles%26numero%3D6%26articulo%3D06199620&ved=2ahUKEwjlium_34aEAxU8PEQIHe3VDjAQFnoECB4QAQ&usg=AOvVaw3SegqnB1RJFKFNTTneTk73.
4. Sandoval, R. J. (2017). Investigación colaborativa y descolonización metodológica con cámaras de video. Universitas, XV (27),
5. Toussaint, A. F. (2009). Historia y políticas de la televisión pública en México. Revista Mexicana de Ciencias Políticas, Sociedad y Política. 51(206). 105-118 pp. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185191820090002000006&lng=es&tlng=es.
6. Jiménez, B. T. (2019). Los videos educativos como recurso didáctico para la enseñanza del idioma inglés. Caso de los estudiantes de educación general básica media de la Unidad Educativa Saint Patrick School. Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. 120 pp.
7. Ortega-Carrillo, J. A. y Pérez-García, A. (2013). El cine digital en la formación inicial del profesorado: una experiencia innovadora realizada en la Universidad de Granada. Educación XX1, 16(2), 297-320 pp.
8. Ausubel, D., P. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. Fascículos de CEIF.1-10 pp. http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educación/Ausubel.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424119

ALTERNATIVAS AMIGABLES CON EL AMBIENTE PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN VILLAS DE LA LOMA, ESTUDIO DE CASO

Brayan Ulices Aguilar Arciga[1], José Luis Abrego Aranda[1], Alba María Ortega Gómez[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1644786d@umich.mx, jose.abrego@umich.mx, alba.ortega@umich.mx,

Palabras Clave: Plásticos, Alternativas, Accesibilidad, Biodegradable.

RESUMEN. La contaminación ambiental causada por los plásticos de un solo uso significativo debido a su larga duración de descomposición (entre 100 y 450 años) y la acumulación de residuos en el medio ambiente. En objetivo de la presente investigación es conocer las alternativas amigables con el ambiente útiles para la sustitución de plásticos de un solo uso y la disponibilidad de las personas a pagar por sustituirlos en la colonia Villas de la Loma, como estudio de caso. Se realizó una investigación bibliográfica para identificar y evaluar alternativas respetuosas con el medio ambiente que puedan reemplazar los plásticos de un solo uso; se aplicaron encuestas que incluyeron preguntas relacionas con la problemática de los plásticos en el medio ambiente, así como la frecuenta en la que utilizan estos productos. Se evaluó la viabilidad económica y la disposición de los consumidores a pagar por productos más sostenibles. Los principales resultados mostraron las alternativas al plástico, como los bioplásticos fabricados a partir de semillas de aguacate, papel PLA, Bagazo de caña y trigo, así como bioplásticos en fase de prueba que están hechos de diversos materiales, entre ellos, cascaras de mango, plátano, papa, desechos pesqueros y algas. Se concluye que hubo una participación muy positiva en la cuestión de disposición para poder pagar y adquirir estos productos. Sin embargo, a pesar de que la mayoría de las personas encuestadas son conscientes de la problemática ambiental causada por los plásticos, pero, aun así, muchos continúan utilizando productos de plástico de un solo uso debido a su conveniencia y accesibilidad económica.

INTRODUCCIÓN. Los plásticos representan posiblemente uno de los materiales más flexibles que ha contribuido significativamente al progreso de la sociedad, gracias a las diversas aplicaciones que ofrecen a los seres humanos. Sin embargo, su utilización y fabricación también conllevan repercusiones negativas, especialmente en los aspectos social y medioambiental. Para reducir la contaminación por plásticos habrá que implementar ciertas medidas y fomentar la cooperación internacional con miras a reducir la producción de plásticos mediante, entre otras cosas, la innovación, un mejor diseño de productos y el desarrollo de alternativas ecológicas, así como iniciativas para mejorar la gestión de residuos y aumentar el reciclaje (OCDE, 2022). En este trabajo, se llevó a cabo una investigación bibliográfica centrada en las alternativas respetuosas con el medio ambiente para reemplazar los plásticos de un solo uso. Se abordó tanto los casos exitosos de implementación como las investigaciones orientadas a proporcionar fundamentos para el desarrollo de soluciones sustitutivas a corto, mediano y largo plazo. Se investigó la disposición económica apagar de la población para optar por adquirir estos productos, así

como explorar, analizar y discutir las diversas opciones disponibles en el mercado con el fin de fomentar un enfoque más sostenible en la gestión de los plásticos de un solo uso.

ANTECEDENTES. La Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible es considerada como una herramienta pedagógica de transmisión de nuevos modelos éticos y actitudinales hacia los ciudadanos para que estos se sientan partícipes del cambio, para que ellos mismos se constituyan en el cambio. El fomento y apoyo a la creación de redes locales, regionales, nacionales e internacionales para tratar de poner en valor la infinidad de iniciativas, propuestas, proyectos, programas, recursos y servicios que, en el ámbito de la educación, están demasiado aislados y son conocidos y útiles para un muy reducido número de usuarios, puede ser una manera válida de potenciar la educación para la sostenibilidad utilizando para ello las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (Novo, 2011). Los plásticos de un solo uso son productos que están hechos principalmente de productos químicos a base de combustibles fósiles (petroquímicos) y están destinados a ser eliminados inmediatamente después del uso, a menudo, en solo unos minutos. Los plásticos de un solo uso se utilizan con mayor frecuencia para el envío y el servicio de comida, como botellas, envoltorios, pajillas y bolsas. Aunque el plástico, es prácticamente una cadena de polímeros sintéticos, que se inventó a mediados del siglo XIX, no fue sino hasta 1970 que su popularidad se disparó. Los fabricantes comenzaron a reemplazar el tradicionalmente envase de vidrio o papel con alternativas plásticas más livianas o duraderas y asequibles; por ejemplo, las jarras de plástico reemplazaron las botellas de vidrio para la leche (NRDC, 2020). Los plásticos son derivados de materiales orgánicos, naturales, como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y, por supuesto, el petróleo. El petróleo es una mezcla compleja de miles de compuestos y debe procesarse antes de ser utilizado. La producción del plástico empieza con la destilación en una refinería, donde el petróleo crudo se separa en grupos de componentes más ligeros, denominados fracciones. Cada fracción es una mezcla de cadenas de hidrocarburos (compuestos químicos formados por carbono e hidrógeno) que difieren en términos de tamaño y estructura de sus moléculas. Una de esas fracciones, la nafta, es el compuesto esencial para la producción del plástico (Plastics Europe, 2024). La contaminación por plástico ha generado un serio problema en el medio marino puesto que se acumula y produce daños en los ecosistemas y en los seres vivos que lo habitan. Se estima que anualmente unos 8 millones de toneladas de plástico acaban en los mares y océanos formándose alrededor de un 80% de los residuos marinos. Estos son arrastrados por los agentes meteorológicos y las corrientes marinas formándose, en consecuencia, enormes “islas” de plástico localizadas en los vórtices de los grandes giros oceánicos; llegando a alcanzar dimensiones de hasta 1.4 millones de km² que cada año aumenta considerablemente (Socas, 2018).

OBJETIVO. Conocer las alternativas amigables con el ambiente útiles para la sustitución de plásticos de un solo uso y la disponibilidad de las personas a pagar por sustituirlos en la colonia Villas de la Loma, como estudio de caso. Conocer las alternativas amigables con el ambiente para la sustitución de los plásticos de un solo uso disponibles a la venta en el mercado en México. Investigar las alternativas viables en fase de prueba para la sustitución de los plásticos de un solo uso. Conocer la disposición de las personas a pagar para sustituir los plásticos de un solo uso por productos amigables con el ambiente en la colonia Villas de la Loma.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proceso de metodología consistió en dos fases. En la primera se realizaron una serie de investigaciones bibliográficas en la cual se documentaron distintos productos amigables con el medio ambiente para sustitución de los plásticos de un solo uso que se clasifico en alternativas en fase de prueba, es decir, todos los productos que sean prototipos recientes hechos a base de material biodegradable, y los productos que ya están a la venta en el mercado y que ya pasaron por distintos estándares de calidad para su consumo.
La segunda fase del trabajo consistió en la aplicación de encuestas tanto a consumidores como a comerciantes del mercado dominical del fraccionamiento villas de la loma situada en el Municipio de Morelia (en el Estado de Michoacán de Ocampo) fuera de la zona aledaña a la zona céntrica de la capital. Posteriormente se realizaron graficas de las respuestas obtenidas de dichas encuestas.

RESULTADOS. Se presentan los resultados de la primera fase de la investigación realizada acerca de los productos amigables con el ambiente útiles para sustituir los plásticos de un solo uso, que se encuentran tanto en fase de prueba como a la venta en el mercado. Productos en fase de prueba: a) Bioplásticos hechos a base de cascara de plátano y mango, b)Bioplásticos hechos a base de papa, c) Bioplásticos hechos a base de residuos pesqueros y d) Bioplásticos hechos a base de algas pardas. Productos en el mercado: a) Bolsas oxo-biodegradables, b) Papel PLA, c) Bagazo de caña y trigo, d) Fécula de maíz y e) Bioplásticos hechos a base de semilla de aguacate. A continuación, se presentan las gráficas con las respuestas de los encuestados con respecto a la disponibilidad a pagar de las personas encuestadas:

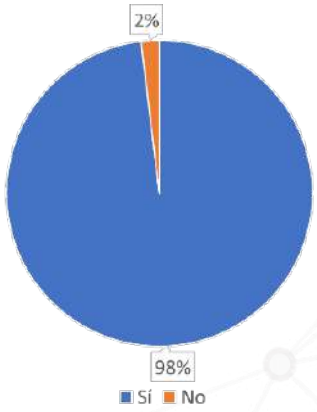


Figura 1. *¿Sabía usted que actualmente existe una problemática ambiental con el unicel y los plásticos de un solo uso?*

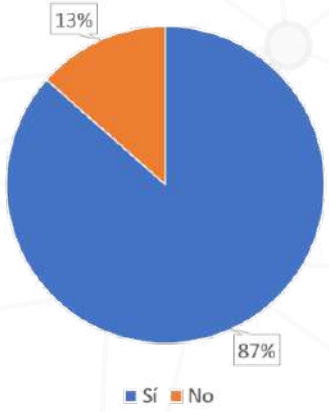


Figura 2. *¿Utilizas productos de unicel como vasos, platos y cucharas desechables*

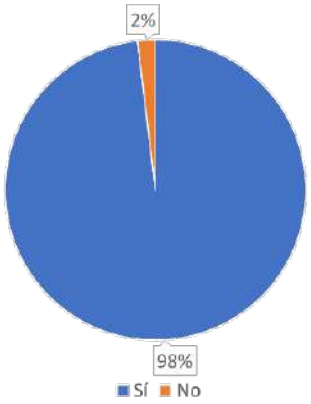


Figura 3. *¿Le preocupa la problemática ambiental por el uso de los plásticos?*

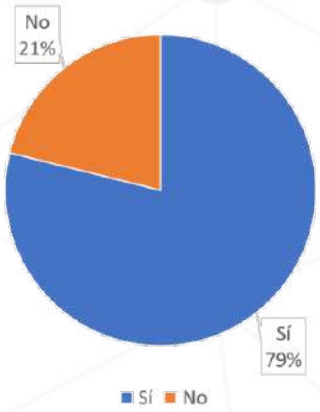


Figura 4. *¿Suele reciclar, reutilizar o reducir los plásticos que utilizas como las botellas de PET, vasos o platos desechables?*

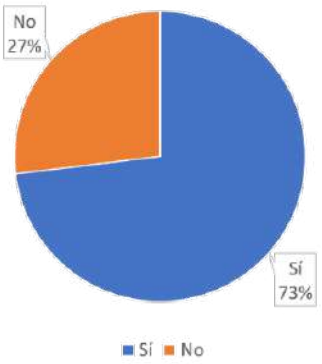


Figura 5. ¿Ha escuchado sobre las alternativas amigables con el medio ambiente al uso de los plásticos?

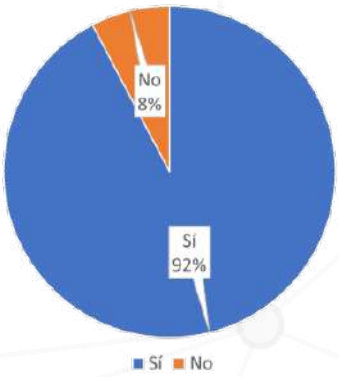


Figura 6. ¿Cómo consumidor, estarías dispuesto a utilizar estás alternativas amigables con el medio ambiente?

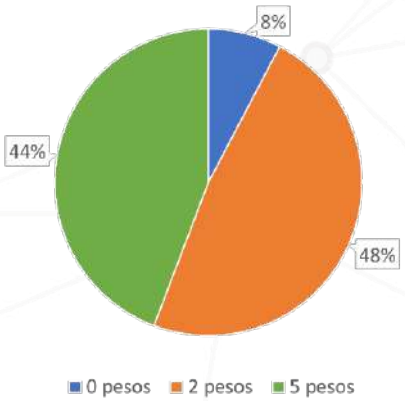


Figura 7. *¿Qué cantidad estaría dispuesto (a) a pagar por que le dieran sus productos en bolsas biodegradables o usar cualquier producto amigable con el medio ambiente?*

En la pregunta de la figura 7, la cantidad a pagar elegida por los encuestados con un 48% es de 2 pesos, seguida de 5 pesos con un 44%, mientras que el 8% restante no están dispuesto a pagar por ellos. A pesar de que mayormente eligieron la cantidad de 2 pesos a pagar por estos productos amigables con el medio ambiente, también hubo una muy buena respuesta por la cantidad máxima que fue de 5 pesos. Lo anterior indica que habría una buena aceptación para adquirir estos productos. La conciencia ambiental abarca los conocimientos, opiniones y percepciones que una persona o grupo posee sobre el medio ambiente, e implica tanto la disposición como la ejecución de acciones dirigidas a la protección y mejora de la crisis ambiental, tanto a nivel individual como colectivo.

CONCLUSIONES. Los productos amigables que se encuentran en fase de prueba la mayoría prometen ser muy efectivos a largo plazo. Sin embargo, se requieren muchas más pruebas para poder llegar a ese punto de consumo, sin mencionar distintas aplicaciones en áreas mucho más grandes para un estudio de mercado más completo. Los desechos orgánicos de muchas frutas como cáscaras, semillas y pulpas pueden ser aprovechados para elaboración de plásticos compostables debido a que muchos de estos residuos contienen polímeros como la celulosa que combinados con otros compuestos se pueden obtener bioplásticos con propiedades similares a los plásticos convencionales con la diferencia de que sean biodegradables y compostables. Las bolsas oxobiodegradables es un producto que se tienen opiniones divididas al respecto, ya que sigue siendo un producto plástico con adictivos para que su tiempo de degradación sea menor al de una bolsa de plástico convencional, pero su degradación perpetua el incremento de los microplásticos. El conocimiento de las personas sobre la existencia de las alternativas amigables con el medio ambiente que sustituyen a los plásticos de un solo es bastante alta, pero es mayormente superado por el conocimiento de las personas que saben sobre la existencia de la problemática ambiental relacionada con los plásticos de un solo uso y la preocupación de esta. En cuanto los productos en venta en el mercado, todos son una alternativa amigable con el medio ambiente al uso de los plásticos. No obstante, la accesibilidad de estos productos puede ser limitada.

REFERENCIAS.

1. Novo, M. (2011). Educación ambiental. Grupo editorial esfinge. https://www.academia.edu/download/89834989/Transatlantica_de_educacion_20 11.pdf.
2. NRDC (2020). Natural Resources Defense Council. https://www.nrdc.org/es/stories/plasticos-solo-uso-101. Ultimo acceso: 13 de enero del 2024.
3. OCDE. (2022). Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Obtenido de: https://www.oecd.org/espanol/noticias/perspectivas-globales-del-plastico.htm. PlasticsEurope. (ed.). https://legacy.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/how-plastics-are-made. Ultimo acceso: 11 de enero de 2024.
4. Socas, G., M. (2018). Contaminación por residuos: islas de plástico. Trabajo de fin de grado. Universidad de la Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España. pp. 65. https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/13438.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424120

BAHÍA MAGDALENA: DIPLOMACIA, PRENSA Y GEOPOLÍTICA EN LAS RELACIONES MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

Olimpia Reyes Pineda
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; olimpia.reyes@umich.mx

La bahía Magdalena está situada en la península de Baja California en el litoral del pacífico. Tiene aproximadamente 45 kilómetros de ancho, es profunda y permite el fondeo de buques de gran calado. Creel Cobián, Enrique C. Creel. Apuntes para su biografía, pp. 187-193.

Palabras Clave: Bahía Magdalena, geopolítica, diplomacia, porfiriato, prensa.

RESUMEN. El objetivo de la presente ponencia es abordar el impacto que tuvo en las relaciones mexicano-estadounidenses el asunto de la Bahía Magdalena. Se pretende analizar las opiniones y reacciones que se generaron ante la expectativa de que el gobierno mexicano extendiese el permiso a su contraparte estadounidense para la realización de prácticas de tiro y utilizar a la bahía como estación carbonífera. En la prensa y en el ámbito de la diplomacia bilateral se dieron fuertes debates. Por un lado, el vecino del norte intentó llevar a cabo la compra de la bahía mientras que la administración Díaz mantuvo su postura de extender un permiso temporal y acotado. Además de que en México, la población en general vio en la ocupación estadounidense de la bahía un episodio entreguista del gobierno de Porfirio Díaz, así como la potencial afectación a la integridad territorial y a la soberanía de la nación. Adicionalmente, nos proponemos mostrar cómo, la prensa norteamericana y mexicana publicaron distintos artículos y editoriales criticando la política exterior mexicana, así como la actitud expansionista de Estados Unidos evidenciando el alto grado de tensión que enfrentaban los operadores diplomáticos porfiristas ante el Departamento de Estado en Washington.

INTRODUCCIÓN. La importancia geopolítica de bahía Magdalena captó el interés norteamericano porque implicaba un enclave vital para la seguridad continental. Por su situación geográfica y sus condiciones naturales tiene un valor estratégico que atrajo la atención de políticos, periodistas, viajeros y escritores. Desde 1883, bajo el gobierno de Manuel González, el Departamento de Estado norteamericano gestionó con el gobierno de México el permiso para establecer en dicha bahía una estación carbonera; no obstante, la petición fue desestimada. Años después, por sugerencia del contralmirante Lestes Anthony Beardslee jefe de la flota del Pacífico de Estados Unidos, en una visita a Acapulco le sugirió al comandante militar del puerto, Eduardo Bermúdez, que gestionara con Porfirio Díaz un permiso para realizar ejercicios de tiro al blanco en la bahía. En efecto, dicha petición fue aprobada por un periodo de 1897 hasta el año de 1903, cuando el gobierno mexicano prohibió que las tripulaciones bajaran a tierra. El asunto de la bahía cobró notoriedad y complejidad con la concesión otorgada a Estados Unidos para instalar una estación carbonífera. Si bien el permiso se había otorgado por un mes, la solicitud para extenderlo debía someterse a la aprobación del Senado de la república. En efecto, el permiso solicitado por el gobierno estadounidense establecía la duración de cinco años. Incluso, el gobierno de Díaz gestionó en entrevista con el embajador Thompson, para que se firmara por tres años tomando en consideración el periodo presidencial. No obstante, meses después se

acordó que el periodo de permiso abarcaba el 1 de diciembre de 1901 al 1 de diciembre de 1910. Con el permiso concedido, se inició un cabildeo por parte de Washington para adquirir la bahía. A decir de la prensa norteamericana, desde julio de 1907 el periódico californiano The Call había publicado que el Departamento de Estado planeaba proponer y formalizar la compra en septiembre de ese mismo año. Sin embargo, el gobierno norteamericano llevó únicamente gestiones para extender el permiso hasta 1910 como anteriormente se mencionó. La reacción de la prensa mexicana de tendencia opositora fue criticar el permiso otorgado. El Diario del Hogar, veía como lógica consecuencia que la concesión del gobierno mexicano se interpretaría como una puerta abierta a la expansión norteamericana y sentenciaba que cada una de esas solicitudes encerraba una amenaza a la integridad nacional. Otro de los órganos que mantuvo una opinión de crítica a la presencia estadounidense en la bahía fue La Voz de México, en un artículo del 24 de marzo de 1908, vislumbraba el escenario de guerra entre Japón y Estados Unidos y evidenciaba que cuando se diera un enfrentamiento armado entre ambos, nuestros país estaría violando las leyes de neutralidad y el gobierno nipón trataría al mexicano como a un enemigo por estar alineado con Washington. Además, aseguraba que la visita de Elihu Root acaecida octubre de 1907, había tenido como objetivo el arrendamiento de la bahía el cual había quedado pactado en la suntuosa fiesta que se había realizado en Chapultepec en honor a Root. Las reacciones no se hicieron esperar, y en el imaginario de los mexicanos quedó presente la idea de un gobierno entreguista y de la venta de la bahía a Estados Unidos. Lo anterior, orilló a la administración Díaz a rechazar las acusaciones declarando que nuestro país no permitiría ni la ocupación ni la venta de la bahía.

ANTECEDENTES. En agosto de 1908, El Imparcial, diario subvencionado y afín al régimen porfirista, fue el encargado de desmentir y acallar las voces de descontento; mediante un largo editorial y a través de entrevistas realizadas a Ignacio Mariscal, Secretario de Relaciones Exteriores y a David E. Thompson, Embajador de Estados Unidos en México, se proponía convencer a los lectores de las buenas relaciones entre ambos países afirmando que ninguno de los dos estaba interesado en realizar un trato de esa naturaleza. Además recalcaba, que si bien había algunos habitantes de Baja California que habían solicitado anexarse a Estados Unidos, dicha solicitud no era tomada en serio por el Departamento de Estado. Cerraba el editorial, llamando prensa amarillista a los diarios que afirmaban los deseos expansionistas del país vecino y los acusaba de propalar falsas noticias. Ante este panorama, la Secretaría de Relaciones Exteriores también instruyó a los consulados mexicanos instalados en la frontera, para que desmintieran el rumor, asentando que "el gobierno de México no puede enajenar ni ceder una pulgada de su territorio nacional, porque se lo veda la Constitución de la República, y los deseos del pueblo mexicano (...) son los de no desprenderse en manera ninguna; ni de la menor parte, de un territorio que legítimamente le pertenece". Por su parte, El Diario del Hogar, el 25 de agosto de 1909, afirmaba que la entrevista que se realizaría entre Taft y Díaz tendría como objeto tratar asuntos relativos a Centroamérica y a la bahía Magdalena. El rotativo afirmaba que Estados Unidos necesitaba de la bahía como consecuencia inmediata de su creciente poderío y de la obra del canal interoceánico. Como bien lo vislumbraba el periódico de Filomeno Mata, desde el momento que Estados Unidos obtuvo la concesión, estudiaron la región tomando en cuenta futuros acontecimientos internacionales. La caricatura que apareció en El Diario del Hogar el 16 de mayo de 1909 es sintomática del interés que revestía el asunto de la bahía. En ella, se aprecia a Elihu Root como emisario de la Casa Blanca en la tarea de gestionar la compra-venta de la bahía, a un Porfirio Díaz a la

expectativa y a Ignacio Mariscal, secretario de Relaciones Exteriores preocupado ante lo que puede visualizarse como un asunto deshonroso para el país. La prensa norteamericana también dio pluma a la noticia. Algunos mencionaban que el gobierno mexicano reformaría la constitución a fin de hacer legal la venta de la bahía y toda Baja California, abonando al ánimo separatista; hubo otros más atinados que referían que la razón del arreglo era que Estados Unidos intentaba artillar la bahía como una base de defensa de sus costas. Existía un rechazo generalizado de la prensa mexicana a la presencia estadounidense en la bahía, no era sino una forma de expresar la oposición a la penetración pacifica que venía dándose en todos los campos de la economía. La cancillería mexicana tuvo que sortear el asunto de la bahía, para ello giró instrucciones a Francisco León para iniciar algunas gestiones sobre el asunto y determinar cuál era la actitud del gobierno estadounidense. El 6 de julio de 1909, León de la Barra se entrevistó con Philander Knox y Huntington Wilson, el embajador mexicano indicó la conveniencia de que se hiciera una declaración a la prensa. De la Barra sugería que el representante de la Prensa Asociada debía mencionar que acudiendo al Departamento de Estado en busca de noticias relativas a la bahía Magdalena, se había enterado que no existían más acuerdos entre Estados Unidos y México salvo los que se habían dado en 1907; que no se efectuaría en lo sucesivo el ejercicio de tiro en la bahía y que el permiso concedido bajo reciprocidad, terminaría en diciembre de 1910. Se buscaba así, una solución aparentemente indirecta, en la que no se mostrara un interés especial por parte de México. Se pensaba que esto contribuiría a calmar el ánimo de la población que, a decir de Limantour, “se han mostrado exageradamente susceptibles en su amor nacional”. La cancillería personalizada en Ignacio Mariscal se mostraba preocupada por el impacto negativo de la opinión pública y consciente de la situación que atravesaba el país, pretendía con esto calmar los ánimos revolucionarios imperantes. En agosto de 1910, por indicaciones de Porfirio Díaz, León de la Barra debía entrevistarse con William Taft y darle a conocer que el gobierno mexicano no renovaría el permiso para permanecer en la bahía, al menos que haya transcurrido un tiempo considerable, y previo estudio de las condiciones, para determinar si era políticamente conveniente otorgarlo nuevamente.

CONCLUSIONES. Siguiendo las instrucciones de Díaz, en noviembre de 1910, iniciado el proceso revolucionario, en conferencia entre De la Barra y William Taft, el último comprendió que no era conveniente solicitar la renovación del permiso de dicha bahía; y aunque el Secretario de Marina, George Meyer, insistía en solicitar una prórroga, la decisión de Taft persistió. Posteriormente, en el mes de diciembre del mismo año, se iniciaron los intercambios diplomáticos entre la cancillería y el Departamento de Estado a fin de que se efectuara el retiro inmediato de los barcos carboneros. La gestión llevada a cabo fue aprobada por Porfirio Díaz, sobre todo porque no se afectaban las buenas relaciones con el gobierno de los Estados Unidos; aunado a la buena disposición que había mostrado William Taft para resolver el asunto. Al respecto, Yves Limantour felicitó a Enrique Creel, Secretario de Relaciones Exteriores, por el término de la cuestión de la bahía Magdalena, “que nos quita una espina que en algunos momentos fue un tanto dolorosa”. No obstante, Creel no había sido quien había otorgado el permiso, el cual era aprobado directamente en el Senado, además de que su gestión como Secretario de Relaciones Exteriores, comenzó apenas en abril de 1910, cuando el permiso estaba a punto de expirar. Y en efecto, la negación de la prórroga encuentra respuesta en la necesidad de evitar dar argumentos a los detractores del régimen, quienes tomaban el asunto de la bahía como bandera para desprestigiar la administración de Porfirio Díaz. La presencia estadounidense en la bahía abonó al sentimiento antinorteamericano, avivó el fuego nacionalista y se convirtió en el

caballo de batalla del Reyismo, como movimiento de respuesta a la política personalista del régimen. Ahora bien, al término de la concesión y después de varias reuniones diplomáticas, el gobierno americano accedió a retirar sus barcos carboneros y cancelar las prácticas de tiro en la bahía. Andrade Jasso explica que días después, el 15 de diciembre, dos buques de guerra japoneses tocaron Manzanillo. Enrique Creel, en su calidad de Secretario de Relaciones exteriores narró el recibimiento de que fueron objeto, "con banda de música y 150 cadetes llegaron hasta la capital del país. El pueblo estuvo galante y tuvo aplausos y ovaciones para para los japoneses". Estos acontecimientos, unidos al éxito de la exposición japonesa y el lugar prominente que ocupó la Embajada Especial de Japón durante las celebraciones del centenario, contribuyeron a que la prensa norteamericana publicara que había tratados secretos entre México y Japón. Andrade Jasso refiere que este supuesto tratado secreto, autorizaría a ese país asiático para el establecimiento de una base naval y una estación carbonífera en la bahía Magdalena, así como diversas concesiones sobre el ferrocarril de Tehuantepec, a cambio de asistencia militar japonesa a México en caso de una intervención estadounidense. Creel consideraba que el gobierno de Estados Unidos no tomaba en serio las publicaciones, pero si se notaba que el Departamento de Estado se encontraba pendiente de la conducta mexicana. Aún más se mantuvo la atención estadounidense cuando circuló un rumor de que Japón propondría a México el establecimiento de una embajada, cosa que preocupaba al embajador norteamericano. Para Enrique Creel era evidente que Japón tenía interés por estrechar relaciones con México, y aseguraba que no sería extraña la llegada de algún ministro japonés para encargarse de la legación como un primer paso para acordar la elevación de la representación a la categoría de embajada. De ser de este modo, Creel consideraba estudiar bien el asunto y consideraba más conveniente que algún país europeo estableciera alguna embajada antes que Japón. Sin tener la certeza, podría incluso decirse que el interés japonés por estrechar relaciones con nuestro país surgiera a raíz del viaje que el periodista José Juan Tablada, realizó hacia Japón en 1909 bajo la venía y financiamiento de Creel, probablemente con el objetivo de desempeñar algunos cargos diplomáticos no oficiales. En efecto, la cancillería mexicana debía considerar si convenía el establecimiento de nuevas embajadas y la correspondiente reciprocidad que implicaba; además de que se debía actuar con prudencia porque esas estrategias podrían no ser gratas para Estados Unidos. Creel pedía a Limantour consejo sobre esta particular fase política a fin de que la iniciativa japonesa no fuera a complicar las delicadas relaciones mexicano-estadounidenses. La respuesta de Limantour llegó desde París el día 7 de febrero de 1911, en ella se congratulaba del acercamiento con Japón y no le extrañaba la actitud norteamericana, más aún porque observó que en los círculos diplomáticos parisinos suponían que México representaría un importante en el "futuro conflicto que creen estallará entre el Japón y Estados Unidos", de esta manera, el secretario de Hacienda vaticinaba que el mundo estaba en la antesala de la primera guerra mundial. Ahora bien, a pesar de que la relación bilateral más importante de nuestro país era y ha sido con Estados Unidos, la etapa de relaciones cordiales entre México y Japón le permitió equilibra o diversificar los efectos negativos de la concentración de la relación con Estados Unidos.

REFERENCIAS.

1. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; olimpia.reyes@umich.mx
2. La bahía Magdalena está situada en la península de Baja California en el litoral del pacífico. Tiene aproximadamente 45 kilómetros de ancho, es profunda y permite el fondeo de buques de gran calado. Creel Cobián, *Enrique C. Creel*. *Apuntes para su biografía,* pp. 187-193.
3. *La Voz de México,* 26 de abril de 1908.

4. Citado en Andrade Jasso, “El drama de la Bahía Magdalena”, p. 38.
5. *El Diario del Hogar,* 25 de agosto de 1909.
6. https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2743/3.pdf, fecha de consulta 25 de abril de 2018.
7. Centro de Estudios de Historia de México CARSO, Fondo CDLIV, segunda serie, carpeta 13, legajo 29, 7 de julio de 1909. Correspondencia entre León de la Barra y Limantour, ff. 1-4.
8. Centro de Estudios de Historia de México CARSO, Fondo CDX, caja 39, exp. 3, Correspondencia entre Porfirio Díaz con Francisco León de la Barra, 5 de agosto de 1910.
9. Centro de Estudios de Historia de México CARSO, Fondo CDLIV, segunda serie, carpeta 8, legajo 76, 7 de febrero de 1911. Correspondencia entre Enrique Creel y Limantour, f. 7.
10. Andrade Jasso, “El drama de la Bahía Magdalena”, pp. 37-42.
11. Valenzuela, *Lira libre,* pp. VIII-XXXVI.
12. Centro de Estudios de Historia de México CARSO, Fondo CDLIV, segunda serie, carpeta 8, legajo 76, 19 de enero de 1911. Correspondencia entre Enrique Creel y Limantour, ff. 1-7.
13. Schiavon, *En Busca de una Nación Soberana,* p. 196.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424123

COMUNIDADES RURALES Y SUS DEFICIENCIAS EDUCATIVAS EN NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES

Maria Itzel Naranjo Trjeo[1], Martha Karina Ramírez Cruz[1]
CESCIJU, UMSN, marthakarinaramirez77@gmail.com, 0617040f@umich.mx

Palabras Clave: comunidades, deficiencia, educación.

RESUMEN. La educación rural en México es un problema que requiere la atención del Estado Mexicano, puesto que varios factores culturales y sociales influyen en el incremento de la deserción educativa y el analfabetismo conllevando como consecuencia a que los menores se sumen a organizaciones criminales por falta de recurso económicos y manipulación por parte d estos grupos, convencido de mejores oportunidades económicas y una vida que el Estado no garantiza.

INTRODUCCIÓN. Desde las primeras formas de organización, en la sociedad prehispánica, el tema de la educación fue una base importante. Es por ello, que las madres llevaban a los niños a Calmécac, para tener una formación educativa, mientras que las niñas, eran preparadas en el hogar para estar al servicio de su esposo, una vez que estas contrajeran matrimonio. Es, pues, que, con la llegada de los españoles, se empezó con un proceso evangelización y con el objetivo de brindar educación a los mestizos de esta época. Ahora bien, para el año de 1917, una vez que se promulgo la Constitución, se reconoció el derecho a la educación en el artículo 3º. Bajo este precepto constitucional, un personaje emblemático, que fue, José Vasconcelos, fundo la conocida secretaria de Educación Pública, en el año de 1921, consciente de que un 85% de la población en el país, vivía en zonas rurales. Por ello, es que surge la importancia de crear, un marco de cooperación entre la federación y las entidades federativas, para garantizar el derecho a la educación. Esto se prevé en el artículo 73. Lo anterior nos permite comprender que aún y cuando exista un mandato constitucional, el tema de la educación no se garantiza como debiera ser. Esto se debe a que existen diferencias estructurales que lo impiden, ya que, niñas, niños y adolescentes no adquieren plenamente una educación idónea. Existen, pues, diversos factores que obstaculizan alcanzar la erradicación del analfabetismo, tales como; la falta de recursos federales, los usos y costumbres, la delincuencia, la economía familiar, y, por consecuencia, cuando llegan de una zona rural a una zona urbana a estudiar, esto presentan problemas, derivado de la política educativa generalizada que impera en el país.

ANTECEDENTES.

TEMA I.- La educación: su historia de relación con el estado. La Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos desde su promulgación ha buscado garantizar y salvaguardar las garantías de todos los individuos de la nación, y en busca de una mejora continua del país, donde existan oportunidades para todos los integrantes de la sociedad, contiene el artículo 3°, q a la letra dice: “Toda persona tiene derecho a la educación… La educación inicial es un derecho de la niñez y será responsabilidad del Estado concientizar sobre su importancia.” (CENADORES, 24).

La constitución es clara al indicar que no hay distinción de género, raza, credo ni economía, así mismo que el gobierno federal, sin importar la administración al poder, tiene el compromiso con la sociedad de proveer instalaciones, medios y docentes actualizados y capacitados para la titánica labor que es la educación infantil. Siendo ratificado este compromiso en la Ley General de los Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes en el artículo 36 fracción II, dando un énfasis en que se deben de realizar acciones para vencer los obstáculos que impidan la igualdad para el acceso y las oportunidades. Pero de ¿dónde surge la necesidad de que los niños reciban una educación básica? "A lo largo de la historia, se han visto en México diferentes maneras de transmitirle a un niño el conocimiento, tales como en el periodo prehispánico (300-1521) donde los niños varones eran llevados al *Calmécac* o al *Telpochcalli* y a las mujeres eran educadas para las artes domésticas y la religión. (LAFARGA, 2016)". Durante la conquista española, la corona española, encomiendo a frailes franciscanos la enseñanza a indígenas de la lengua latina, leer y escribir. Por su parte, vasco de Quiroga fraile franciscano, fundando hospitales que por su atención a las necesidades y con características rurales, son consideradas como el primer sistema de educación rural en México. Hasta que, en el siglo XVIII, surgieron las primeras instituciones laicas, libres de la enseñanza de las instituciones religiosas. Posterior a la guerra de independencia, Valentín Gómez Farías, reformo los modelos de educación, impulsando la enseñanza por maestros y profesores laicos, así como la actualización de carreras científicas necesarias para la modernización de México. Idea reforzada por Gabino Barrera que fue el precursor de la estructura de enseñanza y horas de instrucción de las escuelas públicas, estructura que se sigue manejando en la actualidad. En 1910, con el movimiento de revolución se buscó el mejoramiento de condiciones sociales, una igualdad de oportunidades educativas. Idea que no fue consumada hasta la promulgación de la Constitución Política de 1917 en su Artículo 3° elevándola como garantía social indispensable. En 1921 por decreto presidencial se creó la Secretaría de Educación Pública siendo nombrado J. Vasconcelos secretario de esta. Este al saber que la mayor concentración de población era en la zona rural y la necesidad de alfabetización de esta crea las misiones culturales, con la intención de crear maestros capacitados apoyados por misioneros para llevar la educación a lugares remotos y apartados de país. (GONZALEZ, 2002)

TEMA II.- La educación rural en México. Al 2022, Michoacán hay: 1,381 escuelas prescolares, 739 escuelas primarias y 1,544 escuelas secundarias (entre telesecundarias y secundarias urbanas) rurales. Mientras que 800 localidades, es decir un 9.25%, cuentan con 1 servicio (preescolar, primaria o secundaria), 1,451 localidades, es decir un 16.79%, cuentan con 2 servicios, y 1,407 localidades, un 16.28%, cuentan con los 3 servicios de educación básica. Pero, existe 4,986 localidades, es decir un 57.68% que no cuentan con ningún servicio de educación básica. (MICHOACAN, 2023). De acuerdo a la publicación del 13 de diciembre de 2023 en Diario Oficial de la Federación en el calendario de presupuesto autorizado para el ejercicio fiscal 2024 para la educación es de $439,017,942,697 de los cuales $101,324,222,043 recibe la Coordinación Nacional de Becas para el Bienestar Benito Juárez, por otro lado el recibe $6,015,718,828. Si bien apoyan a la familia, ya sea, aportando recurso económico para la trasladar o llevando la educación a los menores de las comunidades más apartadas. (OFICIAL, 2024). Pero no solo corresponde a la secretaria de Educación Pública el asegurar una educación básica igualitaria y de calidad para todos los menores, puesto que, para acceder a la educación rural, no todos los menores cuentan con un camino y carretera óptima. "Si bien, la educación es un derecho fundamental eso no

implica que todas las comunidades cuentan con caminos idóneos para que los tutores o los menores puedan acudir al centro de educación más cercano. Al 2011 se tenía la estadística de que existían 1,512 km pavimentados y 1,553 km revestidos de caminos rurales y 4,000 brechas mejoradas (ENTIDAD, 2011)". Las comunidades más grandes gozan del privilegio de contar con uno o mas centros educativos, ya que los menores de las comunidades más pequeñas tienen que trasladarse caminando por brechas o bien salir "a bordo de carretera" para tomar un trasporte público para que los lleve a la comunidad donde estudian. Situación que merma la economía familiar, pues, el tutor lleva al menor que estudia el preescolar o la primaria debe de invertir como mínimo 6 pasajes al día. En el supuesto de que el tutor decida caminar para llevar al menor al centro de estudio más cercano, debe de tener en cuenta la hora de salida de su domicilio contra la hora de entrada a clases, a esta alternativa, se enfrenta a la distancia que tiene que recorrer y la situación de seguridad de la zona, motivo que puede influir a la deserción escolar. El COVID -19 vino a revoluciona también la educación, apoyándose en la tecnología para llegar a los menores con las clases virtuales, pero la falta infraestructura en telecomunicaciones es un impedimento para que accedan a este derecho, sin contar que el tener un celular o una tableta especial para el menor, no suele ser una opción de fácil acceso para la familia, sin contar con que hasta la fecha no hay un 100% de viviendas con energía eléctrica. En este espacio de oportunidad, el Consejo Nacional de Fomento a la Educación llevo la educación a las comunidades casa por casa, a través de maestros ambulantes.

TEMA III.- Desigualdad social en las comunidades rurales. "El ingreso económico de la comunidad rural, depende no solo de la agricultura y la crianza de animales de granja, si no también contribuyen las remesas que los migrantes envían a su familiar desde los Estados Unidos, cubriendo las necesidades que la familia pueda tener. Pero no todas las familias cuentan con ese ingreso, y aunque el gobierno ha invertido en programas de ayuda económica, según el INEGI, al 2018 en Michoacán, existen 2,063.0 personas con algún grado de pobreza". (INEGI, 2022). "Repercutiendo en la educación del menor, puesto que la economía en la familia es de suma importancia, pues, el tutor va a dar preferencia a llevar un ingreso económico al hogar antes que considerar el gasto de un traslado o el material para la escuela del menor. Ante esta situación, el menor ya siendo un adulto y jefe de familia, no cuenta con las herramientas necesarias para gozar de oportunidades laborales que ayuden a su economía, y si este no cuenta con el discernimiento necesario para evitar los errores que cometieron con él y su educación se sigue una cadena de deserción escolar. Las comunidades rurales en Michoacán profesan en un 95% de su población la religión católica (MEXICO, 2000)". Si bien, este dato no debería tener importancia por la separación de la educación con el clero, pero a los indígenas se les enseño a través de la religión, aprendiendo gracias a ella normas de conducta y convivencia social, creencias que se han mantenido arraigadas en su cultura hasta nuestros días. La problemática surge cuando las personas llevan la religión a nivel de fanatismo, pues, si bien la educación no solo comprende leer, escribir y hacer cuentas básicas de matemáticas, si no también conocer de las teorías que se contraponen con la creación del mundo y del hombre según la religión. Resultando vulnerado el derecho a la educación para las mujeres de las comunidades rurales donde solo le es permitido cursar la primaria en el mejor de los casos.

IV. Motivos de deserción educativa por cuestiones gubernamentales

IV. I Equidad y calidad educativa. La equidad dentro del campo educativo es promovida regularmente por el estado, campañas que regularmente se promueven enérgicamente sin

embargo no se ve reflejada en las aulas escolares rurales ya que no se obtienen los recursos suficientes para ejercer un buen desempeño laboral y de aprendizaje para los niños y adolescentes en México los cuales impactan directamente en su aprendizaje. El estado no logra cubrir las necesidades básicas siendo los directores institucionales los que llevan la responsabilidad de mantener la escuela funcional para los alumnos pidiendo cuotas como la inscripción o incluso cooperación a los padres de familia por medio de los padres de familia denominados como vocales los cuales se encargan de organizar a los donativos que se reciben de manera voluntaria el cual su objetivo es el funcionamiento de las instalaciones escolares es por esta razón que algunos padres de familia no cuentan con el suficiente dinero para cubrir las cuotas voluntarias y es una de las razones primordiales por las cuales la matrícula escolar disminuye. Equidad en educación implica “educar de acuerdo a las diferencias y necesidades individuales, sin que las condiciones económicas, demográficas, geográficas, éticas o de género supongan un impedimento al aprendizaje”. Así, equidad educativa refiere a tomar en cuenta la desigual situación de los alumnos y sus familias, de las comunidades y las escuelas, ofrecer apoyos especiales a quienes lo requieren, de tal forma que los objetivos educativos sean alcanzados por el mayor número de estudiantes (UNESCO, 2002). (FERNÁNDEZ, 10). Las alternativas que se requieren para lograr la equidad dentro de la educación es buscar alternativas en los cuales los jóvenes y niños obtenga el mismo nivel cultural y las condiciones institucionales para que s Obtenga mayor educación en cuestión de en nuevas tecnologías y adaptar a los alumnos a nuevas oportunidades de aprendizaje sin embargo aún existe comunidades rurales en las cuales no ha llegado la luz eléctrica, impidiendo la equidad dentro de la innovación tecnológica dentro d lea educación como el internet y los TICS, atrasando el conocimiento tecnológico a los niños y adolescentes de las comunidades rurales en l cual no se ha implementado el mismo sistema educativo que en las ciudades.

IV. II.-Propuestas de la SEP para la alfabetización en México. La secretaria d educación pública externa libremente su preocupación por la escasa atención que existe en México y para erradicarla proponen estrategias donde se puede implementar la mejoría de la erradicación de alfabetización en México las cuales son:

1.-Estrategia nacional para la enseñanza de lenguas y culturas indígenas y afromexicanas.
2.- Estrategia nacional para la educación multigrado.
3.- Estrategia nacional para fortalecer a las escuelas como parte del tejido comunitario en contextos urbanos.
4.-Estrategia nacional de lectura.
5.- Estrategia nacional de educación inclusiva.
6.-Estrategia nacional para la atención a niñas, niños y adolescentes en situaciones de migración, interna y externa.
7.-Estrategia nacional con perspectiva de género para mantener a las escuelas libres de violencia y acoso (PUBLICA, 2023)

Dichas estrategias son para lograr un mejor control n contra d la alfabetización en zonas rurales, las cuales integran la multiculturalidad sin embargo a pesar de las diferentes estrategias que s han presentado en la actualidad seguimos perdiendo la batalla en contra de la alfabetización ya que las estrategias propuestas por la SEP no son suficientes para erradicarlas ya que realmente no existen comisiones dedicados exclusivamente a la erradicación de la alfabetización una verdadera ejecución de las mismas ya que las estrategias no logran llegar a las zonas más necesitadas del país donde los niños y

adolescentes no tienen la oportunidad de conocer instituciones donde atiendan sus necesidades ,basando dichas estrategias exclusivamente a lo inclusivo y olvidadnos completamente de las verdaderas necesidades que tienen los niños y adolescentes en dichas comunidades los cuales en distintas ocasiones recurre a la asistencia a escuelas de larga distancia lo cual lo realizan pocos alumnos ya que no todos cuentan con los recursos necesarios para el transporte y se encuentran en zonas de larga distancia por lo que es complicado llegar en su totalidad a todas las comunidades

IV. III Migración en adolescentes y niños. La migración de Niños y Adolescentes ha impactado fuertemente a las comunidades rurales los cuales se ven afectados por las carencias económicas y la falta de oportunidades dentro del lugar donde se encuentran en algunos casos por falta d seguridad que son las principales causas por lo que los niños y adolescentes mudan a otros espacios más seguros en conjunto con sus pares y algunos mejores de edad viajan solos hasta la frontera buscando nuevas oportunidades para mejorar su vida ya que en las zonas rurales carecen de oportunidades los cuales se ve reflejado en el abandono total d algunos pueblos que se convierten en pueblos fantasmas concentrados regularmente en diferentes zonas donde se encontraba en comunidades rurales las cuales no pudieron sobrevivir por la fata de oportunidades o la escasez, mariana una adolescente de 14 años expone en la revista PERSONAS, UNIDAD POLITICAMIGRATORIA REEGISTRO IDENTIDAD DE “Migrar es un viaje difícil, pero también es una aventura, una oportunidad de avanzar, de irnos y encontrar. Migrantes somos todos, en busca de un mejor futuro, y merecemos ser acogidos, con amor y comprensión”. Renata, 14 años, poema “Un hogar por fuera” (PERSONAS, 24). Las propuestas que ofrece el estado para mejorar las condiciones en cuestión de necesidades de las comunidades rurales no son suficientes promulgarlas es preguntarnos el Estado que está realizando para lograr que las propuestas sean ejecutadas para proyectar nuevas maneras de solucionar las carencias dentro de las comunidades rurales, los cuales fomentan la integración de proyectos en los cuales tomen en cuenta a los niños y adolescentes de México.

V. Rezagos educativos a causa de la seguridad pública. Los riesgos dentro de las instituciones públicas en materia de seguridad publica son muy serios ya que algunos grupos delictivos recolectan menores de edad con la finalidad de ofrecerles empleo, amenazado de manera constante en algunos profesores para que no regresen a las comunidades a laborar y d esta manera intervenir n la educación de loes menores de edad. Por la falta d servicios y oportunidades en las comunidades rurales les permite a estos grupos controlar la comunidad rural incluso la educación los menores se encuentran sin ninguna garantía para la protección afectando de manera directa le derecho a la educación y el libre desarrollo de los menores de edad dejándolos vulnerables en la REVISTA DE MEXICO, RED POR LOS DERECHOS DE LA INFANCIA EN MÉXICO: Las niñas, niños y adolescentes que se convierten en perpetradores de violencia son sujetos de diversos factores sociales que representan signos de violencia social en sí mismos. De esta manera, elementos como la discriminación, la carencia de una crianza adecuada, la exposición constante a contextos violentos y la marginación económica o social, son factores que permiten que esta población entre en contacto con pandillas y grupos criminales organizados que eventualmente los adhieren a sus organizaciones violentas. (MEXICO, 2021). La falta de vocación por parte d ellos profesores también forman una parte de fundamental en la actualidad ya que en algunos profesores no quieren correr riesgos o no

de manera directa no pretenden llegar a lugares retiraos como lo son las comunidades rurales.

V. I Secuestros de niñas y niños por el crimen organizado. Las instituciones educativas buscan implementar varias propuestas para así reducir de manera paulatina el reclutamiento de menores de edad y que sepan que existen otras oportunidades no solamente las del crimen organizado, en esta postura se puede percibir que los menores de edad no solamente son reclutados por el crimen organizado sino que también son víctimas de las mismas con promesas de una vida mejor para ellos y sus familias ignorando de esta manera los riesgos de llegar a secuestrar a los menores e intimidar a los profesores por medio de amenazas como ocurrió en Taxco ,Guerrero publicada N+Focus en el cual Susana Sosenski, del Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM manifestó: "**No hay un sistema de justicia que castigue el secuestro**, ni un sistema policial expedito, pronto, que pueda proteger la vida de los menores de edad. Mientras no haya eso se pueden seguir incrementando las penas por el delito y este no se va a reducir... Los secuestros hacia los menores de edad quedan impunes muchos de ellos terminan en las filas del crimen organizado e incluso fallecidos sin embargo el estado s está olvidando de los más vulnera

OBJETIVO. Con el presente trabajo, se busca presentar un panorama de desigualdad ante las comunidades rurales del estado mexicano.

CONCLUSIONES. Los métodos que ha aplicado el Estado en cuestión de educación son métodos fallidos, ya que no proyecta realmente en los alumnos dentro de las comunidades rurales un verdadero apoyo y el abandono que se aplica en las instituciones educativas, y es de manera evidente al grado de que hay menos niños y adolescentes graduados a causa del descuido por parte de las autoridades educativas teniendo un impacto evidente en las futuras generaciones. Dejando en evidencia la falta d apoyo educativo, social y económico que tienen las comunidades más alejadas de la periferia urbana. Dejándolos en un estado de grave vulnerabilidad, a merced de organizaciones criminales, desintegración familiar e impactando de manera emocional en niños y adolescentes.

REFERENCIAS.

1. CENADORES, C. D. (22 de 03 de 24). Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf
2. ENTIDAD, I. P. (2011). Obtenido de https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/economia/infraestructura.aspx?tema=me
3. FERNÁNDEZ, T. B. (10). EQUIDAD EDUCATIVA:. Obtenido de https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_10/ponencias/1852-F.pdf
4. GONZALEZ, I. G. (2002). LA DUCACION NE MÉXICO SIGLO XX. Obtenido de https://ru.iiec.unam.mx/1531/1/LaEducEnMex.pdf
5. INEGI. (2022). INIGI. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Hogares_Hogares_15_9954f9c6-9512-40c5-9cbf-1b2ce96283e4&idrt=54&opc=t
6. LAFARGA, L. E. (2016). UNAM. Obtenido de https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/9/4450/8.pdf
7. MEXICO, P. R. (2000). Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/76/702825498122/702825498122_10.pdf
8. MEXICO, R. D. (2021). OBSREVATORIO NACIONAL CIUDADANO. Obtenido de https://publicaciones.onc.org.mx/public/uploads/doc-reclutamiento.pdf

9. MICHOACAN, G. D. (2023). PANORAMA DUCATIVO DE MICHOACAN. Obtenido de http://www.edumich.gob.mx/web/indicadores_archivos/PANORAMA%20EDUCATIVO%202023.pdf
10. OFICIAL, D. (2024). DIARIO OFICIAL . Obtenido de https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5711274&fecha=13/12/2023#gsc.tab=0
11. PERSONAS, U. P. (13 de Abril de 24). Obtenido de http://portales.segob.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CEM/Publicaciones/Campa%C3%B1as/Mov_en_corto/mc_num_13/mc13.pdf
12. PUBLICA, S. D. (2023). LAS 7 ESTRATEGIAS NACIONALES. Obtenido de https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2023/08/13082023_CONAEDU-AGO-2023_Plantilla-Tenango_soloSEB-estrategias.pdf
13. UNAM. (s.f.). Obtenido de https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3406/4.pdf

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424126

SENDERO INTERPRETATIVO DE AVES COMO ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA LAGUNA DE ZACAPU, MICHOACÁN

Luz Elena Estrada Huerta[1], José Luis Ábrego Aranda[1], Alba María Ortega Gómez[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1635157F@umich.mx, alba.ortega@umich.mx, jose.abrego@umich.mx

Palabras Clave: Senderismo, Aves, Concientización.

RESUMEN. La sobrepoblación global ha aumentado la demanda de recursos naturales, lo que ejerce presión sobre los ecosistemas y causa degradación ambiental. La concienciación ambiental es crucial, y el senderismo se presenta como una herramienta eficaz para conectar a las personas con la naturaleza y fomentar la apreciación y protección del medio ambiente. Esta investigación desarrolló y evaluó un sendero interpretativo de aves en ferias ambientales, centrado en las aves acuáticas y terrestres de la Laguna de Zacapu, Michoacán. Los resultados indicaron que el senderismo fue efectivo para educar y sensibilizar a los visitantes sobre la conservación de las aves.

INTRODUCCIÓN. En la última década, la educación ambiental ha crecido como disciplina para promover la conciencia y el cambio de actitud hacia el medio ambiente en personas de todas las edades. Actividades educativas como el senderismo, talleres y exposiciones son clave para fomentar una mejor relación con el entorno. Esta investigación desarrolló un sendero interpretativo en la Laguna de Zacapu, Michoacán, con el objetivo de informar y sensibilizar sobre las aves locales. El sendero, diseñado con guías de campo, binoculares y señalización específica, se implementó en un área adecuada del humedal para facilitar el aprendizaje al aire libre. Se evaluó su eficacia mediante encuestas que revelaron un aumento en la conciencia de los habitantes sobre la importancia de proteger su humedal y las aves que alberga. Los resultados demostraron que la iniciativa tuvo un impacto positivo, ayudando a los residentes a valorar su laguna y reconocer la necesidad de conservarla. Esta experiencia resalta que conocer y comprender el entorno es fundamental para su protección y conservación. La presente investigación porporcionó una enseñanza positiva a los habitantes de Zacapu, les permitió conocer más sobre su laguna y las aves de la región, es un paso importante para la concientización, dejar las rutas y herramientas necesarias a las personas les ayudará a cuidar y proteger su laguna dejando atrás los mitos y creencias sobre ésta, partiendo del principio de que solo se cuida lo que se conoce.

ANTECEDENTES. Riobueno y Agudelo (2020), en su trabajo diseñaron una ruta ecológica como estrategia pedagógica para promover el conocimiento de la biodiversidad del área. “Resaltando la carga real se desarrolló a partir de las características ambientales y ecológicas de la ruta”. Por otro lado, los impactos ambientales se identificaron a través de la matriz de importancia asociada con el senderismo. Por consiguiente se puede implementar los senderos como recurso educativo, es un motivo por el cual, las escuelas lo toman como técnica para concientizar a los alumnos, esta investigación por parte Alonso y González (2021), “Los senderos como recurso educativo” nos proponen un procedimiento

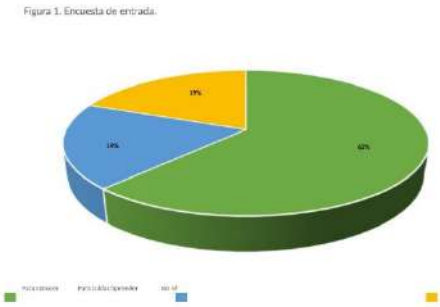
detallado de lo positivo que sería implementar un sendero como recurso educativo en las escuelas, en conclusión los docentes lograron estar de acuerdo ya que se consigue una evaluación de ambos y se puede garantizar un proceso de enseñanza-aprendizaje exitoso y de calidad. Lumbreras (2005), explica en su investigación, “Pasea: senderismo, cultura y naturaleza con Ecologistas en Acción. Una propuesta de Educación Ambiental”. Permite trabajar con la conservación de los recursos de los espacios naturales protegidos de esta provincia, y de otras zonas de interés, desde una actitud abierta y positiva, convencidos de que sólo se cuida lo que se conoce, lo que, a la postre, se termina valorando. La finalidad de la educación, es que el educando adquiera conocimientos, actitudes destrezas, habilidades y hábitos que lo capaciten en sus actividades internas como el pensar, sentir, querer y crear; y en sus capacidades externas como el juego, trabajo, estudio y relación con otras personas; esto permite elegir, comprometerse, decidir y realizar sus proyectos, dando respuesta de acuerdo con las oportunidades a las exigencias que se le plantean en cada situación (Touriñán, 2017).

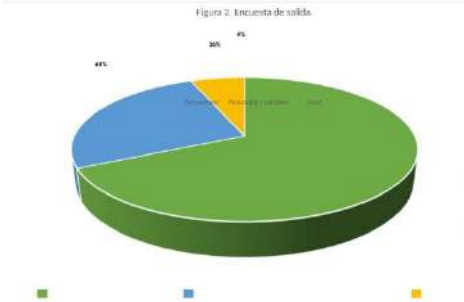
OBJETIVO. Elaborar, implementar y evaluar un Sendero interpretativo como estrategia de Educación Ambiental a manera de estudio de caso para la conservación de las aves de la Laguna de Zacapu, Michoacán. Diseñar material didáctico sobre la importancia de las aves en la laguna Elaborar, implementar y evaluar un Sendero interpretativo como estrategia de Educación Ambiental a manera de estudio de caso para la conservación de las aves de la Laguna de Zacapu, Michoacán. Diseñar material didáctico sobre la importancia de las aves en la laguna

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación es cualitativa y descriptiva, con elementos cuantitativos, basada en un estudio de caso centrado en la Laguna de Zacapu, México. Su objetivo es captar la realidad de la conservación de aves a través de la percepción de los participantes. La investigación incluyó la organización de un sendero interpretativo durante la Feria Ambiental de Zacapu en junio de 2022, donde se realizaron recorridos guiados para observar aves. Se diseñaron carteles, un guion didáctico y se utilizó una guía de identificación de aves. Se registraron 95 visitantes, divididos en grupos de 10, a quienes se les proporcionaron binoculares y guías. Los recorridos, dirigidos por un experto, incluyeron caminatas y observaciones acuáticas. Se aplicaron encuestas antes y después de la actividad para evaluar el impacto educativo. El material didáctico consistió en la elaboración de carteles que llamaran la atención de la gente, así como la impresión de las guías de campo con aves de la región tamaño carta. También se diseñaron y recortaron flechas para indicar la ruta del senderismo para la caminata se diseñaron dos guiones estratégicos mismos que ayudaron a que el guiador conociera y desarrollara el sendero interpretativo.

RESULTADOS. El estudio sobre la observación de aves como estrategia de educación ambiental revela que, aunque los niños y jóvenes y adultos en Zacapu tienen conocimientos ambientales, necesitan desarrollar comportamientos de concienticen (Pasquali, et al., 2010 y López, 2010). Con esto queda claro que, la educación ambiental puede promover la información necesaria para la conservación de la laguna. Las aves son especialmente útiles para iniciar la educación ambiental en contextos urbanos, ya que facilitan la relación con el ambiente y fomentan actitudes de cuidado hacia la naturaleza y los animales. Los resultados de las encuestas de entrada y salida del sendero interpretativo en la Laguna de Zacapu reflejan la efectividad de esta estrategia educativa en la sensibilización y educación ambiental de los visitantes. Una de las preguntas de la encuesta que se les asignó es: ¿Por

qué crees es que importante que se implementen las visitas guiadas en la laguna? A lo que la población de Zacapu contestó lo siguiente:





En la Fig. 1, el 62% de las personas manifestaron su interés en que se implementen las vistas guiadas en la laguna para conocer más sobre su localidad, mientras que el 19% querían las visitas guiadas en su localidad para aprender y cuidarla, por último, el 19% no sabían por qué es importante que se implementaran las visitas guiadas. Mientras que en el caso de la Fig. 2, el 68% querían que se implementaran las visitas guiadas para conocer la laguna mientras que el 26 % de los encuestados querían que se implementara las visitas para cuidarla y aprender sobre su laguna. Finalmente, solo el 6% de los visitantes encuestados no sabían por qué era importante implementar las visitas en su área protegida. La mayoría de las personas comentaban que era bueno que hicieran ese tipo de eventos en su localidad para que las personas se divirtieran y aparte conocieran más sobre lo que tenían, también comentaron que les gustaría saber más sobre las aves para protegerlas, cuidarlas y enseñarles a los demás habitantes. La evaluación general del sendero interpretativo de aves mostró resultados positivos, con un notable cambio en la actitud, mayor concientización y aprendizaje significativo entre los visitantes, quienes mostraron un mayor interés en la conservación de la laguna y su avifauna. El recorrido permitió a los participantes conocer mejor la ecología local, el manejo de recursos naturales y la diversidad de especies. La colaboración del H. Ayuntamiento de Zacapu y el apoyo de organizadores, profesores, tesistas, y voluntarios fue fundamental para el éxito del evento. El área del sendero, bien equipada y con suficiente espacio para carteles y materiales didácticos, facilitó un recorrido cómodo y educativo. Fue especialmente gratificante observar el cambio en la mentalidad de los visitantes hacia el cuidado de las aves y la naturaleza.

CONCLUSIONES. El sendero es realmente necesario en la laguna como un atractivo turístico y para que los visitantes se concienticen para la conservación de las aves. El senderismo funcionó como una estrategia de enseñanza-aprendizaje. Los niños, jóvenes y adultos mostraron interés por conocer sobre las aves y sus hábitats y en concientizar a las demás personas. Los binoculares y guías de campo sirvieron como herramientas para la observación de las aves. La ruta que se implementó es utilizada en la actualidad. Las áreas verdes ayudan a las personas a captar mayor información ya que, hay interés, energía, curiosidad y deseo de explorar. Con las encuestas se comprobó el cambio de actitud que tuvieron los visitantes hacia su entorno. El material didáctico utilizado para llevar a cabo el sendero fue atractivo para captar la atención y el interés de los participantes.

REFERENCIAS.

1. Alonso, P. L y J. González. 2021. Los senderos como recursos educativos. Tesis de licenciatura. Universidad de La Laguna. Los Realejos.
2. Lumbreras, C. V. 2005. Pasea: senderismo, cultura y naturaleza con Ecologistas en Acción. Una propuesta de Educación Ambiental. Revista Científica Técnica de Ecología y medio ambiental. Vol14 (3): 123-134 pp.
3. Pasquali, T. C., M. de L. Acedo de Bueno y P. B. Ochoa. 2011. Propuesta para una estrategia didáctica en educación ambiental: la observación de aves. Educera, 47vol. 15, septiembre-diciembre, 2011, pp. 543-650. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela. [Fecha de consulta 11 de mayo del 2022]. de http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=3562237901.
4. Riobueno, R. A. D. y D. A. Agudelo, L. 2020. Diseño de un sendero ecológico como estrategia pedagógica para fomentar el conocimiento de Biodiversidad, Colegio Juan Pablo Segundo, Villavicencio. Tesis de Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás. Villavicencio. 94 pp. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 2003, México. Pp. 42-63.
5. Touriñán, J. M. 2017. El Concepto de Educación. Carácter, sentido Pedagógico, Significado y Orientación Formativa Temporal. Hacia la Construcción de Ámbitos de Educación. Editorial Revista Virtual Redipe: Año 6 Volumen 12. (42) 9-42 pp.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424130

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS DE VIVIENDA

***María de la Luz Zavala Villagómez*[1]**
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Arquitectura; luz.zavala@umich.mx

Palabras Clave: Vivienda, política de gobierno, metodología.

RESUMEN. La presente investigación realiza un análisis histórico de la formulación de políticas de vivienda y sus resultados en México, lo que permite reflexiones importantes en este ámbito, entre ellas, que las políticas que el gobierno ha llevado a cabo en muchas ocasiones han beneficiado a los desarrolladores de vivienda y no a la población, al permitir una vivienda alejada de los centros urbanos y desarrollada en un contexto con un mínimo de dotación de infraestructura y servicios, aunada a las deficiencias de diseño y calidad de la vivienda, lo que impide un adecuado desarrollo de las actividades cotidianas del usuario, mermando su tiempo libre y su economía. La formulación de las políticas gubernamentales de vivienda se lleva a cabo en nuestro país mediante eventos públicos en los que participan diversos sectores, entre ellos el de la producción de la vivienda, actores clave como cuerpos colegiados y académicos, así como también se hace un llamado al público en general e instituciones que tengan interés en el tema. Dichos eventos se llevan a cabo durante los primeros meses del gobierno federal coordinados por una comisión especial de la Cámara de Diputados. A pesar de que el proceso que se lleva a cabo integra a un número cada vez más amplio de participantes, el proceso muchas veces se realiza sesgado debido a intereses económicos y políticos. En la presente investigación se realiza una propuesta metodológica basada en estos antecedentes, para lograr una política de gobierno en el ámbito de la vivienda que logre ser una representación acorde a las necesidades de los usuarios y no de intereses solamente económicos y políticos, buscando la calidad de vida de sus usuarios y una sustentabilidad en la vivienda y en el desarrollo de las ciudades.

INTRODUCCIÓN. A lo largo de la historia de México, las políticas gubernamentales han buscado mejorar las condiciones de vida de la población, sin embargo, algunas políticas no han logrado el objetivo que se propusieron. Los resultados de dichas políticas ponen a México con situaciones de abandono y desocupación de millones de viviendas, evidencia de sus deficiencias, así como de desarrollos habitacionales alejados de los centros urbanos, lo que ha provocado una extensión de las ciudades desproporcionada y desordenada, con carencias en la dotación de infraestructura y servicios básicos, lo que provoca ciudades con problemas de movilidad y una marginación marcada. Esto evidentemente muy alejado del derecho a una vivienda, ya que muchos desarrollos habitacionales y sus viviendas no logran cumplir con los objetivos de dicha ley y con ello a la definición del acceso a una vivienda digna y decorosa, debido primordialmente a que algunas administraciones en su Plan Nacional de Vivienda han favorecido el desarrollo masificado de viviendas y a sus desarrolladores, empresas particulares, que han monetizado el acceso a la vivienda, buscando para ellos las mayores ganancias económicas y que han dejado de lado el valor social de la vivienda en nuestro país. La política gubernamental de vivienda es entonces el

mayor instrumento de política en México que mediante sus planes y programas permite, o no, un acceso a vivienda de calidad para toda la población. Por tal motivo, este documento realiza un breve análisis histórico de las políticas de vivienda en México y sus alcances, lo que permite evidenciar los aciertos y áreas de oportunidad en cada una de ellas, lo que permite evidenciar sesgos importantes en la toma de decisiones para la formulación de las políticas de vivienda. Este documento concluye en la importancia de una adecuada política gubernamental de vivienda, así homo también hace una propuesta metodológica para la formulación de políticas de vivienda teniendo como experiencia los antecedentes de la política de vivienda en México.

ANTECEDENTES. El en caso de la política de vivienda en México, esta inicia con el emperador Maximiliano el 1° de noviembre de 1865 con la creación del "Decreto sobre la Libertad del Trabajo en la Clase de Jornaleros", en dicho documento se establece que los trabajadores deberán tener acceso a agua y habitación en el artículo 8° (Moreno, 1997: 2). Posteriormente, en el año de 1917 con la creación de la "Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos" se consolida en el artículo 123 el derecho de los trabajadores a contar con habitaciones cómodas e higiénicas (DO, 1917: 158-159).
Esto llevó a la generación de políticas gubernamentales cuyo resultado procuró la creación de diversos organismos, por mencionar algunos:

- En 1933 se crea el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) que financiaba y dotaba servicios e infraestructura.
- En 1943 se crea el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) que ha sido fundamental con relación a las prestaciones sociales de los trabajadores.
- En 1954 se crea el Instituto Nacional de la Vivienda (INVI) cuyo objetivo era atender a los estratos sociales económicamente menos favorecidos.
- En 1963 se crea el Fondo de Operación y Descuento Bancario a la Vivienda (FOVI).
- El Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores se crea en el año de 1972 con la "Ley del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores", cuyo objetivo era dotar de vivienda a los trabajadores mediante sistemas de crédito, viviendas que construía el mismo instituto.
- En 1981 se crea el Instituto Nacional para el Desarrollo de la Comunidad Rural y de la Vivienda Popular (INDECO) que sustituyó al INVI.
- En 1985 se crea el Fideicomiso Fondo de Habitaciones Populares (FONHAPO) que suple al Fideicomiso Fondo de Habitaciones Populares (1981), cuyo fin es financiar la construcción y mejoramiento de viviendas.

Un importante avance en el rubro de vivienda se da en el año de 1983 cuando se modifica la Constitución en su artículo 4° estableciendo el derecho a la vivienda digna y decorosa en cuyo caso el gobierno y la ley establecerán los instrumentos para lograrlo (DOF, 2015: 10). Esta modificación da cabida a la creación de políticas gubernamentales que permitan a la población el acceso a la vivienda, lo que culminó con la creación de la "Ley Federal de Vivienda" promulgada en 1984.
En el año 2006 se define por primera vez los alcances del derecho constitucional a una vivienda digna y decorosa, como lo establece la constitución en la "Ley de Vivienda" que suple a la "Ley Federal de Vivienda" con la creación de la CONAVI (DOF, 2017: 1).

OBJETIVO. Establecer una propuesta metodológica para la formulación de políticas de vivienda.

RESULTADOS. La política de vivienda en México está siempre regida por los sexenios del gobierno federal que se traducen a planes y programas que cada uno de los ONAVIs ejecutan. Las propuestas vertidas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) son el documento eje que rige la administración federal, como lo dispone el artículo 26 de la constitución, que menciona que es un sistema de planeación democrática del desarrollo del país (DOF, 2015: 25).

Por su parte, la Ley de Planeación, menciona que el PND es el documento eje de planeación del país, que requiere un proceso democrático, de deliberación plural e incluyente, que integre las necesidades de todos los sectores sociales, artículos 4° y 20° (DOF, 2018: 3, 27).

El Programa Sectorial de Vivienda se lleva a cabo mediante la elaboración de foros de participación de los principales actores, en donde se recopilan demandas y propuestas, que permite la elaboración de dicho programa por parte del Consejo Nacional de Vivienda, que se denomina Política Nacional de Vivienda y se aloja en el PND (Artículo 4, fracción XII de la Ley de Vivienda, DOF, 2017: 3).

En dicho documento se realiza un diagnóstico nacional del estado de la vivienda, necesidades, deficiencias y cualidades urgentes de solventar, así como del déficit que se tiene en dicho rubro, para posteriormente establecer una serie de estrategias para solventar las problemáticas identificadas.

Sin embargo, pese a la fundamentación para la elaboración de dichas políticas existen sesgos importantes en su planeación, desarrollo y ejecución, aquí se mencionarán solamente algunos casos.

En el periodo federal de Carlos Salinas de Gortari dos acciones mermaron la calidad de la vivienda, por una parte, la modificación a la Ley del INFONAVIT (Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores), que en el año de 1992 permitió el crédito a trabajadores con hasta cuatro salarios mínimos, lo que incrementó el parque de vivienda, pero no benefició a los que más demandaban de dicho bien, al incrementar la demanda (Schteingart y García, 2006: 44-46).

Por otra parte, la modificación al artículo 27 constitucional llevado a cabo en el mismo año, se autoriza la adquisición de terrenos rústicos para asentamientos humanos, así como actividades productivas (Gómez de Silva, 2016:156), lo que generó una urbanización masiva y desordenada de las ciudades.

Durante el gobierno de Ernesto Zedillo Ponce de León fomentó la desregularización y simplificación de trámites (De Diputados, 2000: 247). Lo que llevó a una liberación del mercado de vivienda, convirtiéndolo en un gran negocio inmobiliario que no benefició a la población (Isunza, 2010: 2).

Los periodos de Vicente Fox Quesada y Felipe Calderón Hinojosa continuaron con dichas políticas y vieron la producción de vivienda como un motor económico. El parque de vivienda creció significativamente mediante un desarrollo urbano caótico, generando segregación social en la dotación de infraestructura y servicios básicos (Winograd, 1982: 55).

Enrique Peña Nieto en su Plan Nacional de Vivienda habla de más de 2 millones de viviendas desocupadas o abandonadas, sin embargo, no se frena la industria ni se buscó el ordenamiento territorial, por el contrario, se incrementaron el número de viviendas y el caos urbano.

Por su parte Andrés Manuel López Obrador propone como prioridad la vivienda social que tiene como eje rector el cumplimiento de las obligaciones del Estado relativas a promover, respetar, proteger y garantizar el derecho de la población a una vivienda adecuada

(CONAVI, 2019), cuya población objetivo es las personas con bajos ingresos con rezago habitacional. En sus programas existen todavía deficiencias en el acceso a los sistemas de financiamiento, lo que favorece el mercado de vivienda y la hace más costosa para la población, y la autoconstrucción de vivienda puede generar una serie de deficiencias constructivas, que puede dejar en vulnerabilidad a los habitantes de las viviendas.

CONCLUSIONES. La formulación de una política de vivienda debe partir de un diagnóstico preciso de las condiciones actuales del parque habitacional, desde su estado actual, espacios necesarios para su correcto funcionamiento, evitando el hacinamiento, mantenimiento necesario, dotación de infraestructura y acceso a los servicios básicos, así como el estado jurídico de su tenencia, agregando a dicho diagnóstico el número de personas beneficiadas con los programas actuales y el tipo de personas que son beneficiadas. Esto permitirá identificar las necesidades reales de la población y por qué se les dificulta a aquellas que tienen una deficiencia o aún no cuentan con vivienda poder acceder a apoyos o créditos que les permitan solventar sus necesidades.

Esta parte es quizás la mayor proeza que se debe realizar, pues como se menciona en el documento las políticas de vivienda parten de foros en los que participan primordialmente actores sociales, políticos y económicos con intereses particulares, que no representan significativamente a la población que cuenta con rezago habitacional, lo que sesga las propuestas que se plasman en el Plan Nacional de Vivienda.

Del mismo modo, es importante destacar que la población que cuenta con rezago habitacional tiene como cualidades la falta de acceso a la seguridad social, bajo poder adquisitivo y bajos niveles de formación e incluso analfabetismo, lo que les dificulta el conocimiento de los programas de apoyo y que en muchos casos los hace vulnerables a que las personas se aprovechen de su condición, por lo que tampoco son enterados de los foros de consulta y su participación es limitada.

Bajo dichas características, es difícil establecer un PNV y sus respectivos programas que permitan acceso a dicha población, ya que el financiamiento es casi imposible para dichas personas y los sistemas de fideicomiso están dirigidos a personas que pueden acceder a un crédito.

Este panorama parece establecer un círculo vicioso, en el que las personas que no cuentan con vivienda nunca tendrán las oportunidades para lograr el acceso a una vivienda digna a la que tienen derecho constitucional y humano, sin embargo, la vivienda actual para la mayoría de la población que no cuenta con ella no es accesible y mucho menos asequible.

Otro de los vicios que se tienen en la vivienda es la dotación de infraestructura y servicios básicos, las grandes distancias a las que se encuentra de los centros de población y el alto costo, derivado de la especulación del suelo urbano.

Por dichas razones, el Plan Nacional de Vivienda debe realizarse de forma multisectorial en conjunto con especialistas, dada la complejidad y multifactorialidad.

REFERENCIAS.

1. CONAVI (2019). Programa de Vivienda Social 2019. Consultado el 23 de julio de 2019 desde: https://www.gob.mx/conavi/acciones-y-programas/programa-de-vivienda-social-2019-194345
2. DO (Diario Oficial) (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que reforma la de 5 de febrero de 1857. Poder Ejecutivo. Secretaría de Gobernación.
3. DOF (1984). Ley Federal de Vivienda. Consultado el 3 de mayo de 2015 desde: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/LFV_abro.pdf
4. DOF (2015). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Consultado el 2 de febrero de 2015 desde:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf
http://www.congresobc.gob.mx/w22/legislacion/ConstitucionPolitica.pdf

5. DOF (2017). Ley de Vivienda. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Consultado el 25 de marzo de 2019 desde: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv_140519.pdf
6. DOF (2017). Ley de Vivienda. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Consultado el 25 de marzo de 2019 desde: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv_140519.pdf
7. DOF (2018). Ley de Planeación. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Consultado el 2 de febrero de 2017 desde: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/59_160218.pdf
8. Gómez de Silva C., J. J. (2012). Capítulo IX. Modificaciones al artículo 27 constitucional. En: El derecho agrario mexicano y la Constitución de 1917. Grandes Temas Constitucionales. Secretaría de Gobernación, Secretaria de Cultura, Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM. Ciudad de México.
9. Isunza V., G. (2010). Efectos urbano-ambientales de la política de vivienda en la Ciudad de México. Espiral (Guadalajara), 17(49), 129-159.
10. Moreno B., M. (1997). Enciclopedia parlamentaria de México, del Instituto de Investigaciones Legislativas de la Cámara de Diputados, LVI Legislatura. En: Villegas M., G. y Porrúa. V., M. A. (Coord.) De la crisis del modelo borbónico al establecimiento de la República Federal. México. Serie III. Documentos. Volumen I. Leyes y documentos constitutivos de la Nación mexicana. Tomo II. P. 1017.
11. Schteingart, M. y García, B. (2006). Nuevas políticas de vivienda en México. Nuevas relaciones entre el sector público y privado y retos para el futuro. En: Borjas Benavente, A., & Escobedo, M. B. (Coord.) La vivienda en México: construyendo análisis y propuestas. México: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública/Cámara de Diputados-LIX Legislatura.
12. Winogard, M. (1982). Los ámbitos de la cotidianidad. El barrio: las actividades del tiempo libre. En: Medio ambiente y urbanización, CLACSO, CIFCA, Argentina.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades **ID: CP0424135**

ANÁLISIS DEL CLIMA SOCIAL FAMILIAR EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO

Omar Aguilar Piedra[1], Verónica Arredondo Martínez[2], Karla Silvia Murillo Ruiz[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2019188j@umich.mx
2 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; veronica.arredondo@umich.mx
3 Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; karla.murillo@umich.mx

Palabras Clave: Clima social familiar, estudiantes universitarios, nuevo ingreso.

RESUMEN. El ingreso a la universidad marca una transición significativa para los estudiantes, implica diferentes retos, pues es un momento clave para adquirir conocimientos más específicos, desarrollar habilidades y establecer múltiples relaciones sociales. Dado que la familia es el primer contexto de socialización y sistema de interacciones del ser humano, tiene un impacto importante en la forma en cómo se relacionan los individuos en sus diferentes ámbitos, por lo tanto, la calidad del clima social familiar afecta la adaptación social y emocional de jóvenes universitarios (Ramírez, 2009). El presente trabajo analizó en un estudio con metodología cuantitativa el nivel del clima social familiar en una muestra de 233 estudiantes universitarios de primer año de la licenciatura en psicología de una universidad pública, mediante la escala de Clima Social Familiar (Moos, Moos y Trickett, 1984) y adaptada por Montalvo (2012). Los resultados arrojaron que aproximadamente el 7.29% de los alumnos de nuevo ingreso tienen un nivel alto en el clima social familiar, esto quiere decir que experimentan un ambiente familiar altamente cohesionado, expresivo y con bajos conflictos, 74.68% obtuvieron un nivel medio, indica que perciben un clima social familiar equilibrado, con una combinación de cohesión, expresividad y conflictos moderados, y el 18.03% muestran un nivel bajo, refiere un ambiente familiar menos cohesionado, con dificultades en la comunicación y conflictos más frecuentes. El análisis de los datos indica que hay un menor porcentaje de estudiantes que experimentan un nivel alto en el clima social familiar respecto al nivel medio y bajo, lo que sugiere considerar la aplicación de estrategias e intervenciones para mejorar la cohesión, comunicación y la resolución de conflictos familiares, específicamente en quienes obtuvieron un nivel bajo en la calidad del clima social familiar.

INTRODUCCIÓN. La familia es un grupo social que tiene una función fundamental para el desarrollo y la formación de los hijos, pues es el primer entorno en el que los individuos aprenden valores, normas y formas de comportarse en sociedad; proporcionan habilidades sociales y marcos relacionales, los cuales trascienden a diferentes esferas de la vida. El clima social familiar ha sido identificado como uno de los factores cruciales para el desarrollo y bienestar de los jóvenes en general, especialmente durante la etapa de transición de la educación media superior hacia la superior. Pues, este periodo se caracteriza por cambios significativos en la vida de los estudiantes, debido a que se adquieren nuevas responsabilidades académicas y sociales (Oseda Gago et al., 2020). Es así que la calidad de las relaciones familiares, puede influir directamente en la capacidad que los estudiantes tienen para enfrentar estos desafíos los cuales tienen un impacto

directo en su rendimiento académico y su bienestar emocional (Martínez Chairez et al., 2020). El apoyo y acompañamiento emocional que proporciona la familia contribuye a que los estudiantes puedan afrontar de mejores formas el estrés y la ansiedad asociados a la carga de trabajo académico. Es entonces que un entorno familiar que fomente y procure una comunicación abierta y el apoyo mutuo puede mejorar en gran medida el bienestar emocional de los estudiantes, lo que a su vez se refleja en un mejor rendimiento académico (Martínez Chairez et al., 2020). En este mismo sentido, Claro (2013) menciona que un clima familiar positivo donde existe apoyo emocional, comunicación abierta y cohesión, está asociado a mejores resultados académicos y una mayor adaptación en el ámbito social. Por otro lado, Moreno et al. (2013) explican que un clima familiar negativo, donde predomina la falta de comunicación y el conflicto, puede llevar hacia problemas emocionales y académicos.

ANTECEDENTES. Diversos estudios destacan que un clima familiar positivo donde exista cohesión, comunicación abierta y apoyo emocional, está vinculado a un mayor rendimiento académico y a una mejor adaptación en el ámbito social (Claro, 2013). Así mismo, se ha comprobado que los estudiantes que perciben un entorno familiar favorable tienden a manejar de mejor manera el estrés y la ansiedad, lo que contribuye a que afronten de manera más eficiente las exigencias escolares. Estos factores también permiten relaciones sociales más sólidas y contribuir al bienestar emocional (Martínez Chairez et al., 2020).
Un estudio relevante en este campo es el de Moos, Moos y Trickett (1984), quienes desarrollaron la Escala de Clima Social Familiar, la cual ha sido utilizada en diversas investigaciones. Esta escala permite medir la cohesión, la expresividad y el nivel de conflicto que existe dentro de la familia, estas variables son sumamente importantes para evaluar cómo es la calidad del entorno en el que se desarrollan los estudiantes. Existen investigaciones que han explorado cómo las dinámicas familiares influyen en el rendimiento académico y la adaptación de los estudiantes universitarios. Una de ellas es la de Oseda Gago et al. (2020) en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, a través de un diseño descriptivo-correlacional, que evaluó a 245 estudiantes, encontrando como resultado que un mejor clima social familiar se asocia con un mayor rendimiento académico, mostrando una correlación directa y significativa entre el clima social familiar y el rendimiento académico de los estudiantes de la Facultad de Educación. Otro estudio relevante es el de Claro (2013), quien investigó la relación entre el clima familiar y el rendimiento académico en estudiantes de secundaria y universidad. Encontrando que un clima familiar positivo, caracterizado por la comunicación abierta y el apoyo emocional, se asocia con mejores resultados en el ámbito académico y una mayor adaptación social. Caso contrario, un clima familiar negativo puede llevar a problemas académicos y emocionales, incluyendo altos índices de reprobación y dificultades psicológicas (Claro, 2013). Las investigaciones mencionadas anteriormente permiten visualizar la importancia del clima social familiar en el rendimiento académico y en la adaptación de los estudiantes universitarios. Toda esta evidencia sugiere que tener un entorno familiar positivo puede facilitar en gran medida la transición y adaptación a la vida universitaria, así como contribuir positivamente en el desempeño académico.

OBJETIVO. El objetivo general de este trabajo es analizar el nivel del clima social familiar que presentan los estudiantes de nuevo ingreso de una universidad pública, y sus características según su nivel.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diseño del estudio. Esta investigación se realizó con un enfoque cuantitativo, que permite la recolección y manipulación de datos numéricos, con un diseño transversal, con un análisis de datos descriptivo.

Población y muestra. La población estuvo conformada por estudiantes universitarios de nuevo ingreso de la licenciatura en psicología de una universidad pública, con una muestra de 233 estudiantes, de los cuales 170 fueron mujeres, 56 hombres, 3 se identificaron como no binarios, 3 como personas trans y 1 persona prefirió no contestar.

Recolección de datos. La recolección se llevó a cabo mediante formularios de "Google Forms" los cuales fueron proporcionados a los estudiantes por medio de códigos QR. El formulario inició con un consentimiento informado, una vez que seleccionaban aceptar y continuar iniciaba la escala utilizada utilizada.

Instrumentos. Para este trabajo se utilizó la escala de Clima Social Familiar (FES) de Moos, Moos y Trickett (1984) y adaptada por Montalvo (2012). Este instrumento tiene tres sub escalas que son: cohesión, conflicto y expresividad.

Análisis de datos. El análisis de datos se realizó con la ayuda del programa Jasp en el cual se analizaron los estadísticos descriptivos que se presentan en la tabla 1.

Dimensión	Media	Desviación Estándar
Cohesión	7.65	1.23
Conflicto	4.32	1.89
Expresividad	6.48	1.67
Total	18.45	3.47

Tabla 1. *Estadísticos descriptivos*
Nota: elaboración propia.

RESULTADOS. A continuación, se explicarán los resultados que los análisis arrojaron:

- Cohesión: La media de la subescala de cohesión fue de 7.65 (SD = 1.23), lo que indica que, en promedio, los participantes perciben un nivel alto de apoyo y unión familiar.
- Conflicto: La media de la subescala de conflicto fue de 4.32 (SD = 1.89). Esta puntuación sugiere que existe un nivel moderado de conflicto dentro de las familias evaluadas, lo cual podría ser un área de preocupación dependiendo del contexto específico de la muestra.
- Expresividad: La media de la subescala de expresividad fue de 6.48 (SD = 1.67), indicando que los miembros de la familia tienden a expresar sus sentimientos y pensamientos de manera abierta y franca.
- Total: La media del puntaje total del FES fue de 18.45 (SD = 3.47). Esta puntuación refleja una visión general del entorno familiar, considerando las tres dimensiones evaluadas.

Los resultados mencionan que aproximadamente el 7.29% de los alumnos de nuevo ingreso tienen un nivel alto en el clima social familiar, esto quiere decir que experimentan un ambiente familiar altamente cohesionado, expresivo y con bajos conflictos, 74.68% obtuvieron un nivel medio, indica que perciben un clima social familiar equilibrado, con una combinación de cohesión, expresividad y conflictos moderados, y el 18.03% muestran un

nivel bajo, refiere un ambiente familiar menos cohesionado, con dificultades en la comunicación y conflictos más frecuentes. En la fig. 1 se muestran los porcentajes.

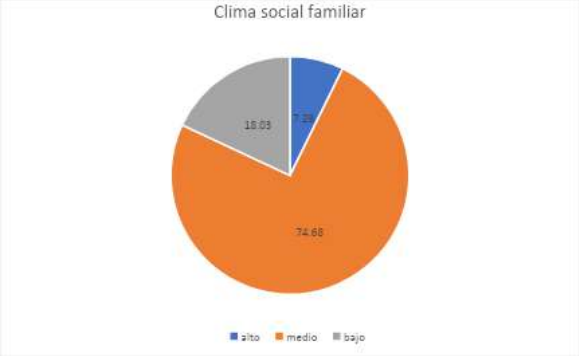


Figura 1. *Porcentaje del nivel del clima social familiar*
Nota: elaboración propia.

CONCLUSIONES. Los resultados del presente estudio proporcionan una visión integral del entorno familiar evaluado a través de la escala de clima social familiar. La alta cohesión y expresividad indican que las familias tienden a estar bien unidas y se comunican efectivamente. Sin embargo, el nivel moderado de conflicto sugiere que hay desafíos en la dinámica familiar que podrían necesitar ser abordados. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han encontrado que la cohesión y la expresividad son características importantes de familias funcionales, mientras que el conflicto puede ser un indicador de posibles problemas en las relaciones familiares. El análisis de los datos indica que hay un menor porcentaje de estudiantes que experimentan un nivel alto en el clima social familiar respecto al nivel medio y bajo, lo que sugiere considerar la aplicación de estrategias e intervenciones para mejorar la cohesión, comunicación y la resolución de conflictos familiares, específicamente en quienes obtuvieron un nivel bajo en la calidad del clima social familiar. En este sentido, el desarrollar intervenciones para que los alumnos puedan identificar y hasta cierto punto, intentar modificar esos marcos relacionales en su familia podría contribuir positivamente tanto en su rendimiento académico como en su bienestar emocional.

REFERENCIAS.

1. Claro, M. (2013). Clima familiar y su relación con el rendimiento académico en estudiantes. Revista de Psicología y Educación, 19(4), 194-210.
2. Martínez Chairez, G. I., Torres Díaz, M. J., & Ríos Cepeda, V. L. (2020). El contexto familiar y su vinculación con el rendimiento académico. IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH, 11, 1-17. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.657
3. Montalvo, S. (2012). Clima Social familiar y su influencia en la autoestima de los pacientes con VIH/SIDA del Hospital Regional de Huacho-Perú. (Tesis de pregrado, Trabajo Social). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión - Huacho – Perú.
4. Moos, R. M., Moos, B. S., & Trickett, E. J. (1984). Escalas de clima social. Madrid, España: TEA Ediciones.
5. Moreno, J., Ruiz, J. O., Hurtado, D. R., & Añaños, M. A. (2009). El rol de la empatía y la actitud hacia la autoridad en la adolescencia. Conrado, 16(77), 1-15.
6. Oseda Gago, D., Ruiz Tejada, J. O., Hurtado Tiza, D. R., & Añaños Bedriñana, M. A. (2020). Clima social familiar y rendimiento académico en estudiantes de una universidad pública de Lima. Conrado, 16(77), 1-15.
7. Ramírez Castillo, M. A. (2009). Familia: escenario de socialización. International Journal of Developmental and Educational Psychology, 2(1), 427-434.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424137

ELIMINACIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN LA COMUNIDAD DE ESTUDIANTES, PROFESORES Y ADMINISTRATIVOS DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA, UMSNH

José Juan Badillo Barajas[1], Alba María Ortega Gómez[1], José Luis Ábrego Aranda[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1635199f@umich.mx, alba.ortega@umich.mx, jose.abrego@umich.mx

Palabras Clave: Plásticos de un solo uso, Educación ambiental, Hábitos

RESUMEN. Los plásticos aparecieron en 1860 como la solución a ciertas las necesidades, y desde entonces se han integrado a todos los ámbitos de nuestra vida, sin embargo, los plásticos son un material extremadamente duradero, y actualmente representan un grave problema ambiental dado que su presencia, además de persistente puede propiciar problemas que van desde la contaminación ambiental (islas de basura), hasta problemas médicos significativos (microplásticos). Los plásticos de un solo uso son: el PET (botellas plásticas), Poliestireno (unicel) y LDPE (bolsas plásticas), materiales que tenemos sumamente presentes en nuestro día a día tanto que los utilizamos principalmente para el consumo de alimentos. El objetivo de la presente investigación es crear conciencia sobre el deterioro ambiental ocasionado por el uso y mal manejo de estos materiales entre los estudiantes de nivel licenciatura. La metodología utilizada es de tipo cualitativo y carácter exploratorio; se centró en la observación del comportamiento de la comunidad de la Facultad de Biología al implementar un programa de Educación Ambiental que los condujera hacia la modificación de sus hábitos de consumo de plásticos de un solo uso. Los principales resultados muestran que en general se observó una tendencia a la disminución de personas utilizando desechables con sus alimentos, tendencia que se mantuvo a la baja tres meses aproximadamente, posteriormente se observó un aumento en el flujo de plásticos dentro del edificio siendo el unicel, las bolsas plásticas, las botellas de PET y cubiertos desechables los productos más observados. A partir de noviembre se activaron nuevamente las campañas situación que resultó nuevamente en una disminución. Las principales conclusiones muestran que haber logrado una influencia mayor en los estudiantes de nuevo ingreso podemos esperar que al paso de las generaciones de la Facultad se logre tener una disminución significativa en cuanto al uso de materiales desechables.

INTRODUCCIÓN. El uso de plásticos de un solo uso como el unicel, el PET y otros tipos, tiene un grave impacto ambiental. Estos materiales no solo afectan al medio ambiente y la fauna, sino que también emiten gases contaminantes y generan microplásticos que afectan la salud humana. A pesar de las advertencias de la ONU, el problema no ha recibido la atención adecuada. En México, la SEMARNAT reportó en 2017 una producción diaria de más de 102 mil toneladas de residuos, y el consumo sigue aumentando. En Ciudad Universitaria, el Programa Ambiental Institucional (PAI) no ha logrado los objetivos deseados en cuanto al manejo adecuado de residuos. En la Facultad de Biología, el uso de materiales desechables es alarmante, sobre todo considerando que, como biólogos en formación, se debería tener mayor conciencia ambiental. El desinterés frente a este

problema es preocupante por lo que esta investigación tiene como objetivo generar conciencia dentro de la comunidad, promoviendo la reducción del uso de plásticos desechables, buscando así que la Facultad se convierta en un modelo a seguir, extendiendo sus esfuerzos a otros niveles educativos para lograr un impacto significativo en la disminución de residuos plásticos a mediano y largo plazo.

ANTECEDENTES. Los plásticos de un solo uso son productos compuestos a base de petroquímicos y están diseñados con el fin de ser desechados inmediatamente después de su uso, éstos se usan con mayor frecuencia para servicios de comida. (NRDC, 2020). Siendo un material prácticamente omnipresente en nuestras vidas, el plástico se produce y desecha a cantidades descomunales con más de 280 millones de toneladas de desechos plásticos de corta vida que terminan en la basura anualmente lo que propicia una acumulación constante de estos materiales causando estragos tanto en el ambiente, la fauna y la salud humana (UNEP, 2023). En 2016, la Alianza de Derecho Ambiental y Agua realizó un estudio en San Pedro La Laguna, Guatemala, donde se implementó el acuerdo 111-2016 que prohibía el uso y comercio de pajillas, bolsas plásticas y productos de poliestireno. La propuesta ciudadana fue respaldada por la participación de todos los sectores, educación ambiental y el liderazgo del alcalde. Se promovió el uso de alternativas amigables con el medio ambiente y se formaron brigadas estudiantiles para vigilar el cumplimiento del acuerdo. Este esfuerzo se replicó en 18 municipios cercanos y, en 2019, llevó a una prohibición nacional de estos productos. Se priorizó la creación de instalaciones para la gestión de residuos, aunque la prohibición inicial ha sido desobedecida en cierta medida, aún tiene un 80% de aceptación entre los pobladores. Rabiu y Jaeger-Erben (2024), realizaron un seguimiento de 20 personas incentivadas a reducir el consumo de plásticos de un solo uso. Se observó una tendencia a la disminución, pero el entorno de los individuos limitó este cambio. La falta de productos sin envases adecuados y la comodidad de los plásticos de un solo uso en situaciones específicas obstaculizó la transición. Se concluyó que, aunque los individuos pueden optar por alternativas, las políticas que impulsen a las grandes empresas hacia embalajes ecoamigables son más efectivas. Esto proporcionaría a los consumidores opciones sostenibles cuando el uso de plásticos desechables sea inevitable, dando mejores resultados al ofrecer más posibilidades al consumidor.

OBJETIVO. Crear conciencia sobre el deterioro ambiental ocasionado por el uso y mal manejo de estos materiales entre los estudiantes de nivel licenciatura.

OBJETIVO PARTICULARES. Concientizar a la comunidad estudiantil de la Facultad de Biología respecto a la problemática de la utilización de plásticos de un solo uso. Promover el uso de recipientes perdurables para el consumo de los alimentos y la eliminación del uso de plásticos desechables. Conocer la perspectiva de profesores y estudiantes acerca de la eficacia y aplicación del programa de eliminación de plásticos de un solo uso de la Facultad de Biología. Conocer la perspectiva del personal de intendencia acerca de la eficacia del programa de eliminación de plásticos de un solo uso.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo de investigación fue realizado en la Facultad de Biología de la UMSNH, siendo de un tipo cualitativo y carácter exploratorio comprendió una serie de actividades que ayudaron a conocer las perspectivas de los individuos al incentivar un cambio en sus hábitos de consumo respecto a los plásticos de

un solo uso, tales como la observación directa llevada a cabo de manera quincenal, charlas sobre el impacto ambiental de los desechables tanto a nuevo ingreso como a grupos avanzados y los cuestionarios a los diferentes sectores de la comunidad de la Facultad y la divulgación tanto en redes sociales como mediante lonas colocadas en los edificios pertenecientes a la Facultad. La información recabada fue tabulada y presentada en gráficas para su interpretación.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos muestran que al comienzo del semestre se consiguió una disminución en el consumo de los plásticos de un solo uso tanto para el turno matutino como el vespertino, disminución que se mantuvo durante tres meses y se vio mermada hasta el mes de noviembre, mes en el que se repuntó la disminución, información que coincide con lo afirmado por el personal de intendencia (Fig.1).

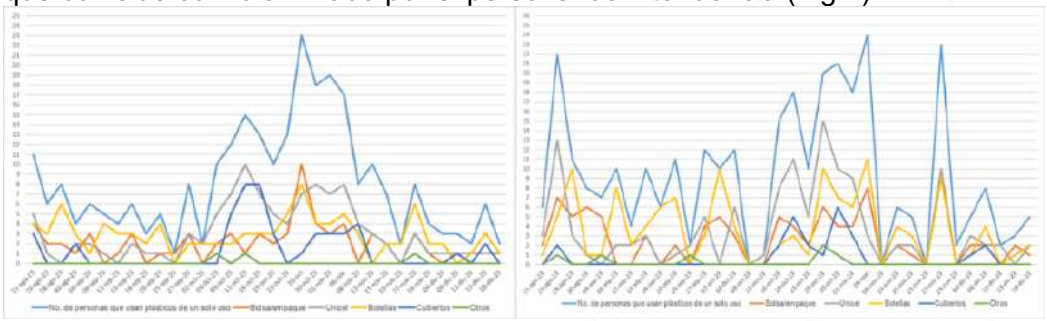


Figura *SEQ Figure * ARABIC 1. Flujo de plásticos de personas haciendo uso de plásticos de un solo uso en la Facultad de Biología turno matutino (Izquierda) y turno vespertino (derecha).*

También se observó que, aunque los estudiantes tienen alguna información sobre el efecto negativo de los desechables no todos tienen una disposición a portar sus propios recipientes para participar en el programa siendo los de nuevo ingreso los más dispuestos a participar, lo que se vio reflejado en el día a día y mediante redes sociales (Fig. 2)



En contraparte, en el cuestionario aplicado se revela que, para una porción de los estudiantes el programa fue aplicado de manera forzada e incluso llegan a opinar que menos de la mitad de la comunidad o nadie sigue la modalidad libre de plásticos (Fig. 3).

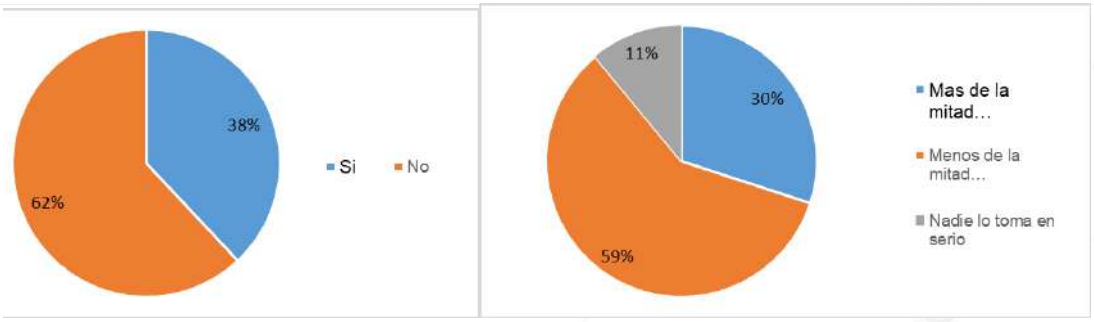


Figura 3. *A la Izquierda: Porcentaje de alumnos que consideran que el programa fue aplicado adecuadamente. A la derecha: Perspectiva de los estudiantes respecto al cumplimiento del programa.*

Respecto a los docentes, la mayoría afirma en la teoría estar de acuerdo y ser activos en el programa de plásticos de un solo uso, no obstante, de manera similar a los estudiantes, en la práctica no se logró observar una participación ideal, incluso de forma contraproducente hubo una porción de docentes en contra del programa o que no tenían interés de participar en el mismo ni consideraban que fuera un programa importante como ejemplo para otras Facultades (Fig. 4), aun cuando se considera a los docentes un pilar importante en la formación ambiental de los alumnos.



Figura 4. *A la izquierda: Porcentaje de docentes dispuestos a participar en el programa de eliminación de plásticos de un solo uso. A la derecha: Porcentaje de docentes a favor (azul) o en contra (naranja) de que el programa sea importante como ejemplo para otras Facultades.*

Como punto positivo el programa de eliminación de plásticos de un solo uso cabe destacar que este impactó en otras Facultades, departamentos, preparatorias e incluso dependencias externas a la universidad, provocando que tuvieran intenciones de replicar el programa o incorporar actividades que los encaminen a dejar de usar desechables en sus centros de trabajo, así como a divulgar la información correspondiente en talleres de difusión.

De un modo similar y dentro de la Facultad de Biología, durante el periodo de observación se llevaron a cabo bazares organizados por el consejo estudiantil de la Facultad misma, con la característica de que los puestos en donde se vendían alimentos optaban por servirlos en alternativas como hojas de maíz o trastes perdurables para reemplazar a los desechables, lo que llamaba la atención de los estudiantes que transitaban la zona. (Fig. 5)




CONCLUSIONES. Se logró sensibilizar a los estudiantes de nuevo ingreso, consiguiendo que en su mayoría reemplazaran los desechables por termos y trastes perdurables. Se observó una disminución parcial de plásticos de un solo uso, pero, a su vez también resistencia por parte de profesores y alumnos de grados avanzados. Se consiguió generar interés por parte de las autoridades universitarias en replicar el programa de eliminación de plásticos de un solo uso a una escala mayor. Es necesario un mayor compromiso de parte de las autoridades escolares para brindar facilidades que lleven a los estudiantes a ver práctico el uso de recipientes perdurables. Es importante lograr políticas que lleven al reemplazo de materiales como el unicel por alternativas que sean verdaderamente biodegradables y no representen un impacto negativo al ambiente.

REFERENCIAS.

1. Alianza de Derecho Ambiental y Agua (2016). Reducción de plásticos: el caso de San Pedro La Laguna. Serie estudios de caso basura cero en América Latina y el Caribe: reducción de plásticos.
2. Natural Resources Defense Council (2020). https://www.nrdc.org/es/stories/plasticos-solo-uso-101. Ultimo acceso: 21 de Junio del 2024.
3. Rabiu, M. K., y Jaeger-Erben, M. (2024). Reducing single-use plastic in everyday social practices: Insights from a living lab experiment. Resources, Conservation and Recycling, 200, 107303.
4. SEMARNAT. Contaminación por plásticos en el océano. Cifras alarmantes. Secretaría de Marina y Recursos Naturales. Disponible en: https://www.gob.mx/semarnat/articulos/contaminacion-por-plasticos-en-el-oceano-cifras-alarmantes. Último acceso: 24 de junio del 2024.
5. UNEP. (2023). Todo lo que necesitas saber sobre la contaminación por plásticos. https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-contaminacion-por-plasticos. United Nations Environment Programme. Ultimo acceso: 21 de Junio del 2024.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424138

CONCIENTIZACIÓN PARA LA ELIMINACIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN EL COLEGIO PRIMITIVO Y NACIONAL DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO DE LA UMSNH

Josue Zavala Barrera[1], Alba María Ortega Gómez[1], José Luis Ábrego Aranda[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1644786d@umich.mx, alba.ortega@umich.mx, jose.abrego@umich.mx

Palabras Clave: Crisis climática, plásticos de un solo uso, microplásticos.

RESUMEN. En la actualidad, el planeta enfrenta la mayor crisis climática y la pérdida de biodiversidad que haya presenciado la humanidad; ambas problemáticas se agravan debido a la abundancia y mal manejo de los desechos plásticos que permanecen en la naturaleza entre cientos y miles de años. Los plásticos de un solo uso tienen un gran impacto negativo en el ambiente, los efectos que causan y las cantidades que se emiten son verdaderamente preocupantes dado que estos, además de los efectos directos que tienen sobre el medio y la fauna, tienen efectos colaterales como la emisión de gases y la producción de microplásticos, que descubierto recientemente, tienen efectos severos sobre la salud. El objetivo de la presente investigación es concientizar y sensibilizar a los estudiantes y profesores del Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo sobre el deterioro ambiental ocasionado por el uso y mal manejo de recipientes desechables y plásticos de un solo uso. La investigación es de tipo descriptiva de carácter cualitativo con elementos cuantitativos. Se diseñaron letreros y lonas informativas con el objetivo de invitar tanto a los alumnos como a los docentes a ser partícipe del programa bajo la premisa de que la conservación debe ser representada con nuestra acción, así mismo se llevaron a cabo ferias ambientales, talleres y conferencias, todas relacionadas con la problemática de los plásticos. Los principales resultados muestran que los estudiantes tuvieron un gran cambio de actitud con respecto al uso de los plásticos de un solo uso. Las principales conclusiones muestran que se observó un aprendizaje significativo en los estudiantes sobre la problemática existente debido al mal manejo de los desechos plásticos.

INTRODUCCIÓN. A nivel mundial, cada año se generan alrededor de 13 millones de toneladas de residuos plásticos (fibras textiles, pellets industriales, bolsas, botellas, juguetes, equipos de pesca, boyas, entre otros artículos) los cuales terminan en los océanos. Los desechos plásticos mal manejados, hacen estragos en la biodiversidad marina. Diversas investigaciones científicas han documentado este impacto negativo y se calcula que cada año mueren por esta causa, particularmente debido al enredo con los desechos o a su ingestión, más de cien mil mamíferos marinos y más de un millón de aves, así como una de cada tres tortugas marinas (Rivera et al., 2020). La contaminación por plásticos en los ecosistemas acuáticos ha crecido en los últimos años y se prevé que se duplique para 2030, provocando problemas en la salud, la economía, la biodiversidad y el clima. El Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo, al igual que muchos espacios educativos enfrenta un severo problema con respecto a la utilización de plásticos de un solo uso debido a las grandes cantidades que se generan diariamente en sus instalaciones; como estudiantes, se debe preocupar en cierta medida por el medio

ambiente, ya que no se toma acción en contra del uso de materiales que representan un impacto negativo al ambiente.

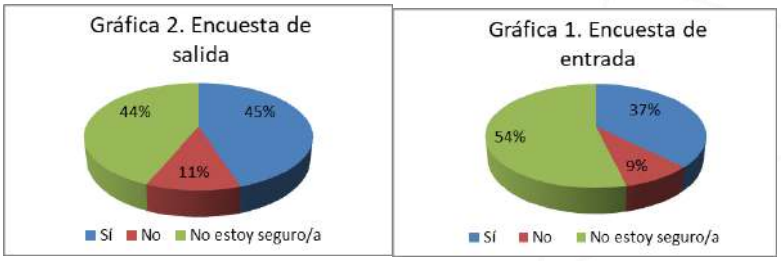
ANTECEDENTES. La producción mundial de plásticos supera los 380 millones de toneladas anuales, y dado que más del 90% de estos se produce con resina virgen a partir de la transformación de los derivados del petróleo, representa más del 6% del consumo mundial de este hidrocarburo. Es evidente que reducir la producción de plásticos es determinante para alcanzar las metas de disminución de emisiones desde su origen, el uso de combustibles fósiles (Rivera et al., 2020). SEMARNAT (2023) ha estimado que en México se emplean 280,000 toneladas al año de agroplásticos, compuestos principalmente por polietileno, polipropileno, poliestireno, policloruro de vinilo, policarbonato y polimetacrilatos. En el estado de Michoacán, las autoridades de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente tienen identificados a más de 10,000 tiraderos de basura a cielo abierto con 3,500 toneladas de desperdicios que diariamente se generan en la entidad, de los cuales, el 75% es material potencialmente reciclable y el resto, forzosamente tiene que ser sepultado. Lamentablemente la separación y el reciclaje de los desechos es una práctica que simplemente no se lleva a cabo, por lo que los tres niveles de gobierno, el federal, el estatal y el municipal, han determinado unir sus fuerzas para reforzar la educación como herramienta básica para promover la separación y el reciclado de los desechos, con el fin de abatir el impacto ambiental que representa el inadecuado manejo de la basura (Espitia et al., 2009). En el municipio de Morelia, Michoacán se confinan con apego a la normatividad ambiental aproximadamente 700 toneladas de residuos sólidos urbanos diariamente. Se estima que del total de residuos que llegan al relleno sanitario el 60% es materia orgánica, el 25% es material reciclable y solo el 15% son residuos sanitarios, por lo que cada uno de nosotros contribuimos con aproximadamente 1 kilogramo de residuos por día (H. Ayto. de Morelia, 2022).

OBJETIVO. Concientizar a la comunidad del Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo respecto a la problemática de la utilización de plásticos de un solo uso. Promover la eliminación efectiva del uso de estos materiales en el Colegio y promover el uso de recipientes perdurables para el consumo de los alimentos. Evaluar el aprendizaje significativo por parte de los estudiantes sobre la problemática del mal manejo de los desechos plásticos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se diseñaron y difundieron materiales informativos con el objetivo de invitar a los alumnos y profesores a ser partícipe del programa bajo la premisa de que la conservación debe ser representada con nuestra acción; una lona y cuatro letreros informativos. La lona se colocó en el jardín principal del Colegio sobre el segundo piso para que sea visible para todo público y los letreros se colocaron en distintos puntos estratégicos del Colegio en los que se indica la prohibición del uso de plásticos de un solo uso, así como condición de edificio/espacio libre de unicel y materiales desechables. También se llevaron a cabo ferias ambientales, talleres y conferencias, todas relacionadas con la problemática de los plásticos. Se diseñaron dos cuestionarios como instrumento de evaluación para recabar información acerca del conocimiento de la problemática ambiental generada por el mal manejo de los plásticos de un solo uso por parte de los estudiantes del Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo. Estos fueron aplicados a 80 estudiantes al azar durante el desarrollo de las ferias ambientales; un cuestionario de entrada y uno de salida

para corroborar en qué nivel de sensibilización se encuentran y así mismo, evaluar el aprendizaje adquirido con las actividades realizadas.

RESULTADOS. Se presentan los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes durante el desarrollo del taller “Adivina cuantos años viviré”.
Pregunta 1. ¿Conoces los diferentes tipos de plástico?



Pregunta 2. ¿Consideras que los plásticos representan una problemática importante?



Pregunta 3. ¿Con qué frecuencia utilizas los plásticos desechables?



Resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los estudiantes durante el desarrollo del taller “Clasificación de los plásticos”.
Pregunta 1. ¿Sabes qué son las alternativas amigables para sustituir los plásticos de un solo uso?



Pregunta 2. ¿Te parecen buena idea utilizar alternativas amigables con el ambiente para sustituir los plásticos?





Pregunta 3. ¿Sabes de qué manera afectan los plásticos al ecosistema?





Los resultados de las encuestas muestran que los estudiantes tuvieron un cambio de actitud con respecto al uso de los plásticos de un solo uso después de llevar a cabo las diversas actividades de educación ambiental desarrolladas en el Colegio de san Nicolás. En el taller "Clasificación de plásticos" se presentó información acerca de las alternativas amigables para sustituir los plásticos de un solo uso y el beneficio que existe al llevarlas a cabo en nuestra vida cotidiana. Quedó de manifiesto la necesidad de sustituir los plásticos de un solo uso, mismos que han aumentado actualmente debido a nuestros hábitos de consumo. Es urgente evitar el uso y desecho de plásticos desechables optando por comprar a granel, llevar nuestros recipientes, utilizar bolsa de tela reutilizables, siempre llevar nuestro termo y tópers, entre muchas otras acciones comenzando por aquellas que resulten más simples de suplir.

CONCLUSIONES. El instrumento de evaluación permitió obtener información valiosa, ya que se incluyeron preguntas que brindaron información al respecto, cuentan con los conocimientos básicos acerca de la problemática existente por los plásticos y saben de qué manera afectan estos al ecosistema, existe buena actitud ya que opinan que sí se puede disminuir el uso de plásticos desechables; y por consecuencia existirán cambios positivos en el ecosistema, se considera una buena idea emplear las alternativas amigables con el medio ambiente para sustituir los plásticos de un solo uso y que si se llevan a cabo estas, existirá un impacto significativo y positivo en el ambiente, se observó que la mayoría de los estudiantes y profesores, transportan sus bebidas y alimentos por medio de tópers y termos y en general, los estudiantes se mostraron interesados en sumar esfuerzos respecto a las acciones necesarias para la eliminación de plásticos de un solo uso en el Colegio de San Nicolás.

REFERENCIAS.

1. Espitia M., I. C., Pedraza R., O. H. y Salgado M., T. (2009). Envases, empaques y embalajes: Un manejo sustentable en Morelia, Michoacán, México. En: La competitividad como estrategia en época de crisis. ISBN 9789707649538.

2. H. Ayto. De Morelia (2022). Sesión Ordinaria No. 39/22. Gaceta Municipal. Disponible en: file:///C:/Users/Ideapad%20300/Downloads/GACETA%20-%20Produccion%20de%20residuos%20en%20Morelia.pdf.
3. Rivera G., O. O., Álvarez F., L., Rivas M., Garelli., R. O., Pérez C., E. y Estrada., S. N. (2020). Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas. Greenpeace México.
4. SEMARNAT. (2023). Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica (INFCP). Primera edición. Resumen ejecutivo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424139

EL DESACATO DEL ESTADO MEXICANO HACIA LA FUNCIÓN CONTENCIOSA DE LA CORTE INTERAMERICANA TRADUCIDO EN UN IMPACTO JURÍDICO-SOCIAL

***Cristian Alberto López Rodríguez*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2352885e@umich.mx

Palabras Clave: Jurisprudencia Interamericana, Reparación Integral del daño, Corte Interamericana.

RESUMEN. La función contenciosa ejercida por la Corte Interamericana ha representado un mecanismo de garantía hacia la reparación integral del daño a víctimas de violaciones graves a derechos humanos; en el caso mexicano, hasta este momento, de las catorce sentencias condenatorias para México, permanecen doce pendientes de cumplimiento. Entonces, pese a la existencia de un bloque de constitucionalidad tras la reforma constitucional en materia de derechos humanos del año 2011, en la cual se enmarca en rango constitucional la obligatoriedad de los tratados en materia de derechos humanos y las obligaciones específicas del Estado en dicho rubro, existe una ausencia de voluntad política que propicia que, las medidas restitutivas, de satisfacción y no repetición plasmadas en los puntos resolutivos de las sentencias, no generen un beneficio real para las víctimas y la sociedad, generando de esta manera que, el incumplimiento del Estado mexicano contravenga un obligación claramente delimitada y no se le brinde contundencia y seriedad a la vertiente de obligatoriedad que posee la Corte Interamericana para los Estados que se han sometido a su jurisdicción. El impacto generado ante el incumplimiento se traduce en uno de tipo jurídico-social en razón de las problemáticas sociales que acontecen en la sociedad respecto a los hechos presentes en los casos de la Corte y en donde dicho desacato permea en la incidencia de las mismas.

INTRODUCCIÓN. En el camino hacia la construcción conjunta de paz en América, la OEA, a través de la Corte Interamericana de Derechos Humanos (Corte IDH), ha representado un contrapeso hacia causas sociales importantes a través de resoluciones paradigmáticas que enmarca una expectativa de reparación integral del daño respecto a las vulneraciones graves a derechos humanos. La presencia de un órgano contencioso que posee obligatoriedad en cuanto a la emisión de sus sentencias, se encumbra como la posibilidad de aproximar a grupos en situación de vulnerabilidad a la justicia social, entonces, el esfuerzo por parte de los Estados en la cumplimentación de sentencias es fundamental. En la presente propuesta se expone un incumplimiento de sentencias por parte del Estado mexicano, problemática que invita al análisis con una visualización del goce eficaz de derechos humanos en dirección a condiciones sociales idóneas para todas las personas.

ANTECEDENTES. Tras la Segunda Guerra Mundial, existió un exponencial desarrollo de los organismos internacionales en materia de derechos humanos; en razón de dichos sistemas de protección, se posee un Sistema Universal de Derechos Humanos tras la

emisión de una Declaración Universal de Derechos Humanos (1948). En el supuesto de los sistemas regionales, a nivel continental en América, se cuenta con la presencia del Sistema Interamericano que encuentra su catálogo de prerrogativas en la Convención Americana sobre Derechos Humanos que se regula por medio de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos y la Corte Interamericana de Derechos Humanos. Los intentos por organizar los Estados en la región en un cuerpo cooperativo internacional tienen sus orígenes en la era de las independencias nacionales en la primera parte del siglo XIX. La adopción de la fundacional Carta de la Organización de los Estados Americanos (OEA) en 1948 debería entonces verse a la luz de más de un siglo de relaciones interamericanas que determinaron las normas y principios adoptados en la Carta de la OEA (Engstrom, 2015, p. 457). El álgido panorama de la posguerra propició la colaboración recíproca hacia el camino a relaciones internacionales estables, pero, los organismos internacionales no se estancaron en un mero desarrollo de relaciones internacionales de índole política, sino que se ponderó el bienestar social de los habitantes de estos Estados como aspecto crucial del desarrollo mutuo. La problemática en la cimentación de dichas instituciones supranacionales se origina tras la ausencia de voluntad política de las naciones; claramente, la discusión de la soberanía suele ser un tema latente a nivel interno en los Estados, pero, es necesario partir que esta supuesta intromisión de los entes internacionales es en favor de mejorar las condiciones de vida de las personas que habitan estos territorios, al respecto Méndez aporta lo siguiente: El ambiente político juega a veces en contra. El discurso sobre los derechos humanos puede alcanzar acentos emotivos y declamatorios pero a la hora de los acatamientos no faltan gobernantes que miran hacia otro lado. Cuando sesiona la Asamblea General de la Organización de los Estados Americanos, el representante estadounidense se levanta circunspecto de su asiento y se retira cuando en la agenda toca el turno del Informe de la Corte (Méndez, 2014, p. 734). La ambigüedad de la normatividad internacional y en específico la interamericana, representa un margen de discrecionalidad importante en razón del cumplimiento eficaz de las sentencias emitidas por la Corte Interamericana. Es destacable que, el Sistema Interamericana posee un proceso de supervisión de sentencias débil en cuanto las implicaciones que existen en caso de haber un incumplimiento por parte de los Estados condenados, por tanto, es inminente la necesidad de sanciones o mecanismo políticos por medio de la OEA, sobre la mencionada discrecionalidad, Candia-Falcon enfatiza en dicha situación: Particularmente, tratándose en especial de las normas de derecho internacional de los derechos humanos, es posible encontrar estándares amplios y textualmente indeterminados contenidos en las convenciones cuya aplicación es delegada por los Estados en ciertos órganos, como las cortes internacionales de derechos humanos. Dichos estándares, en su indeterminación semántica, permiten a estas cortes el ejercicio de amplios márgenes de discrecionalidad. Es aquí donde el Estado de derecho es especialmente requerido, por cuanto impone al ente administrador del derecho una disciplina que permite que el ejercicio de esa discrecionalidad sea, precisamente, limitada (Candia-Falcon, 2015, p. 234).

OBJETIVO. Exponer que, el cumplimiento de las sentencias emitidas por la Corte Interamericana de Derechos Humanos constituye una obligación internacional en razón de las medidas de reparación que contemplan los puntos resolutivos de las sentencias, enfatizando que su resolución traería aparejada la materialización de beneficios para las víctimas de los casos y la sociedad en general.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo de la presente investigación, se optó por implementar el método mixto, en razón de que se aborda desde una óptica cualitativa y cuantitativa. También se hace uso del método deductivo, ya que, desde aspecto generales, se concreta en los casos específicos de las sentencias. En cuanto a las técnicas de investigación documental, se implementaron fichas de bibliográficas y de trabajo en la distribución de las fuentes de consulta.

La buena fe de los Estados en las obligaciones internacionales

Las obligaciones que derivan del Sistema Interamericano de Derechos Humanos son de tipo *pacta sunt servanda*, en atención a la confianza de la buena fe de los Estados; a través de su preámbulo, la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados (1969) dispone que: "Advirtiendo que los principios del libre consentimiento y de la buena fe y la norma pacta sunt servanda están universalmente reconocidos" y por medio de su artículo 36 en razón de la obligatoriedad "Todo tratado en vigor obliga a las partes y debe ser cumplido por ellas de buena fe".

La presencia de la buena fe de los Estado ha fungido como una vertiente cuestionable en la cumplimentación de obligaciones internacionales, en el entendido que, la existencia de la obligación y la suscripción del Estado representa que dicha obligación existe, pero, en la práctica no se materializa un compromiso contundente por los países miembros de los organismos internacionales.

Casos contenciosos contra el Estado mexicano

Según la Corte IDH (s. f.), a través de su portal web, la cronología de sentencias en las que el Estado mexicano ha tenido responsabilidad se presenta de la siguiente manera:

Caso	Fecha de emisión de sentencia
1. Martín el Campo Dodd	3 septiembre de 2004
2. Castañeda Gutman	6 de agosto de 2008
3. González y otras ("Campo Algodonero")	16 de noviembre de 2009
4. Radilla Pacheco	23 de noviembre de 2010
5. Fernández Ortega y otros	30 de agosto de 2010
6. Rosendo Cantú y otra	31 de agosto de 2010
7. Cabrera García y Montiel Flores	26 de noviembre de 2010
8. García Cruz y Sánchez Silvestre	26 de noviembre de 2013
9. Trueba Arciniega y otros	27 de noviembre de 2018
10. Alvarado Espinoza y otros	28 de noviembre de 2018
11. Mujeres Víctimas de Tortura Sexual en Atenco	28 de noviembre de 2018
12. Digna Ochoa y familiares	25 de noviembre de 2022
13. Tzompaxtle Tecpile y otros	7 de noviembre de 2022
14. García Rodríguez	25 de enero de 2023

Tabla 1. *Sentencias contra el Estado mexicano de la Corte IDH*

Según la Corte IDH (s.f.) por medio de su portal web, en razón del proceso de supervisión de sentencias, de las catorce sentencias expuestas, únicamente se tienen por cumplimentadas dos sentencias, "*Martín del Campo Dodd vs. México*" y "*Castañeda Gutman vs. México*". Además, de las sentencias presentadas, en casos como González y otras vs. México y Fernández Ortega y otros vs. México, existe un retraso importante en cuanto a las actualizaciones del estado en que se encuentran los casos, la primera sentencia con una última actualización en 2013 y la segunda en 2015 respectivamente.

Obligatoriedad de las sentencias de la Corte IDH en el bloque de constitucionalidad

La reforma constitucional en materia de derechos humanos constituyó un paradigma referente a la concepción tradicional de la jerarquía de las normas, ya que, la Constitución fue concebida como la norma suprema, pero, tras dicha reforma, el artículo 1° de la Constitución se estructuró de la siguiente manera:

En los Estados Unidos Mexicanos todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en esta Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección, cuyo ejercicio no podrá restringirse ni suspenderse, salvo en los casos y bajo las condiciones que esta Constitución establece (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2024).

Con base a lo anterior, si bien, actualmente se entiende que, bajo restricciones expresas en la Constitución, permeará el precepto constitucional, en los demás casos, el texto constitucional y los tratados internacionales poseerán un mismo rigor jurídico. Desde la directriz de una obligación claramente enmarcada en la Constitución respecto a los tratados internacionales, se entiende que, no cumplimentar las sentencias de la Corte IDH contraviene la propia Constitución.

CONCLUSIONES. La Corte Interamericana de Derechos Humanos, ha representado una esperanza para los justiciables en cuanto el alance a una justicia social; las reparaciones contempladas en los puntos resolutivos de las sentencias (restitutivas, indemnizatorias, de satisfacción y de no repetición), supondrían un beneficio para la sociedad y la disminución de problemáticas sociales que acontecen en la sociedad mexicana. Pero, tras haber un desfase en la cumplimentación del as resoluciones, no se materializa un beneficio real para los grupos en situación de vulnerabilidad y la sociedad en general. El cumplimiento de las obligaciones internacionales obtenidas del sometimiento del Estado mexicano a la función contenciosa de la Corte IDH y la posición jerárquica de los tratados internacionales a la par de la Constitución, representa una obligación que posee importantes implicaciones jurídicas nacionales e internacionales que deben ser cubiertas con especial atención y compromiso político.

REFERENCIAS.

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [C.P.E.U.M.], Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 22 de marzo de 2024 (México).
2. Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados [C.V.D.T.], 27 de enero de 1980.
3. Corte IDH, Casos en etapa de Supervisión de Cumplimiento de Sentencia (consultado el 24 de agosto de 2024 a las 16:30 hrs.), de https://www.corteidh.or.cr/casos_en_supervision_por_pais.cfm?lang=es
4. Corte IDH, Sentencias (consultado el 5 de septiembre de 2024 a las 11:40 hrs.) de https://www.corteidh.or.cr/casos_sentencias.cfm
5. Candia-Falcón, G. (2015). El Estado de derecho y la Corte Interamericana de Derechos Humanos, Dikaion, 24, 2 (2015), pp. 225-252. De https://doi.org/10.5294/DIKA.2015.24.2.2
6. Engstrom, Par, & Ramos, Gabriel. (2015). El Sistema Interamericano de Derechos Humanos y las relaciones Estados Unidos-América Latina. Foro internacional, 55(2), 454-502. Recuperado en 14 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-013X2015000200454&lng=es&tlng=es.
7. Méndez Silva, Ricardo. (2014). Impacto de las sentencias de la Corte Interamericana de Derechos Humanos. Boletín mexicano de derecho comparado, 47(140), 733-740. Recuperado en 14 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332014000200013&lng=es&tlng=es.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424140

LA VIVIENDA TRADICIONAL PURÉPECHA VÍNCULOS ENTRE ESPACIALIDAD Y ECONOMÍAS DOMÉSTICAS COCUCHO, MICHOACÁN

Ricardo Ortiz Farías[1], Eugenia María Azevedo Salomao[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 8503879k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eugenia.azevedo@umich.mx

Palabras Clave: vivienda tradicional, espacialidad, economías domésticas.

RESUMEN. El presente trabajo indaga cómo los cambios en los modos y formas de vida han repercutido en las economías domésticas, que han dado pauta a otras prácticas y por ende han incidido en la espacialidad de la vivienda tradicional purépecha. El objetivo principal es identificar los vínculos entre espacialidad y economías domésticas en la vivienda tradicional de la Sierra Purépecha con un enfoque holístico. De tal manera, para la observación del fenómeno de estudio de forma integral, el pensamiento de la complejidad se constituye en un referente importante por su propuesta teórica. Se analiza el caso de estudio en la comunidad serrana de Cocucho, seleccionada por su origen prehispánico, por su reorganización socio-cultural a partir de las congregaciones religiosas del siglo XVI, por su relación intrínseca con la naturaleza, y principalmente, por la vinculación de su economía artesanal con el espacio doméstico, con el asentamiento, y el territorio. Se analiza la alfarería en la elaboración de las ollas de barro, conocidas como cocuchas a nivel nacional e internacional, mediante el método etnográfico, a través de la observación directa, y mediante entrevistas, así como, de levantamientos arquitectónicos, fotográficos de las viviendas y solares. Se evidencia cómo la vivienda tradicional hoy en día está inmersa y es parte de los procesos disruptivos de un sistema complejo en que el que cada elemento que lo conforma se interrelaciona entre sí.



***Figuras** 1, 2 y 3. Solares con actividad artesanal, Cocucho. Fuente: Ricardo Ortiz Farías*

INTRODUCCIÓN. La aceleración en los cambios en los modos y formas de vida han incidido en la transformación de la espacialidad de la vivienda tradicional y las economías domésticas dando pauta a otras prácticas. Por lo tanto, este trabajo se origina de la necesidad de observar con una visión integral el espacio arquitectónico, como producto de necesidades básicas de uso de sus habitantes, relacionadas a la vida cotidiana y del espacio habitado; asimismo, al medio ambiente natural y cultural, de tal manera que el

espacio se entiende como un producto cultural en constante evolución que responde a hábitos individuales y colectivos. De ahí que, el objetivo principal es identificar los vínculos entre espacialidad y las economías domésticas en la vivienda tradicional de la Sierra Purépecha con un enfoque holístico y antropológico. Se puede completar mencionando cómo se observa el patrimonio cultural desde la perspectiva de la investigación. De tal manera, para la mayor comprensión del fenómeno de estudio, se parte del estrecho vínculo entre las construcciones, los lugares y los espacios físicos-domésticos, a través de la vida cotidiana, donde las características espaciales y espacialidad reflejan el modo de habitar. Es así que, para la observación del fenómeno de estudio de manera integral la teoría del sistema complejo se constituye en un referente importante para el trabajo de investigación por su propuesta teórica y el cual será referido a la cultura purépecha.

ANTECEDENTES. Se analiza el caso de estudio con la economía doméstica de la alfarería vinculada a la espacialidad en la comunidad de Cocucho, municipio de Charapan, en la región de la Sierra Purépecha de Michoacán. No es suficiente considerar la vivienda tradicional purépecha como un objeto, es necesario entenderla como un conjunto diverso y complejo de espacios, cuyas técnicas constructivas y patrones de distribución sugieren ciertas similitudes y contrastes que se identifican y explican no sólo en función de sus características materiales, sino de la vida social que en ellas tiene lugar. En este contexto, las actividades vinculadas a las economías domésticas tienen una impronta en su espacialidad. La investigación de justifica por la necesidad de que la lectura de los espacios sea a través de una mirada como fenómeno social, desde otra perspectiva y otro enfoque que no sea sólo como “objeto físico”, a partir de una visión sistémica e integral, que permita identificar el vínculo entre espacialidad, materialidad y la relación con el medio físico-geográfico y sociocultural, prácticas sociales y todas las actividades cotidianas y especiales como lo son las economías domésticas con particularidad en cada unidad de análisis de estudio. En la actualidad, el fenómeno de la marginación, migración y falta de empleo, son los principales factores que impactan e inciden en el modo de vida de las comunidades en la Sierra Purépecha. La agricultura principal actividad económica de sus comunidades, en las últimas décadas se ha visto afectada por el cambio ecológico natural principalmente por la deforestación y transformación de uso del suelo en la región. De igual manera, la economía doméstica agrícola autosuficiente en el espacio doméstico como proveedor de sus alimentos básicos, ha disminuido considerablemente en sustitución por la compra de despensas en forma individual o en grupos de familias los fines de semana en localidades cercanas de mayor tamaño. En ese sentido, los oficios tradicionales cobran gran relevancia al evidenciar un proceso de ser una actividad complementaria a una actividad protagónica, donde cada comunidad purépecha ofrece una especialización de determinado producto artesanal. Por lo anterior, los habitantes en la búsqueda de un ingreso económico indispensable encuentran en las economías domésticas como es la producción artesanal una alternativa de solución al problema.

OBJETIVO. En ese sentido, el objetivo principal del trabajo consiste en identificar los vínculos entre la espacialidad y prácticas sociales vinculadas a las economías domésticas en el espacio arquitectónico de la vivienda tradicional de la Sierra Purépecha con un enfoque holístico y antropológico, a través de la investigación cualitativa.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la mayor comprensión del fenómeno de estudio, se parte del estrecho vínculo entre los habitantes, construcciones y los lugares, a través de las

actividades de la vida cotidiana y económicas en el espacio doméstico, donde las características espaciales y espacialidad reflejan el modo de habitar. Es decir, se concibe el espacio doméstico conformado e integrado con cada uno de los elementos y actividades involucradas que forman parte de un sistema mayor, intrínsicamente relacionados y dependientes entre sí, en las tres escalas del espacio: el espacio doméstico, el asentamiento y el territorio.

Por consiguiente, el estudio y la lectura de la investigación se aborda y apoya de la postura teórica desde el pensamiento del *sistema complejo*, que de acuerdo a Edgar Morin (2017) señala, el sistema complejo parte de la idea de que cualquier elemento del mundo no es un objeto aislado, sino que es parte de un sistema mayor que lo contiene, por lo que se encuentra en una constante interacción con otros elementos del sistema, así como con el sistema completo (p. 10).

Esto reafirmó la necesidad de dar lectura al fenómeno de estudio de forma integral, no de manera aislada. En tanto para reforzar lo ya planteado, para Rolando García (2013) el sistema complejo "es una representación de un recorte de la realidad, conceptualizando como una totalidad organizada, en la cual los elementos no son "separables" y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente" (p. 21). Por lo tanto, la vivienda tradicional está inserta en un sistema complejo global de procesos disruptivos, tanto sociales, económicos, culturales, físico ambientales y políticos, con relaciones e interacciones dependientes entre sí, que actualmente modifican los modos y formas de vida que impactan en sus actividades cotidianas y economías domésticas que se reflejan en su organización espacial.

En concordancia, la metodología se realiza a partir de la visión de la postura teórica del sistema complejo con el enfoque de la investigación cualitativa y mediante el método etnográfico, se vincula al marco conceptual y toma como estrategia de inicio para realizar el recorrido la pregunta orientadora de la investigación. (García, 2013, p. 48). De tal suerte, para dar lectura al fenómeno es fundamental el estudio y análisis de procesos que conforman la estructura del sistema complejo. De ahí que, la selección de sus componentes, es decir, los límites, los elementos y sus interrelaciones tanto internas como externas (García, 2013, p. 50), que se traducen en las variables e indicadores para la lectura y observación en sus diferentes niveles, es decir, la vivienda tradicional como unidad doméstica, el asentamiento en un nivel local, y el territorio a nivel regional. De igual manera, enfatizar que en el sistema existen a su vez subsistemas con interacción las cuales determinan la estructura. (García, 2013, p. 52). De tal suerte que, el planteamiento metodológico del trabajo considera dentro del sistema tres principales componentes: el entorno, el espacio doméstico y las actividades económicas, que a su vez enlistan varios elementos a analizar con sus respectivas interacciones. Para la selección de las quince unidades de análisis se identificaron las viviendas tradicionales con actividad artesanal idóneas para encontrar la potencialidad en función de las variables e indicadores a analizar que permitieran dar lectura al fenómeno de estudio. Definidas las unidades de análisis, fue fundamental diseñar los instrumentos mixtos cuantitativos y cualitativos para la generación de datos, mediante el método etnográfico, consistentes en consulta bibliográfica y archivo, observación directa, entrevistas, levantamientos arquitectónicos y fotográficos de las viviendas y solares. Lo anterior, con la gestión ante autoridades de la comunidad, el apoyo de artesanos y el uso de herramientas como equipo fotográfico y medición.

RESULTADOS. De esta manera, en el análisis de la práctica del oficio y técnica artesanal tradicional de la alfarería se observa existe una relación directa con el medio natural en la

obtención de sus materias primas, y la espacialidad de la vivienda tradicional purépecha, cada una de las actividades del proceso artesanal requiere de un espacio para su realización, pero no hay un patrón o lugar específico para algunas de ellas. Sin embargo, el patio es el "punto focal y distribuidor" como espacio libre y punto de reunión por tradición; se evidencian diversas variables como una de las principales el ciclo anual de lluvias y secas en los tiempos de secado y oreado del barro, por lo que hay rotación de espacio al aire libre o bajo techo. Es decir, el uso del espacio para la actividad artesanal se diversifica de acuerdo al horario del día y estación del año, así como, los espacios destinados para almacenar sus materias primas en base al volumen de sus entregas. De igual manera, hoy en día el factor de densificación y subdivisión de los solares. En ese sentido, el impacto en la espacialidad de la vivienda tradicional repercute en la necesidad de espacios mayores para realizar el oficio, y por ende, se ocupan espacios al interior como dormitorios y cocina, incluso el tapanco destinado originalmente al almacenado del maíz, se ocupa como bodega de sus productos y materias primas. Lo que ocasiona en la mayoría de los casos, la ampliación cuando hay espacio con construcciones al interior del solar con sistema constructivo no tradicional. Más aún, en entrevistas con los artesanos una alternativa de solución es rentar otro solar ya sea para montar su taller o habitar en un espacio más confortable.



Figura 4. *Tres generaciones. Familia Artesanal Pacheco Pasaye de Cocucho.*
Fuente: Ricardo Ortiz Farías

CONCLUSIONES. Con base en los resultados de los análisis realizados, la vivienda tradicional hoy en día está inmersa y es parte de los procesos disruptivos de un sistema complejo en que el que cada elemento que lo conforma se interrelaciona entre sí con las siguientes conclusiones: De la variedad de prácticas sociales se realizan en las comunidades de la Sierra Purépecha la mayoría están vinculadas al espacio doméstico, el asentamiento y territorio. Las prácticas sociales son parte de la tradición y costumbres de las comunidades de varios siglos atrás. La principal economía doméstica hoy en día en las comunidades de la Sierra Purépecha es la producción artesanal ante la falta de empleo en el campo y las comunidades; y en particular la elaboración de cocuchas en Cocucho es el eje central de su economía. Existe continuidad de la técnica ancestral en la elaboración de las ollas de barro, sin embargo, el proceso se ha modificado y evolucionado, al pasar de ser un trabajo artesanal de uso doméstico a un trabajo con fines estéticos dada la alta demanda comercial hoy en día. Lo anterior se traduce en un mayor tiempo de elaboración a mayor escala e innovación de los diseños, que se refleja en refleja en necesidad de mayor espacio para su realización. e reafirma que las condiciones físico-ambientales determinan las características constructivas, pero también espaciales de la vivienda tradicional. Adicionalmente, el contexto físico-ambiental es la principal fuente de las materias primas

para la elaboración de sus productos artesanales y determinas los ciclos de lluvias y secas para la actividad artesanal. Es así que la relación cultura y naturaleza implica una relación directa y en constante movimiento. A consecuencia de la deforestación, baja productividad agrícola y cambio de uso de suelo principalmente a huertas de aguacate, ha ocasionado a buscar otras alternativas de ingreso de sus habitantes, lo que se traduce en la incursión del hombre en actividades artesanales antes exclusivas de la mujer. Hay cambios en los patrones de organización en la comunidad y en el solar que se reflejan en la subdivisión y densificación del mismo. Por lo anterior se concluye que la vivienda purépecha expresa en su materialidad una forma de vida familiar y de sociabilidad hacia la comunidad, perpetuando la vida al aire libre, característica de las culturas prehispánicas y persistente hasta nuestros días. Se observa vínculos entre espacialidad y economía doméstica en la actividad artesanal; además, la participación del grupo doméstico es fundamental para llevar a cabo actividades productivas que reditúan en la economía familiar.

REFERENCIAS.

1. Morin, E. (2017). Introducción al sistema complejo, Barcelona, Editorial Gedisa.
2. García, R. (2013). Sistemas complejos. Conceptos, método, fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria, Barcelona, Editorial Gedisa.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424141

LA FALLA DEL DERECHO PENAL MEXICANO. EFECTOS NEGATIVOS EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN DE LA PENA. VIOLACIONES A DERECHOS HUMANOS

Karla Daniela Chávez Salgado[1], Edgar Alejandro Ramírez Hernández[2], Maribel Valdez Solis[3]

1Universidad Virtual del Estado de Michoacán (UNIVIM) al231734@univim.edu.mx

2Universidad Virtual del Estado de Michoacán (UNIVIM) tutor29016@univim.edu.mx

3Universidad Virtual del Estado de Michoacán (UNIVIM) mvaldez@univim.edu.mx

Palabras Clave: Derecho Humanos; Sanción; Persona Privada de la Libertad

RESUMEN. El Estado mexicano se encuentra aún lejos de ver los resultados y efectos positivos que se establecieron en aquel sistema penal procesal de Corte Acusatorio-Adversarial de fecha de 18 de junio de 2008. La mal llamada reforma de los juicios orales a más de 16 años, esta no ha despegado, puesto, que sus operadores, especialmente, el órgano de investigación y acusación que es la fiscalía, sigue sin entender el compromiso, impacto y trascendencia de lo que conlleva su deficiente y mal actuar en el tema de la impartición de justicia. No cumple, pues, este órgano con los mandatos de orden constitucional y convencional, ya que, al no ajustarse a estos permite que se dé la impunidad en el Estado mexicano; pero, aún más, la falla del derecho penal, no solamente versa en la impunidad, sino, que, además, estos efectos negativos, impactan en los Centros de Reinserción Social, por la ingobernabilidad que se vive al interior de los mismos, esto permite que la persona privada de su libertad no pueda ser reinsertado de manera adecuada a la sociedad. Aquí es don se da ese círculo vicioso del derecho penal.

INTRODUCCIÓN. La reforma constitucional de 18 de junio de 2008, que da origen al sistema de corte acusatorio-adversarial, conocida también, como la mal llamada reforma de los “juicios orales”, en su génesis contemplaba el descongestionamiento de las cárceles, hoy en día conocidos también como Centros de Reinserción Social; además de establecer y garantizar un verdadero estado constitucional de derecho derivado de los más altos estándares de índole universal y regional en materia de derechos humanos, mismos que le permitirían tener al Estado mexicano una gobernabilidad en estos establecimiento. Cosa que no ha pasado. En este orden de ideas, se es necesario precisar que el sistema acusatorio-adversarial, no ha alcanzado sus objetivos, ya que, los operadores de las instituciones (cuerpos policiacos y fiscalías), no desarrollan su tarea de acuerdo a los mandatos constitucionales, convencionales, legales y jurisprudenciales. Y, estas fallas se trasladan a los Centros de Reinserción Social, ya que, se siguen imponiendo medidas cautelares (arraigo, prisión preventiva) que privan de la libertad a aquellas personas de las cuales se presume su responsabilidad de un acto delictivo. Hay una pena anticipada. Se quebranta el principio de presunción de inocencia. Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo, demostrar que ha más dieciséis años, la reforma constitucional que da origen al sistema penal-acusatorio no ha funcionado, ya que, los Centros de Reinserción

Social, siguen teniendo una enorme sobrepoblación, misma que conlleva a violaciones sistemáticas de derechos humanos, que imposibilitan la reinserción social. Lo cual, conlleva al fracaso pleno del derecho penal mexicano.

ANTECEDENTES.

I. ¿Qué es el derecho penal?

Uno de los máximos exponentes de la teoría de la ciencia política y de la teoría del Estado, es sin duda alguna *Thomas Hobbes*, quien, dentro de su enorme riqueza ideológica, específicamente, dentro de su obra denominada "*El Leviatán*", establece un enorme aporte para identificar el nacimiento del derecho penal. Hobbes, señala que el ser humano nace libre, por su propio estado de naturaleza. Pero, es esta misma libertad plena, lo que conllevo a que el ser humano dentro de su propio orden social, no pudiera desempeñarse de manera adecuada con los demás miembros de su colectividad, ya que, no existen reglas que permitan establecer parámetros de regularidad de conductas del propio ser humano. Hobbes, vuelve a retomar la idea de que estos factores conllevan a que el propio ser humano se auto destruya, por el constante conflicto de obtención del poder.

Hobbes, abre la pauta para que los grandes pensadores clásicos de la ciencia política, teoría del Estado y la ciencia jurídica, puedan llevar al escenario político la importancia de determinar cuál es la verdadera naturaleza del derecho penal, como un medio de control coercitivo hacia las conductas de la sociedad. Sería siglos después, un eminente pensador del derecho penal específicamente del derecho penitenciario, quien, retomaría y profundizaría los postulados de Hobbes, y, nos referimos a *Cesar Beccaria*, quien, da respuesta al interrogante de, ¿Cuál es la génesis del derecho penal?

> "Las leyes son las condiciones con que los hombres independientes y aislados se unieron en sociedad, cansados de vivir en un continuo estado de guerra y de gozar una libertad que les era inútil en la incertidumbre de conservarla. Sacrificaron por eso una parte de ella para gozar la restante en segura tranquilidad. El conjunto de todas estas porciones de libertad, sacrificadas al bien de cada uno, forma la soberanía de una nación, y el soberano es su administrador y legítimo depositario (…). (Beccaria, 2015, pág. 19)

En el postulado de la teoría *Beccariana*, encontramos los elementos que nos permiten identificar cual es el origen y objetivo del derecho penal. Esta se dará mediante lo que Rousseau, denomino contrato social. Empieza, pues, la vía de desarrollo del derecho penal, la cual, será la última herramienta de aplicabilidad y de medio de control dentro del orden social, cuando, los poderes, las instituciones, y, sobre todo las leyes, no garantizan el orden y bienestar de las y los gobernados. Es decir, el derecho, es la última herramienta o disciplina que debería de aplicarse. Es la excepción, mas no la regla. En esto en un origen, pero, dentro del orden social del Estado mexicano, la aplicabilidad del derecho penal es la regla, no la excepción.

Hasta este momento no hemos dado respuesta alguna a la interrogante que nos atañe su estudio, que, es el derecho penal. Es, pues, que, el derecho penal, se entiende,, desde una concepción genérica, como el "Conjunto de normas que determinan los delitos, las penas que el Estado impone a los delincuentes y las medidas de seguridad que el mismo establece para la prevención de la criminalidad." (García, 1994, pág. 141) Pero, si nos adentramos a

una conceptualización ya especializada, encontramos, que, el derecho penal, se entiende que el "Derecho Penal objetivo Ius Pénale se define como el conjunto de normas dirigidas a los ciudadanos a quienes se les prohíbe, bajo la amenaza de una sanción, la realización o comisión de delitos." (López Betancourt, 2007, pág. 303) Dicha conceptualización, nos permite comprender que dentro de esta disciplina, encontramos el verdadero poderío del Estado.

Por lo anterior, hemos de señalar que, el derecho penal ha evolucionado considerablemente, es decir, se ha transitado de aquellas sanciones crueles e inhumanas (Venganza privada, venganza divina, venganza pública, y periodo voluntario) (Amuchategui Requena, 2001, pág. 2) hasta llegar al periodo de la humanización y concientización de la pena. El Estado mexicano también evoluciono considerablemente su derecho penal, pues, las diversas culturas prehispánicas, (Carraca y Trujillo, 1995, pág. 987) contemplaban reglas y sanciones de aplicabilidad en su orden criminal, pues, al existir una diversidad cultural, estas fueron base para el desarrollo del derecho penal actual.

II. Sistema Procesal Penal Inquisitivo-Mixto y Sistema Procesal Acusatorio-Adversarial

El sistema procesal penal inquisitivo-mixto, sin duda alguna estableció un quebrantamiento institucional dentro del Estado mexicano, por el exceso de poder que le fue conferido tanto constitucional, legal y jurisprudencialmente a las entonces Procuradurías de Justicia hoy en día conocidas como fiscalías. El Ministerio Público, investigaba, acusaba y sentenciaba al presunto responsable de un acto delictivo. El proceso penal era mero trámite pues, ya se sabía el resultado del proceso, no existían condiciones de igualdad procesal. Esto conllevo al colapso de los sistemas penitenciarios del país. Todo esto se daba por una institución que se llamaba prueba tasada y el principio de inmediatez. "La combinación de prueba tasada y el principio de inmediatez puede ser una explicación poderosa de porque el Ministerio Público en México tiende a no presentar mayores pruebas después de la parte inicial del proceso." (Carbonel & Meza Ochoa, 2012, pág. 30) El monopolio del poder recaía plenamente en las fiscalías, no tenían un control. Es por ello, que encontramos, datos, como:

> "En el sistema inquisitivo, el 85% de las personas que sufrían un delito, no lo denuncian. Solo un 50% de delitos cometidos por robos, no excedían de $250.00 pesos y menos de $5 mil pesos. Ha estos datos hay que sumársele, que, un 80% de las sentencias condenatorias se funda en la confesión de los testigos sobre el acusado. Solo un 2% de los delincuentes, eran los que cumplían su sentencia. Por ello, bajo las reglas del sistema penal inquisitivo, un 85 % de la sociedad mexicana, no creía en la justicia penal.
>
> Más del 99% de los delincuentes, no eran condenados. En las reglas del sistema inquisitivo, el juez no estaba presente en el 92% de los casos; derivado de esto, un 80% de los mexicanos pensaba que puede sobornar al juez. En lo que refiere a sentencias 40% no habían recibido sentencia alguna que determinará su inocencia o culpabilidad; por ello, la prisión preventiva se convirtió en la regla y no en la excepción. Así mismo, cuando terminado el proceso penal, un 80% nunca conoció al juez.

> El 40% de las detenciones que se realizaban, eran con total abuso de autoridad. En el 92 % de los detenidos nunca se les mostro orden de aprensión alguna. 71% no tuvo asistencia de un abogado, después de su detención. El 60% en ningún momento fue informado que tenía derecho a no declarar. Para concluir, existía en ese entonces, un 75%..” (Carbonel & Meza Ochoa, 2012)

Estos elementos permiten comprender la falla del modelo de justicia penal inquisitivo-mixto, especialmente, lo cual, impactaba directamente en las cárceles mexicanas (conocidas así en ese entonces). Es a partir de esto, que, surge la necesidad de renovar el modelo justicia penal, con el fin de establecer reglas de limitación a las fiscalías, quienes eran y siguen siendo un cáncer para el modelo de justicia penal.

Ahora bien, el Sistema Acusatorio-Adversarial, marca un nuevo paradigma para la impartición de justicia en México, pues, es un sistema totalmente ambicioso, por la incorporación de nuevas instituciones procesales, y, la obligación de cumplir cabalmente con lo que dispone la Constitución, el “sistema abarcan temas como la seguridad pública (cuerpos policiacos y prevención del delito), la procuración de justicia (el trabajo del ministerio público, el monopolio de la acción penal que desaparece al menos en parte), la administración de justicia (a través de la incorporación de elementos del debido proceso legal y de los llamados juicios orales) y la ejecución de las penas privativas de la libertad (…).” (Carbonell, 2014, pág. 5)

El nuevo modelo de justicia penal, acusatorio-adversarial, surge de la modificación a los siguientes artículos: 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22; las fracciones XXI y XXIII del artículo 73; la fracción VII del artículo 115 y la fracción XIII del apartado B del artículo 123, todos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.” Es a partir de esta reforma constitucional, que, el Estado mexicano empezaría a revolucionar su sistema jurídico, con el fin de cumplir con la comunidad internacional y garantizar el bienestar del pueblo mexicano.

OBJETIVO. La presente investigación tiene como objetivo demostrar que las ineficacias de las fiscalías han quebrantado el derecho al acceso a la justicia de los gobernados tanto en el modelo de corte inquisitivo-mixto y acusatorio-adversarial, impactando esto directamente en los Centros de Reinserción Social, ocasionando así mismo, la falla del derecho penal en México.

MATERIALES Y MÉTODOS. Dentro de la investigación se hizo uso del método científico, como un primer punto de referencia para demostrar a través de los estudios científicos la realidad que se vive en el modelo de impartición de justicia penal y como esto impacta en la consolidación de reinserción social en el país. También, se adoptó un método de orden cualitativo, inductivo, deductivo, histórico, e hipotético.

RESULTADOS. La reforma constitucional de 2008, establece un nuevo modelo de seguridad y de acceso a la justicia en México, donde se buscan romper las malas prácticas procesales penales imperantes en el sistema inquisitivo-mixto. Se habla de un nuevo paradigma constitucional, en donde, también se buscaba llevar a las cárceles mexicanas un estado de derecho, cosa que a más de 10 años de entrada en vigor la reforma en cita no ha sucedido. Las malas prácticas siguen imperando en especial en las cárceles

mexicanas, pues, aunque la reforma constitucional de 2011 vino a perfeccionar el estado de derecho en estos centros de reinserción social las cosas siguen igual.

En este orden de ideas, si hacemos un marco de comparación como medio de referencia para comparar lo que pasaba haya por la lejana en la década de 1990, y lo que hay actualmente, encontramos que se ha avanzado poco o casi nada; pues, constantemente existen la tramitación de amparos por parte de las personas privadas de su libertad, así como también las recomendaciones de la Comisión Nacional y Estatal de Derechos Humanos. En un informe que comprende del periodo de 1990 a 1996, la CNDH, establece, lo siguiente:

"De un total de 45,110 quejas, 13,707 están relacionadas con el sistema penitenciario y diversos centros de internamiento del país. (…) Algunas de las quejas más frecuentes estuvieron relacionadas con el otorgamiento de los beneficios penitenciarios (9,927); violaciones a los derechos humanos de los reclusos, condiciones de vida en las instituciones, golpes y malos tratos, entre otros (1,857); solicitudes de traslado (1,110); negativa de acceso al servicio médico (300); en 417 quejas no fue posible determinar la violación, y el resto puede clasificarse en inseguridad jurídica y desatención a menores y enfermos mentales internos. De estas quejas la Comisión resultó competente para conocer sólo 3,061 de ellas, algunas fueron turnadas a las comisiones estatales, y en la mayoría de los casos sólo se pudo orientar al quejo." (Peláez Ferrusca, 1995)

La nueva esencia que contempla en artículo 18º constitucional con el modelo de justicia acusatorio-adversarial de 2008, contempla tres bases esenciales: "A) El objetivo de la pena privativa de la libertad; B) La cercanía con el domicilio en el caso de personas sentenciadas por delitos de delincuencia organizada; C) Los lugares en que se deberán de compurgar las penas este tipo de delitos (delincuencia organizada)." (Carbonell, 2014, pág. 95) Es, pues, que aquí no se adhiere mucha sustancia al precepto constitucional, pero una vez que es llevado y detallado en la norma secundaría podemos identificar que dichos artículos tienen mucha riqueza jurídica en beneficio de las personas privadas de su libertad.

Como se ha mencionado, la parte primordial de la reinserción social en México, se establece en el párrafo segundo del artículo 18º, y, es ahí con la reforma constitucional de 2008, que se agregan dos bases más para reforzar y asegurar a la persona privada de su libertad una verdad reinserción social.

Además, cabe mencionar que el sistema penitenciario mexicano, cuenta con un problema aún más enorme, y, es el incumplimiento de clasificación o separación entre acusados, procesados y sentenciados, algo que se encuentra previsto en el sistema internacional de derechos humanos, que establece:

"Los reclusos pertenecientes a categorías diversas deberán ser alojados en diferentes establecimientos o en diferentes secciones dentro de los establecimientos, según su sexo y edad, sus antecedentes, los motivos de su detención y el trato que corresponda aplicarles. Es decir que: a) Los hombres y las mujeres deberán ser recluidos, hasta donde fuere posible, en establecimientos diferentes; en un establecimiento en el que se reciban hombres y mujeres, el conjunto de locales destinado a las mujeres deberá estar completamente separado; b) Los detenidos en prisión preventiva deberán ser separados de los que están cumpliendo condena; c) Las personas presas por deudas y los demás condenados a alguna forma de prisión por razones civiles deberán ser separadas de los detenidos por infracción penal; d) Los detenidos jóvenes deberán ser separados de los adultos." (38/96, 1996)

Comisión Nacional de Derechos Humanos, ha establecido que debe de existir cabalmente una clasificación penitenciaria por: "1. Situación Jurídica (procesados y sentenciados); 2. Género (hombres y mujeres); 3. Edad (adultos y menores de edad); 4. Régimen de Vida

(delincuencia organizada y delincuencia convencional).” (CNDH, 2016) Basta analizar que aun y cuando existen estas clasificaciones desde el marco constitucional, convencional y legal no es suficiente, pues, los intereses que se manejan dentro de los centros penitenciarios, impiden esto, pues, los carteles de la droga en México, se sirven de las abundantes ganancias por la no consolidación de esta clasificación penitenciaria.

CONCLUSIONES. En México, el uso excesivo del derecho penal para solucionar las problemáticas sociales ha ocasionado una represión y restricción a la esfera jurídica de los gobernados. Es, pues, que la aplicación del derecho penal ha dejado de ser la excepción y ahora es la regla; se ha utilizado como un medio de subsanación por parte del Estado, para justificar las deficientes políticas aplicables e imperantes en los diversos sectores de la vida social.

El uso excesivo del derecho penal por parte del Estado, mediante sus instituciones o corporaciones de seguridad, ha conllevado a la actual crisis en materia de derechos humanos que hay en el país. Se ha roto la esencia del derecho penal. Pero, es en las últimas dos décadas en México, mediante el quehacer del Poder Judicial Federal, se le han puesto limitaciones a las actuaciones de las instituciones que derivan del derecho penal. Se empieza a rediseñar un nuevo modelo de institucionalización donde se busca el mínimo intervencionismo del derecho penal en la diversificación de políticas aplicables para cada sector de la sociedad.

REFERENCIAS.

1. 38/96, I. N. (1996). CASO 10.506, Argentina. Argentina. Obtenido de https://www.cidh.oas.org/annualrep/96span/Argentina10506.htm
2. Amuchategui Requena, I. G. (2001). Derecho Penal. México: Porrúa.
3. Beccaria, C. (2015). Tratado de los Delitos y las Penas. Madrid: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
4. Carbonel, M., & Meza Ochoa, E. (2012). ¿Qué son y para qué sirven los juicios orales?, . México: Porrúa.
5. Carbonell, M. (2014). Los Juicios Orales en México. México: Porrúa.
6. Carraca y Trujillo, R. (1995). Derecho Penal Mexicano. México: Porrúa.
7. CNDH. (2016). Clasificación Penitenciaria, Comisión Nacional de Derechos Humanos. México. Obtenido de https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/OtrosDocumentos/Doc_2016_009.pdf
8. García, M. E. (1994). Introducción al Estudio del Derecho (50 ed.). México: Porrúa.
9. López Betancourt, E. (2007). Introducción al Derecho Penal. México: Porrúa.
10. Peláez Ferrusca, M. (1995). Derechos Humanos y Prisión. Boletín Mexicano de Comparado.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades **ID: CP0424143**

ÓRGANOS AUTÓNOMOS CONSTITUCIONALMENTE RECONOCIDOS EN MÉXICO

***Carlos Charan Bravo Chávez*[1]**
1Facultad de Derecho división de Estudios de Posgrado de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Correo electrónico: 1428788k@umich.mx

Palabras Clave: Democracia, Constitución, Poderes del Estado, Estado Constitucional.

RESUMEN. En la actualidad es necesario reflexionar acerca de la progresividad y evolución del Estado, en pro de garantizar un efectivo modelo de protección de derechos para los gobernados y limitantes para la autoridad este planteamiento resalta la necesidad de estudiar una posible reforma constitucional que reconozca plenamente a los organismos autónomos planteados en la constitución política de México, con la intención de darle un fortalecimiento al sistema democrático mexicano. Proponiendo la incorporación de dichos organismos como un cuarto poder, que limite los excesos de los poderes ya establecidos, siendo un 4° poder de gobierno el cual podrá garantizar un mayor control y transparencia en el Estado mexicano.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad para que haya un Estado de derecho, la ley debe poder regular tanto al individuo o gobernado que vive en el estado, como a la autoridad que se encarga de la administración del territorio, al legislativo que se encuentra creando leyes para regular y autorregularse, y a la autoridad encargada de ver que se cumplan esas leyes, de esta manera nos encontramos con un delicado engranaje, el cual permite que funcione debidamente el Estado de legalidad o de derecho. Ante esta complejidad es evidente que dicho engranaje se atore y genere alguna falla en algunas secciones y en el peor de los casos presentar errores en todo el mecanismo producto de una reacción en cadena. Si bien el Estado de legalidad se mantiene en diversos países esto se debe gracias a una serie de características que permiten el buen funcionamiento de sus sistemas jurídicos y políticos, así como sus sistemas económico, social y cultural. Estas características son la temporalidad país, su historia, ubicación geográfica, la educación recibida, su economía, la política internacional y nacional, entre otras, en este sentido México es un país que a trabajo y desarrollado un robusto modelo político sin embargo siempre se debe trabajar de manera progresiva para obtener un amplio sistema democrático buscando fortalecer las instituciones del país.

ANTECEDENTES. México es un país con más de doscientos años de historia política y jurídica, sin embargo, aún falta desarrollar muchos aspectos político-sociales para tener un modelo de gobierno estable, por lo que debemos profundizar en el estudio de nuestro modelo político, constitucional y jurídico de esta manera podemos contrastarlos con las teorías de mayor impacto que se han dado a lo largo del tiempo respecto a la creación de modelos democráticos funcionales, todo en pro de garantizar un efectivo Estado Constitucional. Sin lugar a dudas la Teoría del Estado es la rama de estudio que ayudara a para poder comprender las bases en las que se sustenta la forma de gobernanza en la que

nuestra sociedad se somete, por lo que es necesario entender el significado de Estado, se le puede considerar como “una comunidad de hombres fijada sobre un territorio propio y que posee una organización de la que resulta una potestad superior de acción” (Malberg, 1998, pág. 26) la intención de esta definición es explicar los punto claves de un Estado, se resalta la frase potestad superior de acción pues es un elemento fundamental de cualquier Estado refiriéndose al poder soberano del estado, sin embargo la definición se queda corta de elementos clave en un Estado. En atención a lo anterior es necesario precisar el concepto actual de Estado y en base a eso analizar sus elementos para entender sus características principales, la definición más detallada refiera al “Estado como una sociedad humana, establecida en un determinado territorio, estructurada y regida por un orden jurídico que es creado, definido y aplicado por un poder soberano para alcanzar el bien público temporal.” (Porrúa, 1998, pág. 198) De esta definición logramos comprender a detalle los elementos del Estado y la razón de existir del mismo, el cual es sin duda, lograr el bien común, lo anterior sometido a una organización o estructura que da el orden jurídico, el cual, es un concepto que ha evolucionado a lo largo del tiempo y seguirá evolucionando al paso de los años, pues dicho orden jurídico lo otorga la constitución la cual es el instrumento político que más beneficia al Estado debido a que dota de soberanía al mismo. En la Actualidad la mayoría de Estados cuentan con una sólida estructura de gobierno, lo que da como resultado un Estado Constitucional, este modelo de se lo debemos en gran medida a Montesquieu quien desarrollo la teoría de división de poderes en su ya conocida obra El Espíritu de las Leyes, en donde lo principal a tener en cuenta es la debida división de poderes para evitar excesos por parte del Estado para con su población, de tal manera que el los poderes del Estado puedan operar con independencia y a la vez cooperar entre sí de manera efectiva, sin violentar los derechos de su sociedad. De esta manera cobran relevancia tanto las leyes como los legisladores y al hablar ya de una división de poderes nos adentramos a un Estado Constitucional teniendo como principal característica una carta magna, de la cual emana la soberanía de un Estado, debido a que cada nación deposita en ella su historia y principios, es necesario rescatar un elemento del concepto de Estado antes mencionado, me refiero al orden jurídico el cual se podría interpretar como la relación del derecho y el estado según Luis Miguel Campos Ojeda “el derecho es una parte del estado, pero este sin el derecho no puede existir y menos cumplir con su finalidad pues el Estado que sigue estos principios se le denomina Estado de derecho.” (Campos, 2014, pág. 148) Así se observa cómo va tomando forma la evolución del estado a lo que hoy en día conocemos habiendo más claridad respecto al concepto de estado que se tiene actualmente. Tenemos entonces que el Estado Constitucional de Derecho resulta de una positivización de los derechos, en este sentido los derechos humanos son un condicionamiento de la constitución obligando a los poderes del Estado a obedecer los lineamientos de la constitución y en base a ellos se fija el camino a seguir dándole una legitimidad de sustancia y de forma al actuar del Estado.

OBJETIVO. La presente investigación tiene como objetivo demostrar que a pesar de los desafíos que conlleva reconocer un nuevo poder de gobierno, es crucial trabajar de manera progresiva en su reconocimiento para fortalecer la democracia y las instituciones en México.

MATERIALES Y MÉTODOS. Dentro de la investigación se utilizó el método científico, para indagar sobre el estado actual de la política mexicana observando su realidad actual. Implementado a la vez los métodos cualitativo, inductivo, deductivo, histórico, e hipotético.

CONCLUSIONES. El orden constitucional mexicano requiere una nueva estructuración en cuanto a su contenido. No estamos apostando a emitir un nuevo orden constitucional, porque, esto se encuentra impedido por la conocida clausula pétrea, que, nos establece que el orden constitucional mexicano no puede ser alternado o desconocido. Por ello, es que lo que el presente estudio establece, es respetar dicho principio lo que se busca emplear es una reforma constitucional que permita reconocer dentro del artículo 49, plenamente a los órganos autónomos constitucionalmente reconocidos, como depositarios del poder soberado del país. Esto si bien se encuentran reconocidos su autonomía en diversos preceptos constitucionales dentro de la parte orgánica del país, el que, no se encuentre plenamente previsto en el artículo antes mencionado, conlleva a entender que él estos órganos autónomos, no sean catalogados como un cuarto poder. En este orden de ideas, se debe de mencionar que bajo la lógica política, jurídica y cultural que arraiga al Estado mexicano, conlleva a que la base constitucional que reconocen a los órganos autónomos, misma que se encuentra blindada y protegida por parte de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, establece que los alcances y efectos de estos órganos, no puedan ser plenamente una base de contrapeso a la clásica teoría de división de poderes desarrollada por Montesquieu. Por lo anterior, se debe de reforzar mediante el presente postulado, que, si bien la teoría clásica de división de poderes desarrollada por Montesquieu, puede y debería de ser perfeccionada, con los órganos autónomos, lo que se requiere es que se haga la modificación correspondiente al artículo 49 de la constitución federal, mejorando en gran medida el sistema democrático del Estado mexicano.

REFERENCIAS.

1. Bodin, J. (1997). Los Seis Libros de la Republica. Madrid: Tecnos.
2. Campos, O. L. (2014). Curso de Teoría del Estado. Morelia: Morevallo.
3. CPEUM . Art.49, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
4. Ferrajoli, L. (2004). Derechos y Garantías. Roma: Trotta.
5. Malberg, C. d. (1998). Teoría General del Estado,. México: IIJ-UNAM.
6. Márquez, G. R. (1 de Noviembre de 2018). EL PRINCIPIO DE LEGALIDAD EN UN ESTADO CONSTITUCIONAL DE DERECHO. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=ICpn1inSybA
7. P./J. 12/2008, 170238 (Plenos de la Suprema Corte de Justicia de la Nación 2008).
8. P./J. 52/2005, 177980 (Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación 2005).
9. Pérez, J. R. (s.f.). El supremo poder conservador y su sentencia de muerte: La ley sobre ladrones del 13 de marzo de 1840. México: IIJ-UNAM.
10. Porrúa, P. F. (1998). Teoría del Estado. México: Porrúa.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades **ID: CP0424145**

LOS ADULTOS MAYORES APRENDEN LENGUAS EXTRANJERAS

Leticia Marisela Cantón Gasca

Palabras Clave: Adulto mayor, inclusión, lenguas extranjeras.

RESUMEN. Hasta hace algunas décadas se consideraba que el desarrollo psicológico y metacognitivo humano terminaba al llegar a la edad adulta, momento en el cual ya no se podía ni se debía aprender más. La vida adulta es la etapa más larga en la vida de los seres humanos, ya que se entreteje con la edad evolutiva y con la que se suele llamar "tercera edad", es decir, la última fase de la vida. Sin embargo, es muy complejo definir con precisión el inicio de esta etapa, pues en realidad, cada individuo fija los parámetros de la propia edad psicológica. El grupo de "adultos mayores" o de adultos mayores de 50, 55 años, anteriormente poco atendido y no considerado en las oportunidades de aprendizaje, actualmente ocupa un rol importante en la sociedad, gracias a la puesta en marcha, por parte de los gobiernos, de estrategias, campañas y programas para promover el reconocimiento de dichos individuos e iniciar realmente su inclusión en la vida y el desarrollo económico, político y social.
Para muchos adultos el deseo de aprender algo nuevo se vuelve un reto personal, y combinado con el deseo de conocer otras realidades a través de los viajes, los lleva a la necesidad de aprender, voluntariamente, una lengua extranjera.
¿Existen espacios de aprendizaje adecuados y especialmente diseñados para los adultos mayores? O ¿Deben incorporarse en grupos de adultos jóvenes obligándose a multiplicar sus esfuerzos para alcanzar el nivel de los otros?
Ciertamente la sociedad está obligada a proporcionar oportunidades de aprendizaje en todas las áreas de interés de este sector poblacional y si las lenguas es una de ellas, habrá que pensar en programas adecuados y pertinentes que satisfagan esta necesidad. La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo hace una propuesta interesante.

INTRODUCCIÓN. En la Coordinación del Departamento de Idiomas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), desde 1978, se han enseñado diferentes idiomas extranjeros y la lengua originaria Purépecha. En su inicio sólo participaban estudiantes de la propia institución. Años más tarde se abrió la oferta a toda la comunidad moreliana que contara con estudios terminados de nivel secundaria. Su alta calidad en la enseñanza y sus bajos costos para los alumnos permitió el ingreso de adolescentes y adultos jóvenes principalmente, pero también llegaron adultos de más de 50 años que, por razones de trabajo, por tener algún familiar en el extranjero o simplemente por una necesidad intelectual y cultural, se inscribieron en alguno de los idiomas ofertados en su momento. Estos adultos de más de 50 años, que son una minoría, se venían incluyendo en los diferentes grupos formados por personas más jóvenes por lo que, en la mayoría de los casos, al no poder seguir el ritmo de trabajo del resto del grupo decidían desertar.
En México como en otros países, los adultos mayores son considerados como uno de los grupos vulnerables en la sociedad, entendiendo como vulnerabilidad el impedimento para alcanzar un pleno desarrollo individual y familiar

(https://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Eje_tematico_old_14062011/9_gvulnerables_archivos/G_vulnerables/d_gvulnerables.htm#).
En los últimos diez años ha habido programas sociales dirigidos a dar atención a diferentes grupos en estado de vulnerabilidad. En el caso de los adultos mayores, se han abierto oportunidades de trabajo como empacadores en los supermercados. Seguramente es una oportunidad que han aprovechado sujetos de este grupo social, por necesidad económica principalmente. También se implementó el apoyo económico por parte del gobierno federal para adultos de 65 años o más. Sin embargo, esto no es suficiente, no todos los adultos mayores carecen de recursos económicos porque son jubilados y reciben una pensión o porque aún trabajan. Pero sí tienen otro tipo de necesidades como el aprender. Aprender para aspirar a un mejor trabajo o una mejor paga, aprender para satisfacer una necesidad intelectual personal, aprender un idioma para viajar o por el simple deseo de incrementar su cultura general.
Por otra parte, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la UNESCO, informó que para el año 2050, la población mundial de 60 años o más alcanzará los 2,100 millones, más del doble que en 2017.
Así, para este sector de la población, el aprendizaje a lo largo de la vida le dará la formación y capacitación necesarias que favorecerá un aumento de su autonomía, un envejecimiento saludable y activo, y una mejor calidad de vida (Formosa, 2019; UNESCO, 2022; OMS, 2020).
Entonces es muy importante para la sociedad, brindar la oportunidad de programas de inclusión en las diferentes áreas del conocimiento, para esos adultos mayores que hasta el momento no son atendidos debidamente en este rubro.
la Asamblea General de la ONU adoptó en el año 2015, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El Objetivo 4, considerado uno de los objetivos de la Agenda más importantes se refiere a la Educación de calidad, y la define como: “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (https://mexico.un.org/es/sdgs/4).

OBJETIVO. El objetivo general de este estudio es obtener como resultado final el diseño curricular de un diplomado de aprendizaje del italiano que permita la inclusión de los adultos mayores atendiendo a sus características de aprendizaje y de acuerdo con el Volumen Complementario del Marco Común Europeo de Referencia (VC) para las Lenguas, documento rector para la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las lenguas extranjeras.
Definimos también los objetivos particulares siguientes:
a) A través de dinámicas y actividades específicas, el aprendiente desarrollará las habilidades de la lengua descritas en el VC para cada nivel, a partir del nivel Pre A1.
b) Basados en la aplicación de pruebas de la basta tipología de actividades posibles para la enseñanza-aprendizaje de lenguas, seleccionaremos aquéllas que sean más efectivas para el aprendizaje y adquisición del italiano de adultos mayores.
c) Analizaremos los resultados de encuestas frecuentes que se aplicarán a los aprendientes, con la finalidad de obtener información que influya directamente en el diseño curricular.
El presente estudio constará de tres etapas. En este momento nos encontramos en la etapa inicial, para la cual definimos los siguientes objetivos particulares o específicos:
1) Crear un grupo piloto con adultos mayores de 50 años y con adultos mayores de 60 años para tener puntos comparativos de aprendizaje entre adultos no jóvenes.

2) Diseñar actividades variadas, eligiendo 7 modelos de entre los propuestos por Paolo Balboni (2010 y 2012) para el desarrollo de las diferentes habilidades. Las habilidades receptivas: escucha y lectura; habilidades productivas: monólogo y escritura; habilidades de interacción: diálogo; y habilidad de transformación de textos: resumen, parafraseo, traducción. Y las actividades propuestas por Paola Bigotti (2008) considerando los diferentes enfoques de enseñanza de lenguas. El enfoque deductivo-cognitivo; el enfoque inductivo; el enfoque comunicativo, el método de la respuesta física total, abreviada TPR por sus siglas en inglés. Y desde luego, en total acuerdo con los descriptores del VC para el nivel Pre A1.
3) Obtener el perfil general de los alumnos y de las alumnas que se inscriban al curso para conocer sus edades, género, nivel de estudios y actividad actual.
4) Enseñar los contenidos gramaticales, lexicales y comunicativos de acuerdo con el VC para el nivel Pre A1.
e) Evaluar el aprovechamiento final al término del primer semestre, realizando una evaluación por observación, una coevaluación con cada participante y una prueba final (oral y escrita).
Los objetivos específicos de las etapas dos y tres se citarán en su momento

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente estudio conta de tres etapas las cuales consisten en: **Etapa 1** o de sensibilización. En esta etapa no se usará ningún texto de base, los contenidos se desarrollarán en apego a los descriptores del VC para el nivel de inicio que es el Pre A1. Se considerarán actividades recomendadas por algunos investigadores italianos para promover el desarrollo de las diferentes habilidades de la lengua y se irán eligiendo las más favorables para el aprendizaje de los aprendientes al momento del diseño curricular del Diplomado de aprendizaje de italiano para adultos mayores. Se hará énfasis en las reglas pronunciación y escritura y en las estructuras más elementales para presentarse, solicitar y proporcionar datos personales generales, ordenar alimentos y bebidas, identificar y utilizar correctamente los diferentes saludos y en general mantener una interacción muy elemental en italiano. **Etapa 2.** Continuando con los contenidos de manera progresiva y como está indicado en los descriptores del VC, realizar las encuestas y pruebas necesarias para verificar el desarrollo de las habilidades de los aprendientes y para ir generando la base de datos y evidencias que apoyarán el diseño curricular del Diplomado para adultos mayores. **Etapa 3**. Diseño curricular del Diplomado de aprendizaje del italiano para adultos mayores. Para iniciar el estudio se formó un grupo de adultos de 50 años y más, con la finalidad de tener un punto comparativo entre adultos de menos de 60 años y mayores de 60. El curso se llevó a cabo durante un semestre teniendo lecciones de una hora tres veces a la semana. Las actividades realizadas fueron variadas, mas no exhaustivas, para determinar con cuáles se sentían más cómodos y seguros y se alcanzaba el objetivo de aprendizaje de los temas planteados. En la Tabla 2, se indican las actividades y la preferencia por parte de los estudiantes. Los contenidos gramaticales, comunicativos y culturales que se impartieron fueron los relativos al nivel Pre A1 contenidos en el VC en el año 2020. Se realizaron evaluaciones por observación, a través de una prueba final y coevaluación con cada uno de los participantes, para verificar si el objetivo de aprendizaje se había cumplido. La segunda etapa, que aún no se inicia, consiste en la definición de la metodología por aplicar, considerando la tipología de las actividades que favorezcan más el aprendizaje del italiano en los sujetos del estudio. La tercera etapa nos llevará al diseño curricular del diplomado de italiano para adultos mayores que se pretende implementar y ofertar a la sociedad moreliana interesada.

RESULTADOS. En esta primera etapa del proyecto, se ofreció un curso de italiano para adultos mayores de 50 años, a través de la página de la CDI. Se formó un grupo de 24 personas de ambos sexos y de diferentes niveles de preparación escolar, como se muestra en la Tabla 1

Edad (años)	Género		Nivel de estudios		
	Masculino	Femenino	Bachillerato	Licenciatura	Posgrado
50-59	1	9	0	7	3
60-69	2	10	3	6	3
70 o más	2	0	0	2	0

Tabla 1. *Perfil de los adultos por rango de edad.*

Los adultos que se encuentran en el rango de 50-59 años, tienen aún actividad laboral en alguna institución o por cuenta propia. Entre las mujeres de este rango, hay algunas que son amas de casa desde hace varios años.

En el caso de los adultos mayores de 59 años, encontramos que en su mayoría son personas jubiladas. Los hombres manifestaron continuar trabajando por su cuenta como asesores de empresas y negocios dentro de su área de formación profesional. En el caso de las mujeres, la mayoría se dedica únicamente a actividades del hogar.

Las actividades y dinámicas utilizadas y las que fueron de preferencia de los alumnos porque las consideraron favorables para su aprendizaje se citan en la Tabla 2, que se muestra a continuación.

Actividad	Favorable
Explicación de la profesora	23
Ejercicios	19
Tareas	18
Juegos dinámicos (fuera del aula)	9
Lecturas	10
Canciones	5
Dinámicas grupales	20

Tabla 2. *Preferencia por actividades realizadas.*

En relación con el contraste entre adultos de 50 a 59 años y adultos mayores, es de notar que únicamente tres aprendientes entre 50 y 55 años solicitaban más gramática y más horas de lecciones, por lo que se les recomendó incluirse, en los cursos normales ya que son más adecuados a sus necesidades cognitivas.

En relación con la evaluación, se observó un importante y muy positivo cambio de actitud en la mayoría de los estudiantes después de las primeras lecciones, lo que generó un ambiente dinámico y de colaboración entre los participantes y la profesora. También a través de la observación, se detectó el interés por participar en todas las actividades propuestas y por participar en el aula, siempre con una actitud positiva y de buen humor.,

En la coevaluación con cada uno de los aprendientes, se llegó a la conclusión que ellos mismos reconocían su avance y aprovechamiento, lo cual se comprobó con los resultados de la prueba escrita, en la que la calificación más baja fue de 8 y en la prueba oral fue de 7.5. Considerando que en la CDI el mínimo aprobatorio es de 8 en ambas áreas (escrita y oral), el resultado general fue 23 aprobados de los 24 participantes en el estudio con un promedio grupal de 9.3 en la habilidad oral y de 8.6 en la habilidad escrita

Quiero resaltar que algunos de ellos realizaron una actividad para festejar el día del maestro eligiendo un restaurante de comida italiana, donde, por petición mía, dos exalumnos del

diplomado actual de italiano fungieron como meseros para comunicarse únicamente en italiano con quienes asistieron al lugar. Practicaron todo lo que se había enseñado y ellos habían aprendido hasta ese momento. Esta experiencia les dio más seguridad para hablar en italiano y continuar en el curso. Además, se divirtieron bastante.

CONCLUSIONES. Al término de esta primera etapa se concluyó que los contenidos abordados fueron pertinentes al nivel Pre A1 del VC y la forma de trabajar con los alumnos fue adecuada, aunque es menester probar más dinámicas y actividades para seleccionar todas aquéllas que favorezcan y faciliten el aprendizaje de los adultos mayores.

REFERENCIAS.

1. Balboni, P. (2008). Imparare le lingue straniere. Ed. Marsilio.
2. Balboni, P. (2012). Le sfide di Babele. Insegnare le lingue nelle società complesse. Ed. UTET Universitaria.
3. Begotti, P. (2010). Imparare da adulti, insegnare ad adulti le lingue. Ed. Guerra Edizioni Soleil.
4. Formosa, M. (2019). La universidad de la tercera edad y el envejecimiento activo: Perspectivas europeas y de Asia y el Pacífico. Ed. Cham: Springer.
5. Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020). Decenio del Envejecimiento Saludable 2020-2030.
6. UNESCO (2022). 5º informe mundial sobre el aprendizaje y la educación de adultos. Educación para la ciudadanía: Empoderar a los adultos para el cambio. Instituto de la UNESCO para el Aprendizaje a lo Largo de Toda la Vida. Hamburgo: UIL.
7. (https://archivos.diputados.gob.mx/Centros_Estudio/Cesop/Eje_tematico_old_14062011/9_gvulnerables_archivos/G_vulnerables/d_gvulnerables.htm#).
8. (https://mexico.un.org/es/sdgs/4)

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424147

LA MÚSICA DE PROTESTA, ELEMENTO PEDAGÓGICO DE UNA SECUNDARIA POPULAR

Erika Armas Madrigal[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; erikaar1991@gmail.com

Palabras Clave: Música de protesta, educación popular, secundaria nicolaita.

RESUMEN. La finalidad de esta ponencia es analizar cómo se incluyó la música de protesta en la educación de la Secundaria Popular Carrillo Puerto de Morelia, institución que fue fundada en el año 1976 por estudiantes nicolaitas. El objetivo es abonar a la comprensión de cómo se constituyó en parte esencial del proyecto educativo por tener un carácter contestario, que iba de acuerdo con la intención educativa de los fundadores de la secundaria popular. Para la realización de la ponencia se hizo uso de fuentes documentales, orales, hemerográficas y bibliográficas. El desarrollo de la ponencia se lleva a cabo en tres fases: la primera dedicada a explicar las particularidades de la secundaria popular y los elementos que llevaron a que adoptara una pedagogía para liberar a los oprimidos. En la segunda parte se reflexiona sobre el surgimiento de la música de protesta como un medio de expresión de las desigualdades sociales, mientras que en la última parte se analiza cómo fue empleada la música de protesta y lo sigue siendo, en un proyecto educativo que aunque ha cambiado desde que se fundó la secundaria popular en 1976, conserva la música de protesta como parte importante de su pedagogía.

INTRODUCCIÓN. Partiendo desde el punto de vista de que la educación no es neutral, sino que al realizar el acto educativo se está transmitiendo una forma de pensar que coincide con el pensamiento hegemónico, y entendiendo que en la escuela se educa para ser parte del orden ya establecido, en esta ponencia pretendemos analizar cómo en la Secundaria Popular se ha hecho uso de la música de protesta como un elemento pedagógico útil para concientizar y llevar a lo que para Freire sería: la liberación de los oprimidos. El tipo de escuela tradicional forma para desclasar y ser parte de la mano de obra que necesitan las industrias, pafraseando a Althusser, la escuela capitalista es un aparato ideológico del Estado, donde se enseña la ideología dominante, se aprende a obedecer y se forma para ser un buen empleado (Althusser, 1988), los nicolaitas fundadores de la secundaria entendían eso, ya que tenían una concepción marxista, para ellos, la escuela era el lugar de transmisión de la ideología dominante y había que construir un lugar diferente, donde se formara a los estudiantes para comprender la situación de desigualdad y de opresión en que las personas humildes vivían y claro, que fueran capaces de incidir para transformar la sociedad y llevarla al socialismo. Había que tener un espacio como el que propone Gramsci, que veía en la escuela el lugar de transmisión de la cultura dominante pero también propuso una escuela única (Aranda Alcántara, 2018) donde se trasmitiera una ideología que ayude a la transformación de la sociedad en el ámbito científico, político y económico y precisamente eso fue lo que trataron de hacer. Al igual que desde la concepción de Anibal Ponce: “como la escuela de la burguesía no pronuncia ninguna palabra que no sirva a sus intereses, la escuela del proletariado también quiere servir a sus intereses” (Ponce), ese

fue uno de los motivos que llevó a la fundación de la Secundaria Popular y a la adopción de su pedagogía particular, que incluye la música como elemento pedagógico. Aquí abordamos dos momentos: la fundación de la Secundaria Popular y los años recientes, para comparar el uso de la música protesta como elemento pedagógico en dos grandes momentos importantes de la institución.

Un poco de historia de la Secundaria Popular. Entendiendo a la escuela como el lugar en que se transmite la cultura dominante, la secundaria popular desde que nació ha sido la excepción ya que por un lado: las condiciones de miseria llevaron a los estudiantes a bloquear la calle frente al Colegio de San Nicolás y establecer las secundaria en la calle, que luego llevarían a establecer "la Popular, pero también tenían otra motivación, en sus palabras, se trataba de evitar que solo los hijos de "influyentes y ricachones" (Comité impulsor del Consejo Estudiantil del Tecnológico),llegaran a la escuela. La Secundaria Popular nació en un contexto realmente alarmante, la situación era dramática, por poner un ejemplo de lo que pasaba en Morelia (en la década de 1970) cada inicio de ciclo escolar: hubo una acusación hacia el director de la Secundaria Federal 3 por haberle arrojado un puñado de colaciones a una mamá sollozante para que callara a su hijo que no alcanzó lugar en la secundaria y haber recibido 400 pesos de un pintor a cambio de un lugar para su hijo (Noticias, 1975). La explosión demográfica desde la década anterior, el desinterés de las autoridades educativas y los servicios de salud mejorados, hacían que hubiera muchos solicitantes y pocos lugares para estudiar: el resultado, hasta 50% de rechazados (La Voz de Michoacán, 1974). Esas situaciones de injusticia mencionadas motivaban a los activistas, pero además estaba otro aspecto: En la década anterior, la Universidad Michoacana perdió autonomía a causa de las acciones del gobernador Agustín Arriaga y entre otras acciones cerraron las secundarias de la Universidad Michoacana. El conjunto de acciones, más el 2 de octubre en Tlatelolco y el Halconazo, llevaron al movimiento estudiantil nicolaita a su desorganización y al porrismo. Por lo que a lo largo de la década de 1970 los estudiantes querían recuperar la autonomía de la universidad y que fuera otra vez popular: es decir que estudiaran en ella las y los hijos de obreros y campesinos. En esa época se dio la pauta para la fundación de la secundaria popular porque fue una forma de abrir las puertas a los estudiantes desde la secundaria, para que continuaran estudiando y pudieran llegar a la universidad y además fue la oportunidad para vincularlos con el movimiento estudiantil, ya que quienes fundaron la secundaria popular eran estudiantes radicalizados que querían transformar la sociedad para llevarla al socialismo, la secundaria popular fue el lugar para formar a los estudiantes con esa misma ideología. Como punto clave: los estudiantes querían que la educación fuera popular, lo que iba en dos sentidos, primero: que estaba dirigida a estudiantes del pueblo (hijas e hijos de obreros y campesinos y estudiantes marginados del sistema educativo) y segundo: les importaba que no se desclasara a los estudiantes en la escuela, por ello necesitaban mostrarles la realidad por la que estaban pasando los pueblos, realidad de miseria y pobreza para lo que uno de los medios fue la música de protesta.

La música de protesta. La música de protesta, también llamada canción social, canción protesta, canción de autor, nueva canción, nueva canción latinoamericana, música contestataria, de resistencia o música folclórica, canción popular o anarquista. Es un tipo de música que denuncia la desigualdad y la opresión. Se puede entender como: "la respuesta contestataria por parte de los y las artistas ante las guerras y dictaduras que surgieron en el mundo en la segunda mitad del siglo xx" (Bru Peral, 2017). Con la música contestataria se utiliza el arte como vehículo de protesta social y política.

Empezó a tener auge en la década de los setenta, con cantantes como Violeta Parra, Mercedes Sosa y Víctor Jara, y los cantantes mexicanos Amparo Ochoa, Judith Reyes, José de Molina y Óscar Chávez, quienes a través de ella querían expresa la desigualdad, la pobreza y la opresión hacia las masas más desfavorecidas. Por eso fue parte de la alternativa pedagógica en la popular, ya que entre los estudiantes de la época era común escuchar música de protesta, e incluso surgieron en Michoacán expresiones culturales similares por ejemplo: un grupo que además de cantar hacía teatro, estaba conformado por las hermanas Guadalupe, Teresa y Araceli Estrada Gámez (Guadalupe fue parte de la organización que fundó la secundaria Popular y a su vez ella fue fundadora de una preparatoria popular en Morelia en 1977) (Sánchez Amaro, 2018). Ese grupo y los otros que se formaron, participaban en los actos políticos culturales que se realizaban. Llegaron a venir a Morelia artistas como Judith Reyes, Amparo Ochoa, José de Molina, el grupo "Los Nakos" y los alumnos del Centro Libre de Experimentación Teatral y Artística (CLETA) de la UNAM para hacer teatro callejero. La música de protesta era tan común, que los estudiantes del quinto año de la Facultad de Veterinaria organizaron un concierto de Los Folcloristas en el Teatro Ocampo, el 12 de marzo de 1977 y para la conmemoración del 6to. Aniversario de fundación de la Casa del Estudiante Camilo Torres, se contó con la presencia de Amparo Ochoa y los Nakos (1978). En la secundaria popular, la música de protesta fue parte de la alternativa pedagógica desde que hacían marchas y mítines para su reconocimiento y ya una vez establecida, abrieron talleres de poesía coral, de oratoria y por supuesto de canción social, donde se aprendía a tocar guitarra y se cantaban canciones de protesta, el taller estaba a cargo de Raúl Guzmán (el Socio) uno de los fundadores de la secundaria. Los fines de semana hacían sábados o domingos culturales donde iban a las comunidades y cantaban canciones de protesta, se presentaban en las colonias o ciudades, pues los invitaban a ir a otros lugares, en las presentaciones, abrían con el corrido de la Secundaria Popular. Fueron a varios municipios como Zamora, Paracho, Uruapan y Nahuatzen, y los temas de sus presentaciones estaban relacionados con el trabajo, la organización y la lucha (Guzmán, comunicación personal, 2023). La música de protesta les servía para adentrarse en las comunidades e involucrarse con las personas de ellas, ya que por ejemplo: para poder recibir su certificado de secundaria, las y los estudiantes de tercer año estaban obligados a alfabetizar a una persona de una comunidad, entonces, primero iban y para adentrarse a la comunidad y conocer a las personas, entre otras actividades, cantaban música de protesta. Otros momentos en que la música de protesta fue parte de la Secundaria Popular fueron eventos de aniversario donde hacían peñas musicales: que eran eventos donde cantaban música de protesta y tomaban ponche y café. También en las actividades conmemorativas como el 2 de octubre y el 10 de junio. Y en las ceremonias de clausura de cursos. En la secundaria popular se fundaron varios grupos de música contestataria como Gabán, Antara y Nuestro Canto, formado por alumnos de las primeras generaciones, el cual estuvo trabajando por un aproximado de diez años, para volver a reunirse 30 años después, lo que sucedió el mes de noviembre de 2021. A decir de Juvenal Cortés "Lama", uno de los que han estado en la secundaria casi desde su fundación, la música era un medio para motivar: "Por la misma necesidad de la educación (…) entraba la motivación a través de grupos de teatro, grupos de música, grupos hasta de danza; entonces todo eso fue implementado para que estuvieran más centrados y más involucrados en la educación popular" (Cortés, comunicación personal, 2021).

La música de protesta en los años recientes. Comprendiendo que la música de protesta funciona como un medio para transmitir ideas y tratando de rescatar un poco de lo ya no realizado en la Secundaria Popular (desconozco desde hace cuántos años), en el ciclo

escolar 2021-2022, comenzó a impartirse un taller de guitarra a cargo del profesor Saúl López y con mi ayuda, lo hicimos con la finalidad de que los alumnos y alumnas aprendieran a tocar guitarra, pero también para implementar la enseñanza de canciones de protesta como forma de rescatar un poco de la historia de la secundaria y su esencia original: cuando la música de protesta era algo cotidiano en la escuela y era uno de los medios para ideologizar a los estudiantes y hacerles conscientes de la desigualdad de su entorno. Si bien no hubo mucha participación de parte del alumnado, que en su mayoría la música de protesta le es ajena, contamos hasta el final con un alumno llamado Santiago que egresó en el año 2023. En general el taller sirvió para dar a conocer las canciones y poder presentarlas en eventos político culturales de la Secundaria Popular, como la conmemoración del 2 de octubre y para participar en las clausuras de cursos. También sirvió para participar en el Instituto de Investigaciones Históricas en mayo del año 2021 y hacer visible la situación de la Secundaria Popular a raíz de la demanda puesta por el rector de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). En la ocasión mencionada: las y los alumnos de los dos turnos de la secundaria tocaron y cantaron en la universidad la canción: “Maldición de Malinche”. Más recientemente, durante el ciclo escolar recién terminado (2022-2023, y a raíz de la demanda también, actividades que se llevaban a cabo desde la fundación de la secundaria, por ejemplo: el taller de oratoria y de canto se volvieron a poner en marcha, el segundo dirigido por Raúl Guzmán (el Socio), que al igual que en los primeros años de “la Popular”, impartió clases de guitarra a la vez que se cantaron canciones como antaño, rescatando el “Corrido de la Popular” y las canciones de protesta que fueron famosas entre los estudiantes nicolaitas, como Campesino campesino, A desalambrar y La Lora. Al final: con casi nula asistencia de estudiantes y más asistencia de fundadores de la secundaria, los dos talleres de guitarra y canto se fusionaron en uno solo pasando a llamarse: “Taller de canto popular”, el cual mantuvo la finalidad del aprendizaje de la guitarra para poder tocar y cantar las canciones que denuncian la opresión y llaman a organizarse para transformar la realidad de las y los oprimidos por el sistema capitalista.

CONCLUSIONES. A partir de la comprensión del origen que tiene la Secundaria Popular, es más fácil comprender el tipo de educación que se buscó desde el principio: una educación emancipadora y capaz de transformar las condiciones de opresión, para lo que la música de protesta ayudó a concientizar de las formas en que se sigue dando la opresión hacia las clases más humildes. Aunque en los años más recientes no se ha mostrado mucho interés por parte del alumno hacia la música de protesta, es un elemento que sigue presente en la pedagogía de la escuela popular. El proyecto educativo que las y los fundadores de “la Popu” fueron construyendo sobre la marcha, mantiene la finalidad de concientizar sobre la opresión, si bien algunas de las personas a cargo han cambiado, las y los profesores y también el alumnado ha cambiado (un buen número de estudiantes actuales vienen de otras escuelas porque son expulsados), y aunque es mucho menos común que se escuche la música de protesta a diferencia de como lo fue en los setentas y ochentas, en la secundaria popular se trata de continuar con ese elemento pedagógico, que está presente en los distintos eventos que se realizan, porque sigue cumpliendo la misma función: denunciar las condiciones de opresión que deben ser cambiadas.

REFERENCIAS.

1. Noticias. “Acusan de vulgares mercantes a directores de secundarias”. Morelia, Mich., 24 de septiembre de 1975, pp. 1, 7.

2. AHDGSD, Gerardo Sánchez Díaz, Caja 2, exp. 9: Manifiesto del Comité impulsor del Consejo Estudiantil del Tecnológico.
3. AHDGSD, Fondo Dr. Gerardo Sánchez Díaz, exp. 29. Volante de invitación, 1978.
4. Althusser, L. Ideología y aparatos ideológicos del Estado. Freud y Lacan, Nueva Visión,1988.
5. Aranda Alcántara, D., "La escuela única según Gramsci y la reproducción cultural", Tiempo UAM Sociedad, Cultura y Tecnología, 1, agosto-noviembre de 2018, Ciudad de México, pp. 25-30.
6. Bru Peral, J. "La canción protesta latinoamericana en la voz de mujeres", Revela. Realidades y visiones sobre Latinoamérica, 6, marzo de 2017, Viena, Austria, pp. 46-53.
7. La Voz de Michoacán. "Cupo a solo la mitad de los solicitantes en las secundarias federales en Morelia". 01 de septiembre de 1974, p. 2.
8. Noticias. "Los Folcloristas Mañana en Morelia". Morelia, Mich., 11 de marzo de 1977, p. 1, 4.
9. Ponce, A. Educación y lucha de clases, Ediciones Quinto Sol.
10. Sánchez Amaro, L. Juventud y Rebeldía. El movimiento estudiantil nicolaita de 1967 a 1982, Morelia, Michoacán, México: UMSNH, Instituto de Investigaciones Históricas, 2018.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424149

ANÁLISIS DEL NIVEL DE ANSIEDAD EN ALUMNOS UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO

Alejandro Israel Alvarez López[1], Frida Daniela Cruz Vega[2], Verónica Arredondo Martinez[3], Evelyn Caballero Durán[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1630758x@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2015504h@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; veronica.arredondo@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; evelyn.caballero@umich.mx

Palabras Clave: Nivel de ansiedad, alumnos universitarios, nuevo ingreso

RESUMEN. La ansiedad es un problema común entre los estudiantes universitarios, que puede afectar su bienestar y rendimiento académico. Los síntomas de ansiedad tales como el nerviosismo, la preocupación o angustia excesiva se pueden presentar a nivel subclínico, sin llegar a mostrar todos los criterios para el diagnóstico de un cuadro psicopatológico. Estos síntomas se presentan de manera frecuente entre estudiantes que inician su vida universitaria debido a los cambios y retos a los que se enfrentan. (Balanza, Morales Moreno & Guerrero, 2009; Fonseca-Pedrero, Paino, Lemos-Giráldez & Muñiz, 2010; Ozen, Ercan, Irgil & Sigirli, 2010). Tanto a nivel clínico como a nivel subclínico, estas alteraciones emocionales impactan directamente en las funciones cognitivas y por lo tanto en el rendimiento académico (Chapell et al., 2005; Mazzone et al., 2007; Vitasaria, Abdul Wahab, Othman, Herawan y Kumar, 2010), así como en el ámbito familiar y en la percepción subjetiva del estado físico, generando importantes repercusiones personales y sociales (Hoffman, Dukes & Wittchen, 2008). El presente estudio analiza el nivel de la ansiedad en una muestra de estudiantes universitarios de nuevo ingreso utilizando el Inventario de ansiedad estado-rasgo (STAI), aplicado a 233 estudiantes, de los cuales el 78.54% no mostraron rasgos de ansiedad, mientras que el 21.45% si presenta. Los resultados indican que la mayoría de los estudiantes no presentan síntomas significativos, sin embargo, no se puede ignorar que aproximadamente una quinta parte si los manifiesta. Esto permite conocer la importancia de ofrecer apoyo e implementar estrategias para que los estudiantes que presentan síntomas puedan recibir ayuda profesional para lograr un mejor estado de salud emocional y con ello un mayor desempeño en las diferentes áreas de su vida, en especial su adaptación al entorno universitario.

INTRODUCCIÓN. El ingreso a la universidad representa una etapa crucial en la vida del estudiante, caracterizada por grandes transformaciones en los ámbitos personal, social y académico, que requieren el desarrollo de nuevas habilidades para enfrentar los desafíos que la vida universitaria demanda. Según Salanova et al. (2020), esta transición implica una mayor exigencia académica, la adquisición de nuevas responsabilidades y la adaptación a un entorno que, en muchas ocasiones, puede resultar estresante. Los estudiantes deben desarrollar competencias adaptativas como la gestión del tiempo, el afrontamiento del estrés y la conciliación de sus actividades académicas con otras responsabilidades, como las relaciones sociales, familiares e incluso laborales (González et al., 2019). Este proceso

de ajuste puede generar un impacto significativo en su bienestar emocional, contribuyendo al desarrollo de niveles de ansiedad elevados, un fenómeno cada vez más común entre estudiantes universitarios (Pérez et al., 2021). La ansiedad, según Reyes et al. (2016), es una reacción emocional que surge ante situaciones percibidas como amenazantes, y puede ser desencadenada por factores tanto internos como externos, afectando no solo el estado emocional del individuo, sino también su rendimiento académico y su capacidad de adaptación. Estudios recientes han señalado que los estudiantes universitarios con mayores niveles de ansiedad tienden a experimentar problemas en su rendimiento académico y en su capacidad para gestionar el estrés (Martínez & López, 2021), lo que refuerza la importancia de implementar estrategias de apoyo emocional y programas de intervención en el entorno universitario para promover su bienestar.

ANTECEDENTES. La ansiedad es uno de los trastornos psicológicos más comunes entre la población universitaria, un fenómeno estrechamente relacionado con la presión y las demandas del entorno académico (Wang, 2021). Esta respuesta emocional puede entenderse como un mecanismo adaptativo inherente al ser humano, diseñado para poner a las personas en alerta ante situaciones que perciben como amenazantes o desconocidas, como el desafío y el estrés asociado con el ingreso a la universidad (Harris et al., 2021). Esta respuesta adaptativa, aunque en principio beneficiosa, puede volverse problemática si se presenta en niveles desproporcionados. En niveles moderados, la ansiedad puede ser útil al fomentar una mayor concentración y motivación en tareas desconocidas o desafiantes. Sin embargo, cuando la ansiedad se convierte en excesiva, puede interferir con el rendimiento óptimo y el bienestar general, afectando negativamente la capacidad del individuo para manejar el estrés y llevar a cabo tareas académicas (Herbert & Dugas, 2019). Los niveles elevados de ansiedad pueden llevar a la aparición de síntomas físicos y psicológicos que dificultan la adaptación a nuevos entornos y experiencias, exacerbando la sensación de inseguridad y miedo. Además, la ansiedad puede manifestarse de manera diferente según el contexto académico. Harris et al. (2021) encontraron que situaciones evaluativas, como exámenes y pruebas, tienden a incrementar los niveles de ansiedad debido a la incertidumbre y el desconocimiento sobre el formato y el contenido de dichas evaluaciones. Esta incertidumbre puede generar una presión adicional sobre los estudiantes, afectando su rendimiento y bienestar. Por otro lado, Wang et al. (2021) destacan que el miedo al fracaso académico no solo aumenta la ansiedad, sino que también puede tener un impacto negativo en la autoeficacia y la motivación de los estudiantes. Este temor puede contribuir a una percepción distorsionada de las expectativas y presiones académicas, agravando aún más la experiencia de ansiedad. La interacción entre estos factores puede crear un entorno académico particularmente estresante para los estudiantes de primer ingreso, quienes deben adaptarse a nuevas demandas académicas y sociales, y enfrentar desafíos que pueden desencadenar o intensificar la ansiedad. Por lo tanto, es crucial entender cómo estos factores influyen en la experiencia de ansiedad de los estudiantes para desarrollar estrategias efectivas de apoyo e intervención.

OBJETIVO. Analizar el nivel de ansiedad en estudiantes universitarios de nuevo ingreso.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación se llevó a cabo en una muestra de 233 estudiantes universitarios de nuevo ingreso, de una universidad pública, con un método cuantitativo exploratorio donde se midió el nivel de ansiedad como rasgo a través del Inventario de ansiedad estado-rasgo (STAI). Los participantes tienen un rango de edad de

18 años o más, de los cuales 170 fueron mujeres que equivale al 72.96%, 56 hombres que es el 24.04%, 3 se identificaron como no binarios, 3 como personas transexuales y 1 persona prefirió no contestar los cuales representan el 3.00% de la población a los cuales se les aplicó la prueba. Para conocer el nivel de ansiedad se utilizó el Inventario de ansiedad estado-rasgo (STAI) adaptado al español. El STAI está compuesto por 40 ítems, evalúa dos dimensiones de la ansiedad: la ansiedad como estado, es decir, como una condición emocional transitoria y la ansiedad como rasgo esto es, la propensión ansiosa relativamente estable. En el caso de la ansiedad como estado se hace referencia a "este momento" mientras que la ansiedad como rasgo alude a "la mayoría de las ocasiones". El inventario está conformado por 40 reactivos, con 4 opciones de respuesta y se califican en una escala likert de 0 a 3 según la intensidad (0=nunca, 1=pocas veces, 2=Muchas veces y 3=Siempre). La puntuación total está entre 0 y 60 (Fonseca-Pedrero, et al., 2012). Cabe mencionar que para esta investigación se utilizó únicamente la dimensión de ansiedad como rasgo.

RESULTADOS. El puntaje total de la escala es entre 0 y 60, donde el nivel bajo va de 0 a 20, el normal de 21 a 40 y el alto de 41 a 60. Los resultados obtenidos indicaron una media de 31.49. El análisis por niveles mostró los siguientes datos, de los 233 participantes, 37 (15.87%) tienen un nivel bajo de ansiedad, 146 (62.66%) medio y 50 (21.45%) un nivel de ansiedad alto (Fig. 1).

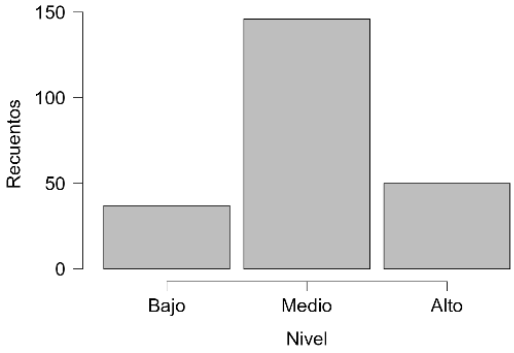


Figura 1. *Nivel de ansiedad*

El análisis de los resultados muestra un puntaje medio obtenido de 31.49, lo que sugiere que, en promedio los estudiantes presentan niveles de ansiedad moderados, ubicándose dentro del rango de normalidad (21 a 40). Esto indica que la mayoría de los estudiantes no presentan niveles alarmantes de ansiedad, aunque es necesario prestar atención a aquellos que exceden este rango. La distribución por niveles de ansiedad revela lo siguiente: 15.87% de los estudiantes (37 participantes) presentan un nivel bajo de ansiedad, lo que indica que una minoría significativa se encuentra en un estado emocional estable y gestionan adecuadamente las presiones o tensiones del entorno académico. La mayoría, 62.66% (146 participantes), presentan un nivel medio, lo que sugiere que están dentro de los rangos normales de ansiedad, aunque podrían experimentar estrés ocasional o moderado relacionado con las demandas universitarias. Este grupo, por su tamaño, es el más representativo de la muestra. Un 21.45% de los estudiantes (50 participantes) muestra un nivel alto de ansiedad, lo que es preocupante, ya que este grupo podría estar enfrentando dificultades significativas para manejar el estrés y la presión académica. Este porcentaje

sugiere que una proporción considerable de los estudiantes está en riesgo de desarrollar problemas relacionados con la ansiedad si no se interviene oportunamente.

CONCLUSIONES. Retomando lo mencionado anteriormente, el ingreso a la universidad y el gran cambio que viven los estudiantes universitarios, puede ser un factor importante para presentar síntomas de ansiedad. Los resultados indican que la mayor parte de los estudiantes se sitúa en un nivel medio de ansiedad, con un puntaje promedio que refleja una tendencia hacia la normalidad. Sin embargo, el 21.45% de los estudiantes que presentan niveles altos de ansiedad requiere especial atención, ya que estos niveles podrían afectar negativamente su bienestar psicológico y rendimiento académico. Estos resultados subrayan la importancia de implementar estrategias y programas de apoyo en la universidad para ayudar a los estudiantes a gestionar el estrés y reducir los niveles de ansiedad, especialmente en aquellos que muestran niveles altos y con ello desarrollar mayores habilidades para adaptarse de forma adecuada a las nuevas demandas del ingreso a la universidad y de vida, considerando que, la falta de herramientas adaptativas y la ansiedad pueden llevar a los estudiantes a un rezago en su formación académica o incluso a la deserción escolar.

REFERENCIAS.

1. Fonseca-Pedrero, E., Paino, M., Sierra-Baigrie, S., Lemos-Giráldez, S. & Muñiz, J. (2012). Propiedades psicométricas del “cuestionario de ansiedad estado-rasgo (STAI) en universitarios. Psicología conductual, 20(3), 547-561.
2. González, R., López, J., & Martín, A. (2019). El afrontamiento del estrés en estudiantes universitarios: una revisión teórica. Revista de Psicología Educativa, 25(3), 67-78.
3. Harris, S., Hundley, G., & Lambie, G. (2021). The Effects of Neurofeedback on Depression, Anxiety, and Academic Self-Efficacy. Journal of College Student Psychotherapy, 35(1), 15-29. https://doi.org/10.1080/87568225.2019.1606689
4. Herbert, E.A., & Dugas, M.J. (2019). Behavioral Experiments for Intolerance of Uncertainty: Challenging the Unknown in the Treatment of Generalized Anxiety Disorder. Cognitive and Behavioral Practice, 26(2), 421-436.
5. Martínez, C., & López, M. (2021). Impacto de la ansiedad en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios. Psicología y Educación, 29(4), 112-129.
6. Pérez, F., Gómez, L., & Vargas, P. (2021). Ansiedad y adaptación universitaria: un estudio en estudiantes de primer ingreso. Educación y Psicología, 15(1), 45-60.
7. Reyes, C., Monterrosas, A., Navarrete, A., Acosta, E. & Torruco, U. (2016). Ansiedad de los estudiantes de una facultad de medicina mexicana, antes de iniciar el internado. Investigación en Educación Médica, 6(21), 42-46. http://dx.doi.org/10.1016/j.riem.2016.05.004
8. Reyes, F., Domínguez, J., & Martínez, L. (2016). La ansiedad como factor predictivo del éxito académico en estudiantes universitarios. Revista Mexicana de Psicología, 33(2), 88-95.
9. Salanova, M., Llorens, S., & Schaufeli, W. B. (2020). Coping with academic demands: The role of the engagement, self-efficacy and burnout. Psicothema, 32(1), 25-31.
10. Wang, Y.F. (2021). Academic procrastination and test anxiety: A cross-lagged panel análisis. Journal of Psychologists and Counsellors in Schools, 31(1), 122-129. https://doi.org/10.1017/jgc.2020.29

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades **ID: CP0424151**

LAS CAPACIDADES DINÁMICAS COMO CLAVE DE LA VENTAJA COMPETITIVA EN LA OBRA PUBLICA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEXICANA

Indira Citlalli Ventura Ruiz[1], Juan Alberto Bedolla Arroyo[2], Francisco Sánchez Ochoa[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; indira.citalli.ventura@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; alberto.bedolla@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; francisco.sanchez@umich.mx

Palabras Clave: Capacidades Dinámicas 1, Obra Publica 2, Ventaja Competitiva 3.

RESUMEN. Esta investigación está centrada en el desarrollo de capacidades dinámicas como factor determinante de ventaja competitiva en la obra pública de la industria de la construcción en México considerando exclusivamente a las empresas que participan dentro de la Obra pública. Se analizaron 370 entrevistas teniendo como universo de estudio constructoras y contratistas de Baja California y Michoacán, mismas que fueron realizadas entre octubre de 2021 y mayo de 2022, mediante el modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM). Los resultados indican un impacto significativo de estas capacidades en la ventaja competitiva con un efecto de gran tamaño (f2 = 0.619), revelando a su vez factores importantes que limitan e impactan en las contrataciones de la obra pública así como en el manejo de tecnologías en los procesos de ejecución y puesta en marcha de las mismas; así pues resulta importante subrayar el impacto directo en la innovación en los costos y la especialización de la mano de obra al ser combinada la innovación y las capacidades dinámicas dado que el efecto en la competitividad es considerablemente mayor. Esto demuestra que la ventaja competitiva en la industria de la construcción en México y más en el rubro de la obra pública depende significativamente de cómo las empresas manejan y adapten tecnologías innovadoras y procesos en un entorno dinámico y cambiante.

INTRODUCCIÓN. En México, la industria de la construcción desempeña un papel importante como sector crucial en el desarrollo económico y social, especialmente en el ámbito de la obra pública. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2018), define la obra pública como "los proyectos de infraestructura llevados a cabo por el sector público, cuyo objetivo es mejorar la infraestructura básica y los servicios esenciales, promoviendo así el desarrollo económico y social. “Esta área es vital tanto para la generación de empleo como para el apoyo de la infraestructura nacional. Según el INEGI (2020), la construcción no solo impulsa 37 de las 73 ramas productivas del país, sino que también genera significativos empleos indirectos. Sin embargo, tiene desafíos significativos, tales como, la necesidad de adaptarse a nuevas tecnologías, normativas ambientales y requisitos de sostenibilidad. El Índice de Competitividad Global 2019 del Foro Económico Mundial situó a México en el puesto 48 de 141 naciones, mostrando una ligera caída respecto al año anterior (FEM, 2014).

La obra pública comprende las acciones, servicios o trabajos que el Estado lleva a cabo sobre bienes muebles o inmuebles para satisfacer necesidades públicas, incluyendo la construcción, reparación, conservación, instalación o demolición (Cruz-Meléndez & Pinacho Rios, 2020). Estos trabajos son esenciales para el desarrollo económico y social, y su eficacia depende de múltiples factores que configuran su competitividad. Esta competitividad se define por la capacidad de entregar proyectos de manera eficiente, costeable y de alta calidad. En este contexto, la competitividad se puede ver influenciada por varios factores, incluyendo la capacidad de innovación, la eficiencia en la gestión de recursos, la calidad de la infraestructura entregada y la habilidad para completar proyectos a tiempo y dentro del presupuesto (Gallegos Gallardo & Yugcha Quisaguano, 2022). Autores como Gary Pisano, David Teece y Amy Shuen (1997) y (León-Castro, Sahni, Blanco-Mesa, Alfaro-García, y Merigo (2023) destacan que la capacidad de innovar y mantener la competitividad a largo plazo depende de desarrollar capacidades dinámicas que permitan adaptarse a cambios y aprovechar nuevas tecnologías y modelos de negocio. Eisenhardt y Martin (2000), Rebecca Henderson y Kim Clark (1990), han señalado cómo las estrategias ágiles y la gestión de competencias centrales son cruciales para la innovación y adaptación en contextos cambiantes. En el ámbito de la construcción, la innovación implica la adopción de nuevas tecnologías, procesos y materiales que mejoran la eficacia y sostenibilidad de los proyectos (Espinoza Barrera, 2020). Las capacidades dinámicas, por su parte, se refieren a la habilidad de las organizaciones para reconfigurar competencias internas y externas en respuesta a entornos en evolución, asegurando así que la infraestructura pública no solo cumpla con los requerimientos actuales, sino que también responda proactivamente a las futuras demandas y desafíos del sector (Morales Guzmán & Cantor, 2011). El objetivo principal de este trabajo es analizar cómo las capacidades dinámicas potencian la competitividad en la obra pública de la industria de la construcción en México. Específicamente, se busca cuantificar el impacto de estos factores en la ventaja competitiva de las empresas constructoras de México. Para ello, el artículo está estructurado de la siguiente manera: la primera sección es una introducción, en la que se describe brevemente el contexto de la investigación; la segunda sección revisión de la literatura empírica. La tercera sección es la metodología, en la cual se presentan los modelos. La cuarta sección presenta y analiza los resultados, y finalmente, la quinta sección presenta las conclusiones.

ANTECEDENTES. La competitividad se refiere a la capacidad de una empresa, región o país para producir bienes y servicios que cumplan con los estándares de calidad del mercado internacional, mientras mantiene o incrementa el bienestar de sus ciudadanos. Según Porter (1990), "la competitividad se logra cuando una entidad es capaz de innovar y mejorar constantemente su oferta de productos o servicios para satisfacer la demanda del mercado" (Porter, 1990). La competitividad en la industria de la construcción se define como la capacidad de las empresas de construcción para diseñar, desarrollar y entregar proyectos de manera eficiente y eficaz, superando a sus competidores en términos de costo, calidad y tiempo. Esencialmente, implica la habilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado, incorporar nuevas tecnologías y gestionar recursos de manera óptima. Según Rojas y Aranda (2003), "la competitividad en la construcción se mide por la capacidad de las empresas para ejecutar proyectos de manera rentable, innovadora y cumpliendo con los estándares de calidad esperados" (Rojas & Aranda, 2003). Mientras que la competitividad en la obra pública se refiere a la capacidad de las empresas de construcción para participar exitosamente en licitaciones y contratos públicos, ofreciendo propuestas que

no solo cumplan con los requisitos técnicos y legales, sino que también ofrezcan valor agregado, como innovación, eficiencia y sostenibilidad. Esta competitividad implica la habilidad para gestionar proyectos de gran escala bajo las restricciones presupuestarias y de tiempo que son características de la obra pública. Según Pires y Gamboa (2016), "la competitividad en la obra pública está relacionada con la eficiencia en la gestión de recursos y la capacidad para cumplir con las especificaciones del cliente, superando a otros competidores en el proceso de licitación" (Pires & Gamboa, 2016). Respecto al desarrollo de capacidades dinámicas, Teece, D.J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997), conocidos por desarrollar el concepto de capacidades dinámicas. Han aplicado este concepto a diversas industrias, incluyendo la construcción, para explicar cómo las empresas pueden reconfigurar sus competencias para adaptarse a los cambios del entorno y mejorar su competitividad. Dikmen, I., Birgonul, M.T., & Kiziltas, S. (2005) explican cómo las empresas constructoras pueden desarrollar capacidades dinámicas para mejorar su competitividad, destacando la importancia de la gestión del conocimiento y la capacidad de innovación como factores clave para adaptarse a los cambios en el mercado. Helfat, C.E., & Peteraf, M.A. (2003 mencionan que las empresas pueden mantener una ventaja competitiva en mercados cambiantes, incluyendo la industria de la construcción y Gann, D.M., & Salter, A. (2000) encontraron en su análisis una fuerte relación entre las capacidades dinámicas, la innovación y la gestión del conocimiento, para mejorar la competitividad en la industria de la construcción. Su trabajo destaca la necesidad de adaptabilidad y aprendizaje continuo en el sector. Por Capacidades dinámicas, se entiende a la habilidad de una organización para integrar, construir y reconfigurar competencias internas y externas con el fin de abordar rápidamente los cambios en el entorno empresarial. Este concepto, desarrollado por Teece, Pisano y Shuen (1997), implica que las empresas deben ser capaces de adaptarse y renovarse continuamente para mantener una ventaja competitiva sostenible. Mientras que las capacidades dinámicas en la industria de la construcción se refieren a la habilidad de las empresas constructoras para adaptarse y responder eficazmente a los cambios tecnológicos, regulatorios y de mercado. Esto incluye la capacidad para innovar en procesos y tecnologías, gestionar eficientemente proyectos complejos y fomentar la colaboración entre diferentes partes interesadas. Según Dikmen, Birgonul y Kiziltas (2005), estas capacidades permiten a las empresas no solo sobrevivir, sino también prosperar en un entorno de construcción altamente competitivo y cambiante. Con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo planteado el cual es analizar cómo las capacidades dinámicas potencian la competitividad en la obra pública de la industria de la construcción en México. Específicamente, cuantificar el impacto de estos factores en la ventaja competitiva. El uso del modelo de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) es particularmente útil, siendo herramienta común entre autores que realizan investigaciones exploratorias. Algunos ejemplos de investigaciones en la que se han utilizado ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) para analizar la innovación, las capacidades dinámicas y la competitividad, son Wang, C.L., & Ahmed, P.K. (2007), en su estudio revisan la literatura existente sobre capacidades dinámicas y su relación con la innovación y la competitividad. Utiliza PLS-SEM para modelar las relaciones entre estos constructos y su impacto en el rendimiento organizacional. Bakar, L.J.A., & Ahmad, H. (2010), los autores utilizan PLS-SEM para investigar cómo los recursos de la empresa, incluyendo capacidades dinámicas, afectan el desempeño en la innovación de productos, lo que a su vez influye en la competitividad empresarial y Martín-de-Castro, G., Delgado-Verde, M., Navas-López, J.E., & Cruz-González, J. (2013). Quienes analizaron cómo la cultura de innovación modera la relación entre los activos de conocimiento y la innovación

de productos, utilizando PLS-SEM para evaluar el impacto en la competitividad organizacional. Las ventajas que ofrece la metodología PLS-SEM, es que permite modelar variables mediadoras y moderadoras, proporcionando una visión integral de cómo los factores interactúan y afectan el rendimiento organizacional. A diferencia de otros métodos de ecuaciones estructurales, PLS-SEM no asume normalidad en la distribución de los datos. Esto es ventajoso en estudios con datos de encuestas o de campo, donde las distribuciones pueden ser sesgadas o no normales. PLS-SEM permite a los investigadores especificar modelos más flexibles y adaptarse mejor a la realidad empírica, ajustando fácilmente las hipótesis teóricas y las relaciones entre variables según los datos disponibles. PLS-SEM no solo proporciona una evaluación de la relación entre variables, sino que también puede ser utilizarse para hacer predicciones y entender la causalidad. Esto es particularmente relevante para medir cómo las mejoras en la innovación y las capacidades dinámicas pueden conducir a una mayor competitividad.

OBJETIVO. Este artículo analiza la ventaja competitiva del sector de la construcción que participa en la obra pública en México. La población objeto de estudio son las empresas constructoras dedicadas a la Obra pública en el rubro de construcción de obras de ingeniería civil y a la realización de trabajos especializados, clasificadas en el sector 23 Construcción que conforme el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (INEGI-SCIAN, 2018). Dando como resultado un universo de estudio de 3370 empresas, información que se puede apreciar en la Tabla 1.

Entidad Federativa	2014 número de empresas	Entidad Federativa	2014 número de empresas
Estados Unidos Mexicanos	3370		
Aguascalientes	85	Morelos	54
Baja California	97	Nayarit	58
Baja California Sur	61	Nuevo León	215
Campeche	63	Oaxaca	96
Coahuila de Zaragoza	141	Puebla	110
Colima	75	Querétaro de Arteaga	75
Chiapas	86	Quintana Roo	77
Chihuahua	131	San Luis Potosí	102
Distrito Federal	321	Sinaloa	102
Durango	63	Sonora	117
Guanajuato	145	Tabasco	93
Guerrero	58	Tamaulipas	126
Hidalgo	87	Tlaxcala	48
Jalisco	192	Veracruz	121
México	114	Yucatán	98
Michoacán de Ocampo	94	Zacatecas	65

Tabla 1. *Empresas constructoras dedicadas a la Obra pública en el rubro de construcción de obras de ingeniería civil y a la realización de trabajos especializados*
Fuente: (INEGI, 2018)

Para la obtención de datos a analizar, se elaboró un instrumento tipo encuesta el cual se aplicó a una muestra representativa de la población objeto de estudio. Se considera que la

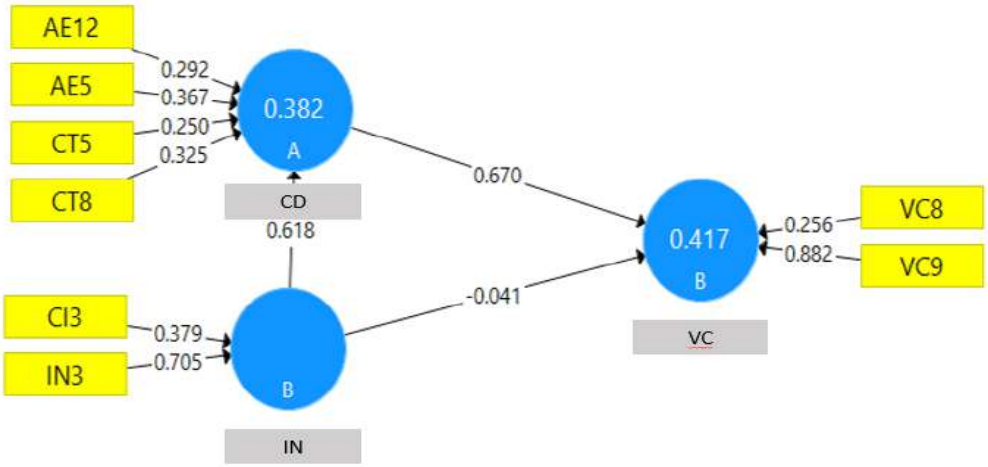
persona idónea para contestar son el representante legal o el superintendente de obra de la empresa constructora, por el tipo de cuestionamientos involucrados en el mismo. Partiendo de la población estimada de 3370 empresas, para un nivel de confianza del 95%, se calcula el tamaño de la muestra según la teoría del muestreo, resultando en 345 empresas. La estructuración de la herramienta de recolección de datos se desarrolló de acuerdo con siete temas base: Capacidad de Adaptación, Capacidad de Absorción, Capacidad de Innovación, Innovación de producto o servicios, Innovación de proceso, Innovación Organizacional, Innovación de Marketing. De estos temas se desprendieron un total de 30 reactivos de la encuesta (véase tabla 2).

Bloque	número de Items
Ventaja Competitiva (VEC1)	11
Capacidades Dinámicas (CAD1)	12
Items Total	23

Tabla 2. *Bloques del instrumento de medición*

El análisis de la literatura se realizó a través de una revisión sistemática de la literatura, en la que se llevó a cabo un análisis de contenido enfocándose y seleccionando el código específico VEC1 para la Ventaja Compatitiva, CAD1 para las Capacidades Dinámicas. Posteriormente, se realizó una encuesta piloto para asegurar la fiabilidad de los datos antes de llevar a cabo la encuesta por cuestionario. Según la recomendación de Hinton et al. (2004), se requiere un alfa de Cronbach mínimo de 0.6 para el estudio piloto. Se calculó un alfa real de 0.818 en el estudio piloto, lo que permitió proceder con la fase de recolección de datos mediante una encuesta por cuestionario para establecer un modelo de ecuaciones estructurales. La herramienta de recolección de datos fue aplicada durante el periodo de octubre de 2021 a mayo 2022 por medio de correo electrónico en la plataforma de Google forms a sujetos de estudio en los Estados de Baja California y Michoacán. Se obtuvieron un total de 360 instrumentos válidos. Una vez recolectados los datos en su totalidad, la información se recopiló y ordenó para posteriormente realizar las pruebas correspondientes a los objetivos, para realizar el modelado de ecuaciones estructurales, se usó el software Smart PLS en su versión 3.3.9.

RESULTADOS. Los hallazgos de este artículo revelan los factores más importantes que limitan e impactan en las contrataciones de la obra pública, el manejo de tecnologías en los procesos de ejecución y puesta en marcha de estas, así como la aplicación de materiales innovadores. Los hallazgos revelaron que existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la Innovación organizacional basada en la inteligencia organizacional incurren positivamente en la especialización y el costo de la mano de obra especializada y sus sistemas de producción eficiente para la ventaja competitiva de las empresas que participan dentro de la obra pública en México ($\beta = 0.018$; $t = 0.386$; $p = 0.699$), así mismo, el tamaño de efecto de la ventaja competitiva sobre la innovación es de tamaño pequeño ($f2 = 0.002$); sin embargo si se miden en conjunto con las capacidades dinámicas con un efecto mediador nos da como resultado un efecto de tamaño grande en las empresas constructoras que participan dentro de la obra pública en México ($f2 = 0.619$).



CONCLUSIONES. Los hallazgos de este artículo revelan los factores más importantes que limitan e impactan en las contrataciones de la obra pública, el manejo de tecnologías en los procesos de ejecución y puesta en marcha de estas, así como la aplicación de materiales innovadores; revelando con ello que existe evidencia estadística suficiente para afirmar que la Innovación organizacional basada en la inteligencia organizacional incurren positivamente en la especialización y el costo de la mano de obra especializada y sus sistemas de producción eficiente para la ventaja competitiva de las empresas que participan dentro de la obra pública en México (β = 0.018; t = 0.386; p = 0.699), así mismo, el tamaño de efecto de la ventaja competitiva sobre la innovación es de tamaño pequeño (f2 =0.002); sin embargo si se miden en conjunto con las capacidades dinámicas con un efecto mediador nos da como resultado un efecto de tamaño grande en las empresas constructoras que participan dentro de la obra pública en México (f2 = 0.619); por lo tanto de forma general este estudio subraya la importancia de las capacidades dinámicas en la mejora de la competitividad en la obra pública en México. A pesar de que el impacto directo de la innovación en los costos y la especialización de la mano de obra es modesto, cuando se combinan la innovación y las capacidades dinámicas, el efecto en la competitividad es considerablemente mayor.

REFERENCIAS.

CEPAL. (2018). *Inversión en Infraestructura en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado de https://www.cepal.org/es/inversion-infraestructura-america-latina-caribe
- Rojas, E. M., & Aranda, M. G. (2003). *Measuring and Explaining the Competitiveness of the Construction Industry*. Journal of Construction Engineering and Management, 129(4), 336-341.
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press.

Referencias de los autores mencionados que han trabajado en temas relacionados con la industria de la construcción, la competitividad y las capacidades dinámicas:

1. **Teece, D.J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997).** Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal, 18*(7), 509-533.
2. **Dikmen, I., Birgonul, M.T., & Kiziltas, S. (2005).** Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. *Building and Environment, 40*(2), 245-255.
3. **Eisenhardt, K.M., & Martin, J.A. (2000).** Dynamic capabilities: What are they? *Strategic Management Journal, 21*(10-11), 1105-1121.
4. **Helfat, C.E., & Peteraf, M.A. (2003).** The dynamic resource-based view: Capability lifecycles. *Strategic Management Journal, 24*(10), 997-1010.

5. **Gann, D.M., & Salter, A. (2000).** Innovation in project-based, service-enhanced firms: The construction of complex products and systems. *Research Policy, 29*(7-8), 955-972.

Referencia:
- Dikmen, I., Birgonul, M.T., & Kiziltas, S. (2005). Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. *Building and Environment, 40*(2), 245-255.
- Teece, D.J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal, 18*(7), 509-533.
Dynamic capabilities: A review and research agenda. *International Journal of Management Reviews, 9*(1), 31-51.
2. **). “Intellectual capital and new product development performance: The mediating role of organizational learning capability. Technological Forecasting and Social Change, 76 (5), 664-677.
- En este artículo,
3.** Exploring the antecedents of potential absorptive capacity and its impact on innovation performance. *Omega, 36*(2), 173-187.
- Fosfuri, A., & Tribó, J.A. (2008).** Este estudio examina los antecedentes de la capacidad de absorción potencial y su impacto en el desempeño de la innovación, utilizando PLS-SEM para analizar las relaciones entre estos factores y la competitividad en empresas tecnológicas.

4.**.** Assessing the relationship between firm resources and product innovation performance: A resource-based view. *Business Process Management Journal, 16*(3), 420-435.
5. ** ** The moderating role of innovation culture in the relationship between knowledge assets and product innovation. *Technological Forecasting and Social Change, 80*(2), 351-363.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CP0424152

EL PAISAJE CULTURAL DEL VALLE DE GUADALUPE A PARTIR DE LOS CAMBIOS EN EL USO DE SUELO EN EL SIGLO XX

Irina Monserrat Tecuapetla Almazán[1], Claudia Rodríguez Espinoza[2], Pedro S. Urquijo Torres[3]

1 UMSNH. 0201455g@umich.mx

2 UMSNH. claudia.rodriguez@umich.mx

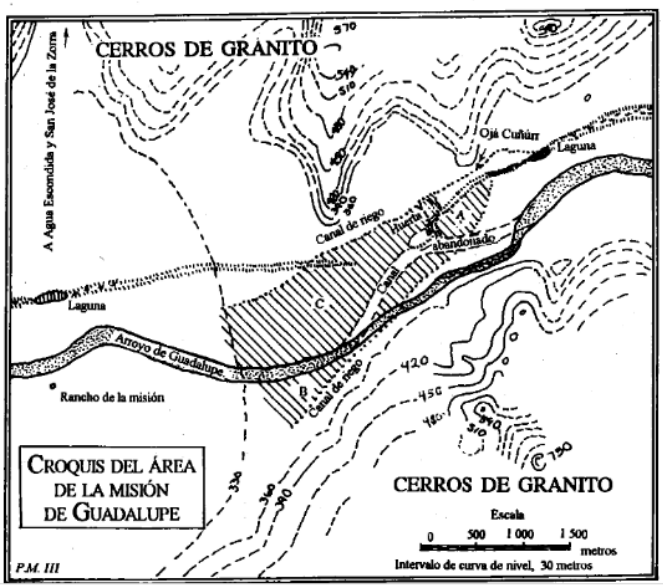
3 UNAM. psurquijo@ciga.unam.mx

Palabras Clave: Paisaje cultural, Uso de Suelo, valle de Guadalupe.

RESUMEN. En un México lleno de diversidad en paisajes y por ende en culturas, el norte del país contiene dos de los estados de mayor producción y tradición en relación con el cultivo y procesamiento de la vid. Coahuila y Baja California representan la producción de los vinos de mexicanos a nivel mundial. Este estudio se enfocó en el valle de Guadalupe, una pequeña región de Baja California la cual es una de las más reconocidas en la actualidad por sus más de 64 viñedos. Este valle tiene una tradición vitivinícola que se remonta al siglo XIX, con lo cual este sitio ha experimentado una serie de procesos de migración y transformación, que han conformado su paisaje cultural. La investigación se centró el estudio de estos paisajes a través de un análisis histórico descriptivo, donde se analizó su morfología, para la comprensión de la vocación agrícola, y principalmente los procesos históricos de cambio de uso de suelo, que crearon el territorio vitivinícola del sitio. Esto junto con la investigación de archivo y la cartografía histórica, nos permitió generar una reinterpretación del proceso de conformación del paisaje vitivinícola del valle de Guadalupe.

INTRODUCCIÓN. La presente investigación se centró en el análisis paisaje cultural del valle de Guadalupe a partir de los cambios en el uso de suelo producto de los procesos históricos que sucedieron en el siglo XX, convirtiendo esta población rural en una región agrícola que en la actualidad es de gran éxito en el cultivo y procesamiento de la vid. El valle de Guadalupe se encuentra en el estado de Baja California, en la cuenca del mismo nombre en el municipio de Ensenada. En este sitio se encuentra la localidad de Francisco Zarco, donde se localizan los vestigios de la antigua misión dominica del siglo XIX.

ANTECEDENTES. La actividad agrícola en este valle data del siglo XIX con la llegada de los dominicos a la región, donde instalaron una misión que cultivaba vid, olivo, trigo y frutos, además de ser una de las misiones con mayor producción ganadera, aunque esta orden no se mantuvo por mucho tiempo en el sitio dejo una tradición agrícola, siendo ellos los primeros en asignar un uso de suelo en el valle. (Mena, 2013) (ver. Fig. 1)

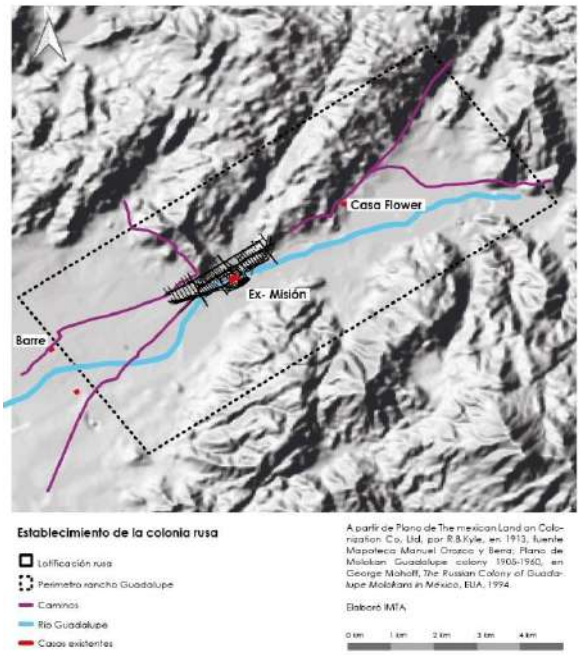


Posterior al abandono de la misión a finales del siglo XIX con las legislaciones del momento sobre tenencia de la tierra, este se convirtió en el Rancho Guadalupe perteneciendo a la familia Moreno (Long, 1976), cuestión que no duraría más de dos décadas ya que al iniciar el siglo XX, este sería adquirido por los molokanes bajo la ley de colonización de 1883.

OBJETIVO. Los objetivos de este trabajo fueron atender de manera inicial algunas incógnitas como: ¿Cuáles fueron las características geomorfológicas dieron las condicionantes para que se conformará el paisaje cultural del valle?, ¿Es posible que el cultivo y procesamiento de la vid sea un eje de convergencia entre las culturas a lo largo del tiempo?, ¿Cuáles fueron los procesos históricos que transformaron el territorio, asignando su vocación agrícola y generando los cambios de uso en el valle?, ¿Cómo se conformó el paisaje cultural del valle de Guadalupe?; todo esto bajo la hipótesis general de que el sitio contaba con los recursos necesarios y las características óptimas para el cultivo desde el siglo XIX, por lo que los dominicos comenzaron a asignarle un uso agrícola, y que es posible estudiar el paisaje cultural a partir de los cambios de usos de suelo de acuerdo al enfoque de la geografía cultural de la escuela de Berkeley.

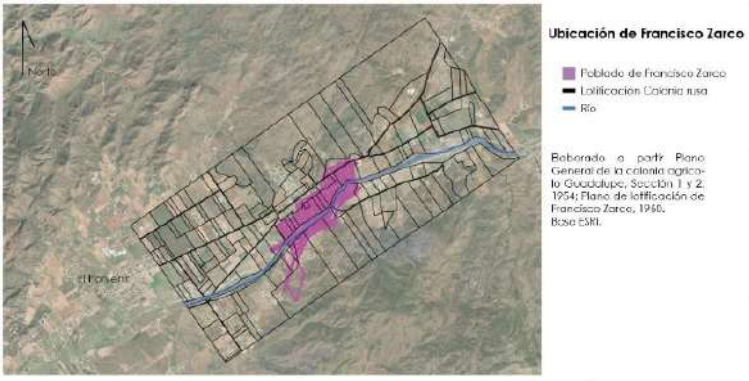
MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología por seguir en este trabajo de investigación se fundamentó en el enfoque histórico descriptivo, donde se estudiaron a profundidad los procesos históricos del siglo XIX para tener una antesala al principal siglo de interés, el siglo XX y su paisaje cultural, a fin de poderlos relacionar con los cambios de uso de suelo del valle, entendiendo estos cambios como los vestigios de lo acontecido durante ese periodo de tiempo. La investigación se respalda con fuentes primarias como documentos de archivo, cartografías históricas, censos y estadísticas, así como descripciones de geógrafos que estudiaron el sitio, además de bibliografía especializada del sitio; fue posible contextualizar los procesos históricos, analizar sus causas y los efectos, genera una secuencia temporal y relacionar todo para generar una reinterpretación del paisaje cultural mediante una descripción y cartografía.

RESULTADOS. Al inicio del siglo XX se tenía el proyecto de colonizar el norte de México, con la principal idea de evitar un posible nuevo ataque por parte del país vecino de tal manera que se dieron diversos sitios poblados por extranjeros en diferentes partes del territorio mexicano. Así fue como en valle de Guadalupe volvió el sitio de un grupo de rusos que buscaban una mejor calidad de vida. Los rusos molokanes son un grupo de la religión ortodoxa rusa, que fueron perseguidos al negarse a las demandas del Zar Nicolás II sobre las actividades militares que debían realizar. Este grupo encontró un sitio donde podían establecerse y realizar sus actividades en el valle de Guadalupe. (Mena, 2013) Este grupo se dedicaba a la agricultura y la ganadería, como principales fuentes de recursos.



El gobierno de México puso ciertas condiciones a este grupo de personas para poder adquirir el predio, dentro de las cuales se encontraba el duplicar la población, realizar los pagos del predio en cada ciclo de cosecha, la lotificación y distribución equitativa de la tierra con sus colonos. (Mohoff, 1994) (Ver Fig. 2). Algunos de los trazos y el uso de suelo asignado por los rusos aún se conserva, sin embargo, esta comunidad se vio diluida a lo largo de las décadas del siglo XX, entre una serie de conflictos derivados de las promesas de la Revolución Mexicana como la Reforma Agraria, que le prometía la tierra mexicana a los mexicanos. Dentro de estos procesos agrarios que afectaron a la comunidad rusa, y dieron pie a nuevas distribuciones y usos de suelo en el valle, fue la creación de un ejido en la década de los treinta denominado El Porvenir, además de otros actores como empresarios que comenzaban a despuntar y solicitar más cosechas, como Olivares mexicanos y la vitivinícola Santo Tomas, lo que propicio el incremento de las áreas de cultivo y la migración de otras partes del país a este valle, ahuyentando a los rusos de su sitio. (Mohoff, 1994). El tercer momento importante del siglo XX fue en la década de los cincuenta cuando un grupo agrarista amenazo las tierras de los rusos de manera agresiva solicitando sus tierras de acuerdo a la ley de tierras desocupadas, logrando que se les asignaran cerca de un veinte por ciento del rancho, lo que propicio que algunos de los pocos rusos que quedaban se fueran del país. Así es como se fundó el poblado de Francisco Zarco, el cual no era propiamente agrícola, este se fundó como la primera zona urbana de

la región del valle, con lotes de tamaño que no permitían actividades agrícolas, eran de uso exclusivo habitaciones (Ver Fig. 3). De esta manera se presenta otro importante cambio en su uso de suelo a partir de un conflicto social.



CONCLUSIONES. El valle tuvo una vocación agrícola debido a la riqueza del suelo que contenía minerales importantes para los cultivos, así como los recursos hídricos que eran proporcionados por el río Guadalupe, además de la temperatura adecuada que se obtiene por la cercanía al Océano Pacifico y la formación topográfica del valle que funciona como una barrera ante las corrientes de aire. Todos estos elementos geomorfológicos hacen de este valle un sitio ideal para la producción agrícola. Gracias a la metodología utilizada para este trabajo, se detectaron tres momentos importantes que marcaron el paisaje a lo largo del siglo XX, el primero con la llegada de los rusos, el segundo con la creación del ejido El Porvenir y el tercero con el despojo de las tierras rusas para la creación del centro urbano Francisco Zarco.

REFERENCIAS.

1. Adams Muranaka, Theresé, Los molokanos rusos de Baja California, en Estudios fronterizos, Año 5, Núm. 14, 1987
2. Garduño, Everardo, “Cartografía simbólica sobre el territorio tradicional de los kumiai”, en Desacatos, núm. 55, 2017
3. Long, R. W. (1976). Annals of rancho ex misión de Guadalupe. En R. W. Long, Brand book number four. The San Diego corral of the westerners (pág. 133). San Diego.
4. Meigs, Peveril, La frontera misional dominica en Baja California, Baja California, UABC, 1994, p. 207 Traducción Tomás Segovia.
5. Mena, M. S. (2013). Érase una vez en un valle... En J. C. Aguilera, El valle de Guadalupe: Conjugando tiempos (pág. 22). Mexicali: UABC.
6. Mohoff, G. (1994). The russian Colony of Guadalupe Molokans in México. EUA.
7. Ruiz Ríos, Rogelio E. “Disputas por la tierra en el Calle de Guadalupe, Baja California en la década de 1950. El establecimiento del poblado Francisco Zarco.”, en Antonio Escobar Ohmstede (coord.), Agua y tierra en México, siglos XIX y XX, Zamora, El Colegio de Michoacán, 2008, p. 441-465

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524103

RESPUESTA INMUNOTROMBÓTICA DE LAS CÉLULAS ENDOTELIALES A LA PROTEÍNA SPIKE DEL VIRUS SARS-COV-2

Alan Fabricio Cano Méndez[1], Nallely García Larragoiti[1], Rogelio Vega Agavo[1], Jennifer Vélez Chávez[1], Ana Edith Higareda Mendoza[2], Alejandra Ocho Zarzosa[1], Martha Eva Viveros Sandoval[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alan.cano@umich.mx

Palabras Clave: Inmunotrombosis; endotelio; SARS-CoV-2.

RESUMEN. El SARS-CoV-2, causante de COVID-19, utiliza a la proteína Spike (S) para infectar células en el hospedero. S es un homotrímero que utiliza el dominio de unión al receptor (RBD) para internalizar al virus en células diana a través de la enzima convertidora de angiotensina II (ECA-II). La célula endotelial expresa ampliamente ECA-II, haciéndola susceptible a la infección. COVID-19 es una enfermedad asociada a un proceso inmunotrombótico activo con inflamación, coagulación exacerbada y endotelopatía. Estudiar la respuesta endotelial a la proteína S permitirá entender la participación de estas células en la fisiopatología de la enfermedad. Dos líneas celulares distintas: HUVEC y EAhy926, fueron expuestas a la proteína S del SARS-CoV-2 y el dominio RBD. Se evaluaron los mediadores inflamatorios, trombóticos y fibrinolíticos liberados por las células posterior a estimulo con las proteínas virales y se compararon con células no tratadas y estimuladas con agonistas inflamatorios y procoagulantes conocidos. Se observó un aumento de la liberación de IL-6, IL-8, P-selectina, PSGL-1, MCP-1 y sCD40L, así como TF, PAI-1, tPA, D-D y vWF en comparación con el control. Las concentraciones de biomarcadores inmunotrombóticos fueron similares a observadas al tratar las células endoteliales con estímulos inmunitarios como IL-6 y LPS; así como posterior al estimulo con agonistas conocidos de la activación endotelial como el VEGF. La proteína S induce un fenotipo inmunotrombótico en las células endoteliales, sugiriendo su participación en el establecimiento de un estado inflamatorio y procoagulante durante la infección ocasionada por el SARS-CoV-2.

INTRODUCCIÓN. El SARS-CoV-2 inicia su ciclo de replicación viral en el humano a partir de la infección de células mediada por la interacción entre el receptor de la Enzima Convertidora de Angiotensina 2 (ECA-2) y la proteína Spike (S). La proteína S está conformada por dos subunidades (S1, S2), en la S1 es posible identificar el dominio de unión a receptor (RBD). Existen reportes que evidencian un estado inmunotrombótico activo en pacientes afectados por COVID-19, caracterizado por un proceso inflamatorio agudo y un estado procoagulante. Las células endoteliales (CE) son ricas en la expresión de ECA-2 y su principal función es mantener la homeostasis vascular. La disfunción endotelial se ha asociado con un peor pronóstico en COVID-19.

ANTECEDENTES. El SARS-CoV-2 es un virus envuelto perteneciente a la familia de los Coronaviridae, género Betacoronavirus, subgénero Sarbecovirus. Este virus se disemina principalmente vía aérea a partir de aerosoles expulsados por una persona

infectada. El ciclo de replicación de este agente viral comienza con su internalización a la célula diana, la cual está mediada por la interacción entre la proteína spike y la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA-2) como receptor de entrada, una vez internalizado, la agente viral continua con la replicación del material genético viral, la traducción proteica y el ensamblaje de nuevos viriones. La inflamación y la coagulación son respuestas esenciales del hospedero en estados homeostáticos y en enfermedades críticas como COVID-19. El término inmunotrombosis se acuñó por primera vez en 2013 por Engelmann y Massberg. En la inmunotrombosis intervienen células inmunitarias innatas, plaquetas y factores de coagulación, que contribuyen al control y la eliminación de las infecciones. En su forma fisiológica, representa proceso de microcoagulación, que no produce síntomas clínicos adversos y simplemente ayuda a inmovilizar patógenos invasores o estructuras extrañas dañinas para su posterior eliminación por las células inmunitarias. En el contexto de COVID-19, la infección por SARS-CoV-2 tiene un profundo impacto en las células endoteliales, contribuyendo a la disfunción vascular sistémica observada en los casos graves. Esta afectación endotelial contribuye a la trombosis microvascular, el aumento de la permeabilidad vascular y el desarrollo de complicaciones respiratorias y multiorgánicas graves en pacientes con COVID-19.

OBJETIVO. Estudiar la respuesta inmunotrombótica de las células endoteliales a la proteína Spike completa y al dominio RBD del virus SARS-CoV-2.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las línea celular endotelial humanas EA.hy926 se cultivó de acuerdo a sus requerimientos. Se sembraron las células (10 x 103 células/pocillo) en una placa de 96 pozos y se cultivaron durante 24 h. En ensayos individuales, las células se incubaron directamente con la proteína de Spike (0.25 µg/mL) y el dominio RBD (1,0 µg/mL) por 60 minutos. Se utilizaron como controles negativos el medio y como insultos inflamatorios y procoagulantes: TNF-α, IL-6, LPS, DENV2 NS1, VEGF, vWF, ADP, y EPI. Posteriormente se recolectó el medio condicionado y se evaluaron 12 biomarcadores imunotrombóticos: Interleucina 6 (IL-6), Interleucina 8 (IL-8), P-selectina, sCD40L, MCP-1, Factor de von Willebrand (FvW), Factor tisular (FT), PAI-1, tPA, Factor IX y Dimero D (D-D) mediante ensayo inmunoenzimatico acoplado a perlas.

RESULTADOS. Observamos que la proteína Spike y el dominio RBD favorecen la liberación de Interleucina 6 (IL-6), Interleucina 8 (IL-8), P-selectina, Ligando de la P selectina 1 (PSGL-1), Fracción soluble del Ligando del CD-40 (sCD40L) y Proteína Quimiotáctica de Macrófagos 1 (MCP-1) ($p < 0.001$) al compararse con las células no tratadas. Por otro lado, encontramos que las células endoteliales tratadas con las proteínas virales inducen la expresión de: Factor de von Willebrand (FvW), Factor tisular (FT), PAI-1, tPA, Factor IX y Dimero D (D-D), la cual es mayor a la observada en células no tratadas. La expresión de estos marcadores solubles proinflamatorios y procoagulantes es similar a la generada por el tratamiento de las CE con LPS, IL-6 y VEGF ($p < 0.01$).

CONCLUSIONES. La proteína S induce un fenotipo proinflamatorio y procoagulante en células endoteliales sugiriendo la participación de estas células en el establecimiento de un proceso inmunotrombótico en el nicho vascular.

REFERENCIAS.

1. Khailany RA, Safdar M, Ozaslan M. Genomic characterization of a novel SARS-CoV-2. Gene Rep. 2020;19:100682. doi:10.1016/j.genrep.2020.100682
2. Engelmann B, Massberg S. Thrombosis as an intravascular effector of innate immunity. Nat Rev Immunol. 2013;13(1):34-45. doi:10.1038/nri3345
3. Iba T, Helms J, Levi M, Levy JH. Thromboinflammation in acute injury: infections, heatstroke, and trauma. Journal of Thrombosis and Haemostasis. 2024;22(1):7-22. doi:10.1016/j.jtha.2023.07.020
4. De Nardi AC, Coy-Canguçu A, Saito A, et al. Immunothrombosis and its underlying biological mechanisms. Hematol Transfus Cell Ther. 2024;46(1):49-57. doi:10.1016/j.htct.2023.05.008
5. Maneta E, Aivalioti E, Tual-Chalot S, et al. Endothelial dysfunction and immunothrombosis in sepsis. Front Immunol. 2023;14:1144229. doi:10.3389/fimmu.2023.1144229
6. Ackermann M, Verleden SE, Kuehnel M, et al. Pulmonary Vascular Endothelialitis, Thrombosis, and Angiogenesis in Covid-19. N Engl J Med. 2020;383(2):120-128. doi:10.1056/NEJMoa2015432

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524104

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS ANTIMICROBIANAS CONTRA PATÓGENOS OPORTUNISTASEMERGENTES DEL GÉNERO *Candida spp*

José Vidal Ortiz-Flores[1], Katia Sarahi Soto-Zarate[1], César Rogelio Solorio-Alvarado[2], Rafael Ortiz-Alvarado[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobióloga; 0833039e@umich.mx rafael.ortiz@umich.mx

2 Universidad de Guanajuato csolorio@ugto.mx

Palabras Clave: Patógenos Oportunistas emergentes, Candidiasis, Antimicóticos

RESUMEN. El estado actual, de prevalencia de enfermedades degenerativas y metabólicas mal diagnosticadas y mal tratadas farmacológicamente (iatrogenias) han llevado a la prevalencia de patologías infecciosas por organismos fúngicos, como los pertenecientes al género Aspergillus y Mucorales, no obstante, las levaduras del género Candida siguen siendo un problema en al área médica, particularmente la especie, mayormente aislada e identificada, como C. albicans; aun así el género Candida, presenta otras especies, como C. kruzei y C. tropicallis, las cuales también se presentan en pacientes con algún inmunocompromiso primario o secundario, que pueden poner en riesgo el bienestar y la vida del paciente. Sin embargo, el desarrollo de moléculas antimicrobianas, contra patógenos oportunistas emergentes, es un área a desarrollar. El presente trabajo, muestra la sensibilidad especifica de C. kruzei y C. tropicallis, contra moléculas que alteran la pared celular de las levaduras, como la polimixyna B, este compuesto sea utilizado en el siglo pasado, no obstante, presenta una toxicología al hospedero; por lo tanto, la posología y la combinación con agentes como el carvacrol, obtenido por aspectos fitoquímicos, general una vertiente a explorar de manera in vitro e in vivo. Los resultados muestran que las curvas de crecimiento de C. kruzei y C. tropicallis, expuestas de polimixyna B y carvacrol, presentan un sinergismo farmacológico, al inhibir el desarrollo in vitro de estas cepas de Candida, lo cual es diferencial, del comportamiento de C. albicans, la cual es resistente a polimicyna B y sensible a carvacrol. Por lo tanto, este trabajo permite establecer un tratamiento farmacológico, específico contra patógenos emergentes oportunistas del género Candida de las especies kruzei y tropicallis.

INTRODUCCIÓN. Recientemente ha habido un aumento de las infecciones por patógenos oportunistas como el género Candida. Algunas especies del género Candida son patógenos oportunistas o patógenos oportunistas emergentes y se sabe que causan infecciones en huéspedes inmunocomprometidos o que cursan con Diabetes Mellitus tipo-2 (DM-2). Estas infecciones pueden ser superficiales, sistémicas, o invasivas, que pueden poner en peligro la vida. Los azoles y las equinocandinas son fármacos antimicóticos de elección para tratar las Candidiasis. Sin embargo, la resistencia a estos fármacos antifúngicos ha aumentado en especies de Candida y se pueden observar los efectos que esto tiene en el ámbito clínico, como son la incidencia, la recidivancia, mortalidad y resolución en su caso.

OBJETIVO. Establecer los factores de virulencia asociados a la prevalencia de infecciones por patógenos oportunistas emergentes de las especies de Candida.

- Realizar la cuantificación de resistencia a azoles en C. glabrata, utilizando la molecula de Fluconazol y Polimixina.
- Realizar la cuantificación de resistencia a azoles en C. kruzie, utilizando la molécula de Fluconazol y Polimixina.
- Realizar la cuantificación de resistencia a azoles en C. tropicallis, utilizando la molécula de Fluconazol y Polimixina.
- Establecer un mecanismo de identificación presuntiva de especies de Candida, diferentes de C. albicans.

MATERIALES Y MÉTODOS. Selección del microorganismo: se realizó una elección entre cinco especies de microorganismos diferentes de Candida; Candida albicans, Candida parapsilosis, Candida krusei, Candida glabrata y Candida tropicalis. para determinar la sensibilidad a diferentes fármacos (colistin, imipinem, nitrofurantoina, polimixin B, vancomycin) de las cuales solo Candida glabrata y Candida tropicales presentaron cesibilidad únicamente a polimixina B (pB). Medio de cultivo: el medio de elección fue APD (agar papa dextrosa) en placa teniendo una incubación de 24+/- 2 horas a una temperatura de 29°C +/- 2°C. Condiciones de cultivo de fermentación: se llevó a cabo por medio de caldo YPG (a una concentración de glucosa 2%, peptona de caseína 1%, extracto de levadura 0,5%) teniendo un blanco con la misma concentración en cada uno de los experimentos realizados

RESULTADOS.

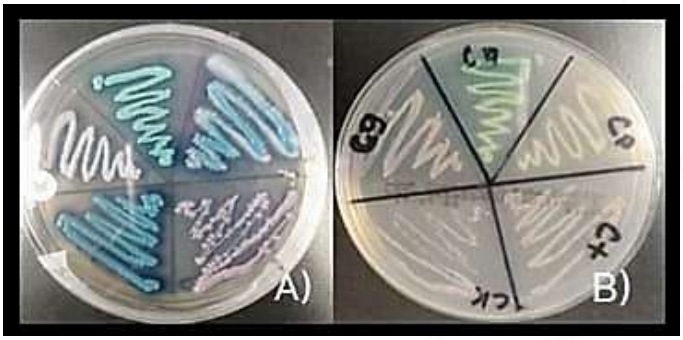
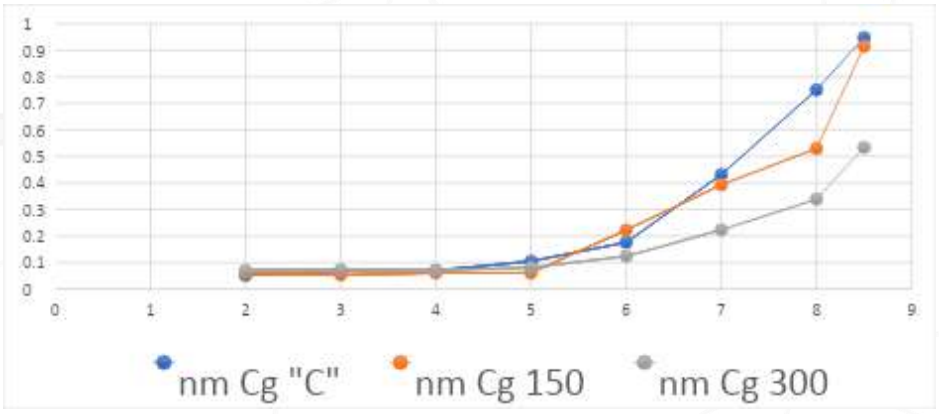


Figura 1. *De los cinco géneros de Cándida en chromagar A) vista frontal, B) vista trasera.*



Gráfica 1. *Curva de crecimiento e inhibición de Candida glabrata. Control "C", inhibición de polimixina B (pB) a 150 µg y 300 µg, respectivamente.*

CONCLUSIONES. La incidencia o mayor capacidad de identificación de patógenos oportunistas del género Candida, ha permitido encontrar, resistencia a antimicóticos, lo cual ha dificultado, el tratamiento específico, para procesos infecciosos, por patógenos oportunistas, por lo que el desarrollo de estrategias para identificación y tratamiento por agentes infecciosos, como patógenos oportunistas y patógenos oportunistas emergentes, a través del comportamiento diferencial a antimicrobianos de uso como antibióticos, como la Polimixyna B.

REFERENCIAS.

0. Duggan, S. y Usher, J. (2023). Candida glabrata: una potencia de resistencia. Patógenos PLoS , 19 (10), e1011651.
1. Pristov, KE y Ghannoum, MA (2019). Resistencia de Candida a azoles y equinocandinas en todo el mundo. Microbiología clínica e infecciones: publicación oficial de la Sociedad Europea de Microbiología Clínica y Enfermedades Infecciosas, 25 (7), 792–798.
2. Vigezzi, C., Riera, FO, Icely, PA, Miró, MS, Fig, CM, Caeiro, JP y Sotomayor, CE (2021). Candidiasis invasora: un enfoque a la infección en el sistema nervioso central. Revista Argentina de Microbiología , 53 (2), 11–20.
3. Tapia P, C. (2008). Candida glabrata. Revista Chilena de Infectología: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de Infectología , 25 (4), 293–293.
4. de Bedout, C., & Gómez, BL (2010). Candida y candidiasis invasora: un reto continuo para su diagnóstico temprano. Infectio: revista de la Asociación Colombiana de Infectología , 14 , s159–s171.
5. Nang, SC, Azad, MAK, Velkov, T., Zhou, Q. (tony) y Li, J. (2021). Rescatando las polimixinas de última línea: Logros y desafíos. Reseñas farmacológicas, 73 (2), 679–728.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524105

ACTIVACIÓN ENDOTELIAL POR LA PROTEÍNA SPIKE DEL SARS-COV-2 Y EL DOMINIO RBD: ACTOR CENTRAL EN EL ESTABLECIMIENTO DE LA RESPUESTA INMUNOTROMBÓTICA EN COVID-19

Alan Fabricio Cano Méndez[1], Nallely García Larragoiti[1], Gerardo Vázquez Marrufo[1], Alejandra Ochoa Zarzosa[1], Martha Eva Viveros Sandoval[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alan.cano@umich.mx

Palabras Clave: Proteína Spike, dominio RBD, células endoteliales, receptores, inmunotrombosis.

RESUMEN. La proteína spike (S) es crucial para la entrada del virus SARS-CoV-2 en las células hospedero. La proteína S utiliza al dominio de unión a receptor (RBD) para unirse al receptor de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) y llevar a cabo el proceso de infección. El endotelio es un tejido con una amplia expresión de ACE-2 y representa un área de estudio importante, ya que se han reportado afectaciones endoteliales en sujetos afectados por la infección. El objetivo de este trabajo es determinar si existe actividad endotelial en respuesta a la proteína S y a al dominio RBD; así como evaluar posibles receptores de la proteína S, alternativos a la ACE2, en las células endoteliales. Las líneas celular endoteliales (CE) EA.hy 296 y HUVEC se crecieron y fueron sembradas en una placa de 96 pocillos (10,000 células por pocillo). A través de una cinética de activación celular determinamos que la proteína S induce la mayor actividad endotelial a una concentración de 0.25 µg/ml por un tiempo de 60 min, y el dominio RBD a una concentración final de 1.0 µg/ml por 60 minutos. Mediante docking molecular, determinamos que existen receptores alternativos a la ECA-2 en células endoteliales resaltan: GP 141, Neuropilina 1, Integrina α5β1 y los TLR-2, 4 y 7.

INTRODUCCIÓN. El coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) es causante de la enfermedad por coronavirus 19 (COVID-19). La enfermedad COVID-19 muestra una afección principal hacia el nicho alveolar pulmonar. Sin embargo, se han reportado alteraciones en el tejido endotelial. Las células endoteliales orquestan los mecanismos homeostáticos del sistema de coagulación. Se ha reportado un estado hiperactivo del endotelio en sujetos infectados por SARS-CoV-2 que correlaciona con la gravedad de la enfermedad. Sin embargo, se desconoce si existe reactividad celular a la proteína estructural Spike del virus y sus posibles receptores.

ANTECEDENTES. Los coronavirus son virus envueltos de ARN de cadena sencilla que poseen un material genético que ronda las 30 Kb (Wang et al., 2020). Dentro de los betacoronavirus podemos encontrar al SARS-CoV-2, el SARS-CoV y el MERS-CoV, los cuales comparten entre 50-80% de homología (D. Kim et al., 2020). El genoma del SARS-CoV-2 codifica para 4 proteínas estructurales: proteína Spike (S), proteína de envoltura (E), proteína de membrana (M) y la proteína de la nucleocápside (N), y además se han

demostrado al menos 6 proteínas accesorias (3a, 6, 7a, 7b, 8 y 10) involucradas en diferentes etapas del ciclo biológico viral (Khailany, Safdar, & Ozaslan, 2020; D. Kim et al., 2020; Mousavizadeh & Ghasemi, 2020). El SARS-CoV-2 utiliza como receptor a la ACE-2 (enzima convertidora de angiotensina 2) reconocido por la glicoproteína Spike (S), expuesta en su envoltura, para infectar células en el humano, afectando principalmente al neumocito tipo 2 alveolar y células endoteliales (Hasan et al., 2020; Mousavizadeh & Ghasemi, 2020). La glicoproteína spike (S), es una proteína de fusión trimérica de clase 1, conformada por dos subunidades (S1 y S2). La primera facilita la interacción viral con la célula a infectar y subsecuentemente S2 permite la fusión entre membranas. ACE2 se expresa en una amplia variedad de células lo que podría estar asociado a los diferentes signos y síntomas que se presentan en la enfermedad (Andersen, Rambaut, Lipkin, Holmes, & Garry, 2020; Hoffmann et al., 2020; Shajahan, Supekar, Gleinich, & Azadi, 2020; Shang et al., 2020). Dentro de las alteraciones fisiológicas observadas en COVID-19, se describieron las que involucran al sistema de la coagulación (Fogarty et al., 2020; Han et al., 2020; Tang, Li, Wang, & Sun, 2020). Se ha descrito la afección activa al endotelio durante los procesos de infección viral. Sin embargo, poco se sabe aún sobre los mecanismos por los cuales el virus induce la activación de estas células, así como posibles receptores involucrados diferentes a la ECA-2. Por lo que el objetivo de este trabajo es identificar mediante ensayos bioinformáticos posibles interacciones entre la proteína Spike y diversos receptores membranales de células endoteliales.

OBJETIVO. Determinar la respuesta de células endoteliales a la proteína spike y al dominio RBD e Identificar mediante acoplamiento bioinformático, posibles receptores en plaquetas y células endoteliales para la proteína Spike.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las células EAhy926 y HUVEC se crecieron en matraces de cultivo tisular de 25 cm2 en una atmósfera del 5% de CO2 a 37°C. La renovación del medio se realizó cada 2 días y las células se subcultivaron cuando alcanzaron un 80% de confluencia. Todos los experimentos se realizaron con células entre los pasajes 5 y 8 y por triplicado.

En ensayos independientes, se sembraron ambas líneas celulares (10 x 103 células/pocillo) en una placa de 96 células durante 24 h. Las células se incubaron directamente con la proteína spike del SARS-CoV-2 y el dominio RBD durante diferentes concentraciones (0,25, 0,5, 1,0 y 2,0 µg/ml) y diferentes tiempos (30, 60 y 120 min). Se utilizaron como controles de activación: TNF-α (20 ng/µl), IL-6 (20 ng/µl), LPS (100 ng/µl) y DENV2 NS1 (2,5 µg/ml), VEGF (10 ng/µl), vWF (10 µg/µl), ADP (20 µM) y EPI (100 µM). Todos los experimentos se realizaron en una incubadora humidificada con un 5% de CO2 a 37°C. La activación endotelial se determinó a través de la expresión de Interleucina 6 (IL-6), Inhibidor del Activador del Plasminógeno (PAI-1) y Plasminógeno tisular (tPA). La cuantificación de IL-6, PAI-1 y tPA se realizó mediante citometría de flujo utilizando el LEGENDplex Kit™ Human Thrombosis Panel Standard y el LEGENDplex Kit™ Human Inflammation Panel 1 ambos de BioLegend® siguiendo las instrucciones sugeridas por el proveedor. Las muestras se leyeron en un equipo CytoFLEX, BECKMAN COULTER®. Los coronavirus son virus envueltos de ARN de cadena sencilla que poseen un material genético que ronda las 30 Kb (Wang et al., 2020). Dentro de los *betacoronavirus* podemos encontrar al SARS-CoV-2, el SARS-CoV y el MERS-CoV, los cuales comparten entre 50-80% de homología (D. Kim et al., 2020). El genoma del SARS-CoV-2 codifica para 4 proteínas estructurales: proteína

Spike (S), proteína de envoltura (E), proteína de membrana (M) y la proteína de la nucleocápside (N), y además se han demostrado al menos 6 proteínas accesorias (3a, 6, 7a, 7b, 8 y 10) involucradas en diferentes etapas del ciclo biológico viral (Khailany, Safdar, & Ozaslan, 2020; D. Kim et al., 2020; Mousavizadeh & Ghasemi, 2020). El SARS-CoV-2 utiliza como receptor a la ACE-2 (enzima convertidora de angiotensina 2) reconocido por la glicoproteína Spike (S), expuesta en su envoltura, para infectar células en el humano, afectando principalmente al neumocito tipo 2 alveolar y células endoteliales (Hasan et al., 2020; Mousavizadeh & Ghasemi, 2020). La glicoproteína spike (S), es una proteína de fusión trimérica de clase 1, conformada por dos subunidades (S1 y S2). La primera facilita la interacción viral con la célula a infectar y subsecuentemente S2 permite la fusión entre membranas. ACE2 se expresa en una amplia variedad de células lo que podría estar asociado a los diferentes signos y síntomas que se presentan en la enfermedad (Andersen, Rambaut, Lipkin, Holmes).

RESULTADOS. Con base en nuestros resultados, es posible determinar que la proteína S a una concentración de 0,25 µg/ml durante un tiempo de estimulación de 60 min es capaz de inducir la mayor cantidad de IL-6, PAI-1 y tPA, lo que sugiere actividad de las células EAhy926. Por otro lado, el dominio RBD requiere una concentración de 1,0 µg/ml a un tiempo de estimulación de 60 min para lograr esta respuesta en comparación con otras condiciones $p<0,05$. Al utilizar la línea HUVEC, es posible determinar que la mayor actividad inflamatoria inducida por la proteína Spike en la línea celular HUVEC se observa a los 60 min a una concentración final de 0,25 µg/ml. Por otra parte, el dominio RBD requiere concentraciones de 1,0 µg/ml a 60 min para inducir la mayor liberación de IL-6 por las células HUVEC. Del mismo modo, a estas concentraciones se determinó la mayor liberación de tPA y PAI-1, lo que sugiere que estas son las condiciones en las que se observa la mayor actividad endotelial ($p<0,05$). Al estudiar los posibles receptores endoteliales observamos que existe afinidad entre S y los receptores TLR 2, 4 y 7 que es similar o incluso mayor a la observada al usar ECA-2 cómo control interno de dockeo (-250.00). Por otro lado, observamos que la GP 141 presenta una afinidad mayor al control interno de dockeo (-335.25). La Neuropilina 1 y la integrina glicoproteína α5β1 presentaron valores de DS de -250.09 y -241.22 respectivamente, siendo menores a lo observado por el control interno.

CONCLUSIONES. Existe reactividad endotelial a la proteína S y al dominio RBD, la cual es dependiente de concentración proteica y de tiempo de incubación. Existen receptores alternativos a la ECA-2 en endotelio.

REFERENCIAS.

1. Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C., & Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. Nature Medicine, 26(4), 450–452. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9
2. Fogarty, H., Townsend, L., Ni Cheallaigh, C., Bergin, C., Martin-Loeches, I., Browne, P., … O' Donnell, J. S. (2020). COVID-19 Coagulopathy in Caucasian patients. British Journal of Haematology, bjh.16749. https://doi.org/10.1111/bjh.16749
3. Hasan, A., Paray, B. A., Hussain, A., Qadir, F. A., Attar, F., Aziz, F. M., … Falahati, M. (2020). A review on the cleavage priming of the spike protein on coronavirus by angiotensin-converting enzyme-2 and furin. Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, 0(0), 1–9. https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1754293
4. Jenne, C. N., & Kubes, P. (2015). Platelets in inflammation and infection. Platelets, 26(4), 286–292. https://doi.org/10.3109/09537104.2015.1010441

5. Khailany, R. A., Safdar, M., & Ozaslan, M. (2020). Genomic characterization of a novel SARS-CoV-2. Gene Reports, 19(January), 100682. https://doi.org/10.1016/j.genrep.2020.100682
6. Kim, D., Lee, J.-Y., Yang, J.-S., Kim, J. W., Kim, V. N., & Chang, H. (2020). The Architecture of SARS-CoV-2 Transcriptome. Cell, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.04.011
7. Hoffmann, M., Kleine-Weber, H., Schroeder, S., Krüger, N., Herrler, T., Erichsen, S., … Pöhlmann, S. (2020). SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. Cell, 181(2), 271-280.e8. https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052
8. Mousavizadeh, L., & Ghasemi, S. (2020). Genotype and phenotype of COVID-19: Their roles in pathogenesis. Journal of Microbiology, Immunology and Infection. https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.022
9. Shajahan, A., Supekar, N. T., Gleinich, A. S., & Azadi, P. (2020). Deducing the N- and O- glycosylation profile of the spike protein of novel coronavirus SARS-CoV-2. Glycobiology. https://doi.org/10.1093/glycob/cwaa042
10. Wang, C., Horby, P. W., Hayden, F. G., & Gao, G. F. (2020). A novel coronavirus outbreak of global health concern. The Lancet, 395(10223), 470–473. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30185-9

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524107

EFECTO DE UN COMPLEJO DE INCLUSIÓN CICLODEXTRINA/DIHIDROPIRIDINA (DHP3) EN LA PREVENCIÓN DE LA CATARATA EX VIVO

Hiram Amir Espinoza Pineda[1], Katia Lizbeth Alonso Hurtado[2], Marcos Cajero Juárez[3], Zurizaddai Hernández Gallegos[3], Mauro Manuel Martínez Pacheco[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1830558e@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1316242f@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marcos.cajero@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; zurisad@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mauro.martinez.pacheco@umich.mx

Palabras Clave: Catarata diabética, complejo de inclusión, aldosa reductasa.

RESUMEN. La catarata diabética es una afección secundaria de la diabetes mellitus. La cual consiste en la opacidad del cristalino del ojo humano por la lisis de las fibras cristalineanas. En donde existe una mayor actividad de aldosa reductasa (AR). La ciclodextrina (CD) es un compuesto con una estructura anfipática que en su interior alberga a compuestos lipofílicos. En nuestro grupo de trabajo, las 1,4-dihidropiridinas y sus derivados se determinaron con capacidad inhibitoria a aldosa reductasa. El propósito del trabajo es prevenir la catarata ex vivo con complejos de inclusión CD/DHP3. Los cristalinos de conejo se incubaron en medio M199, con tratamientos en condiciones de normoglucémia (5 mM de glucosa), hiperglucemia (100 mM de glucosa), 4 µM y 40 µM de CD y CD/DHP3. Los cristalinos que se trataron con el complejo de inclusión CD/DHP3 presentaron mayor concentración de proteína soluble en comparación con todos los grupos. Estos resultados demuestran que los complejos de inclusión CD/DHP3 disminuyen la opacidad de los cristalinos de conejo en condiciones hiperglucémicas.

INTRODUCCIÓN. La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad que se caracteriza por niveles de glucosa en sangre mayores de 126 mg/dL en condiciones de ayunas (Imbaquingo et al., 2023). La DM provoca distintas afecciones en órganos y/o tejidos. Una de las principales afecciones oculares es la formación de catarata. La cual se genera por la lisis de las fibras cristalineanas, a causa del aumento de la actividad de la aldosa reductasa (AR) (Kiziltoprak et al., 2019). La AR participa en la vía de los polioles, esta convierte la glucosa a sorbitol, que en condiciones de hiperglucemia crónica se acumula dentro de las células del cristalino y genera un estrés hídrico. Que en sinergia el aumento del estrés oxidativo contribuye a la formación de la catarata en pacientes que viven con diabetes (Devi et al., 2024). Una propuesta para prevenir la formación de catarata es modular la actividad de la aldosa reductasa mediante complejos moleculares que incluyen moléculas fisiológicamente inertes que transportan potenciales inhibidores enzimáticos. Las ciclodextrinas (CD) son oligosacáridos cíclicos con capacidad de transportar y formar complejos con compuestos cuya naturaleza es lipofílica. La estructura de las ciclodextrinas es anfipática lo que permite almacenar un compuesto de interés en su interior. Esta molécula cumple la función de ser un vehículo (Liu et al., 2021).

ANTECEDENTES. Las 1,4-dihidropiridinas y sus derivados cumplen funciones bloqueadoras de canales de calcio y se unen al sitio activo de la AR, lo que hace que actúen como inhibidoras de esta misma enzima (Kazmi et al., 2023). Las ciclodextrinas son capaces de formar complejos con compuestos que son lipofílicos, debido a su estructura en forma de toroide, estos complejos son de gran utilidad en la elaboración de fármacos debido a su función como vehículos de compuestos cuya naturaleza no es hidrofóbica (Liu et al., 2021). En nuestro grupo de trabajo se determinaron a las 1,4-dihidropiridinas como inhibidoras de aldosa reductasa (Hernández y Martínez, 2020). Por ello, se propuso la evaluación del efecto que tiene el complejo de inclusión CD/DHP3 sobre la formación de la catarata ex vivo.

OBJETIVO. Prevenir la catarata ex vivo con complejos de inclusión CD/DHP3.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los ojos de conejo se enuclearon en condiciones de asepsia para la obtención de cristalinos que se incubaron en medio M199 (libre de carbonatos con fenol) con los siguientes tratamientos: 5 mM de glucosa (normoglucémico), 100 mM de glucosa (hiperglucémico), 4 µM y 40 µM de CD y CD/DHP3. Cada 48 h se fotografiaron los cristalinos de cada tratamiento sobre una rejilla. A cada cristalino se le midió el porcentaje de transmitancia en un intervalo de 200 nm a 700 nm. Posteriormente, los cristalinos se homogeneizaron con un homogeneizador tipo Potter-Elvehjem, durante 2 min. El homogeneizado se centrifugó a 13,000 rpm durante 3 min. El precipitado se separó del sobrenadante y se cuantificó la concentración de proteína soluble. Los ensayos se realizaron por triplicado con dos experimentos independientes. Los resultados se analizaron con una prueba de Tukey α= 0.05.

RESULTADOS. Los cristalinos que se trataron con el complejo de inclusión CD/DHP3 presentaron mayor concentración de proteína en comparación con todos los grupos. Con el porcentaje de transmitancia se determinó el tiempo de formación de opacidad en los cristalinos de conejo.

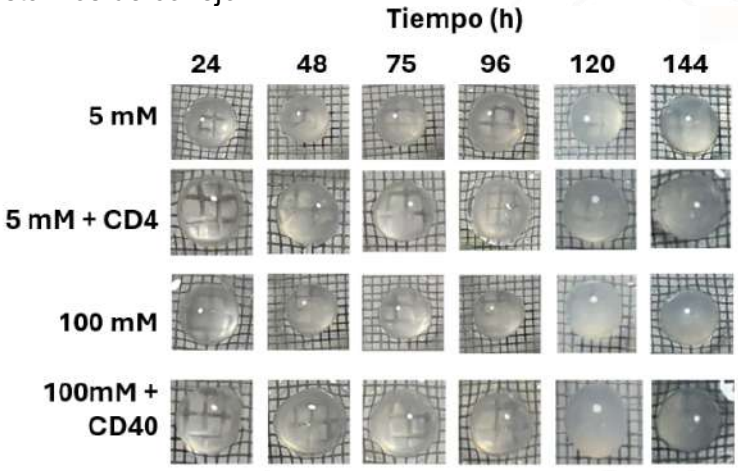


Fig. 1 *Cristalinos de conejo en condiciones normoglucémicas (5 mM de glucosa) e hiperglucémicas (100 mM de glucosa), con y sin ciclodextrina (CD) a concentraciones de 4 µM y 40 µM.*

A las 144 h se comenzó a ver cualitativamente una opacidad del cristalino en condiciones hiperglucémicas.

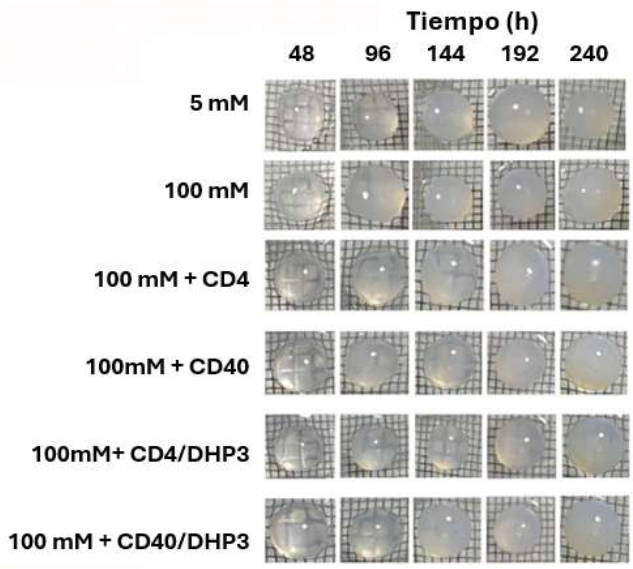


Fig. 2 *Cristalinos de conejo en condiciones normoglucémicas (5 mM de glucosa) e hiperglucémicas (100 mM de glucosa). CD: ciclodextrina. CD/DHP3: complejo ciclodextrina- dihidropiridina 3.*

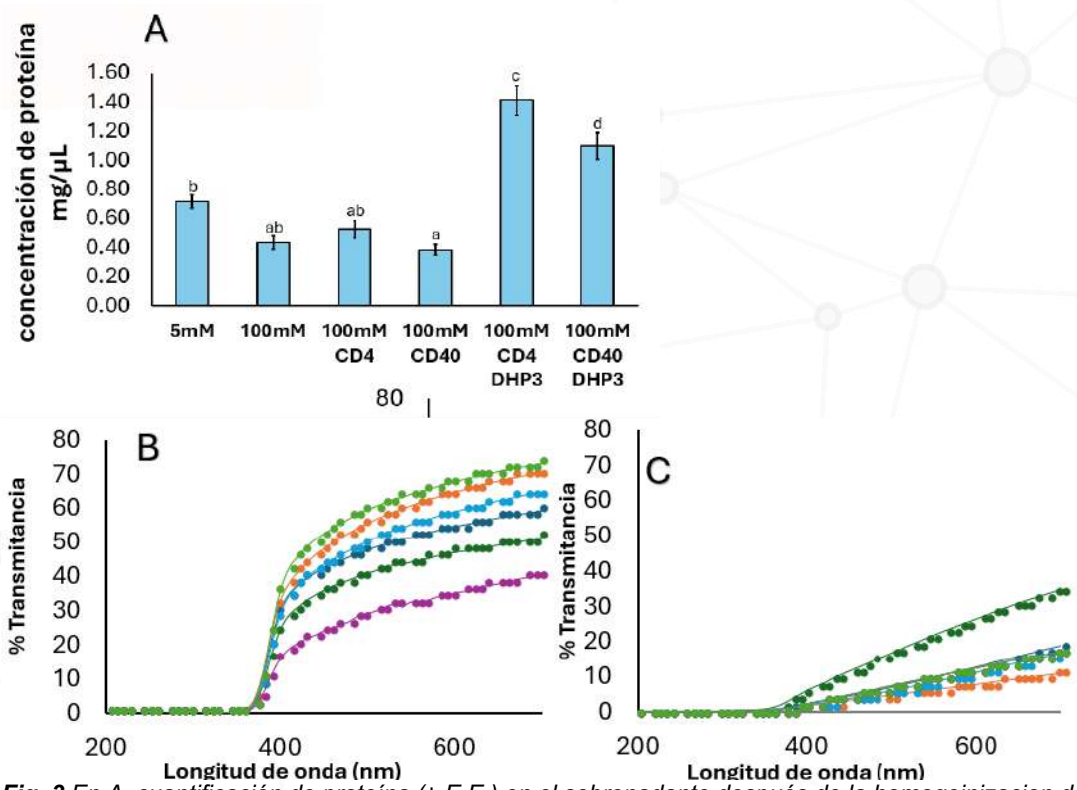


Fig. 3 *En A, cuantificación de proteína (± E.E.) en el sobrenadante después de la homogeinizacion del*

cristalino de conejo a las 192 h de su cultivo (prueba Tukey p < 0.05). En B y C, porcentaje de transmitancia de cristalinos de conejo a las 48 h y 192 h posterior a la incubación consecutivamente.

CONCLUSIONES. Los complejos de inclusión CD/DHP3 disminuyen la opacidad de los cristalinos de conejo en condiciones hiperglucémicas.

REFERENCIAS.

1. Devi, A. M., Sankeshi, V., Ravali, A., Bandaru, S., Theendra, V. K., y Sagurthi, S. R.
2. (2024). Inhibitory effect of Nifedipine on aldose reductase delays cataract progression. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology, 397(1), 161-171.
3. Hernandez, Z. y Martínez, M. (2020, 28 de octubre) Docking molecular de 1,4-
4. dihidropiridinas oxidadas en la enzima aldosa reductasa [Sesión de congreso]. 15 Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Morelia, México. https://promep.sep.gob.mx/ARCHIVOSPDF/Memorias/Producto3600488.PDF
5. Imbaquingo, D. E. R., Imbaquingo, H. J. R., Salazar, D. A. Y., Rodriguez, M. A. H., León,
6. K. D. F., y Hoyos, E. J. L. (2023). Tratamiento actual de la diabetes mellitus tipo 2. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(2), 379-395.
7. Kazmi, S., Challa, S., Alaparthi, M. D., Nagamalla, S. S., y Priya, E. J. (2023). Molecular docking analysis of calcium channel blockers with ALR2 and RAGE.
8. Bioinformation, 19(1), 28.
9. Kiziltoprak, H., Tekin, K., Inanc, M., y Goker, Y. S. (2019). Cataract in diabetes mellitus.
10. World journal of diabetes, 10(3), 140.
11. Liu, Z., Ye, L., Xi, J., Wang, J., y Feng, Z. G. (2021). Cyclodextrin polymers: Structure,
12. synthesis, and use as drug carriers. Progress in Polymer Science, 118(1), 101408.
13. Milán Chávez, R., Rojas Lemus, M., Flores Robeles, E., Cervantes Yépez, S., Gordillo
14. Hernández, E., Cafaggi Padilla, D., y Fortoul van der Goes, T. I. (2016). La diabetes, una enfermedad que integra a la bioquímica ya la histología. Revista de la Facultad de Medicina (México), 59(4), 46-5

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524109

VALIDACIÓN DE UN MÉTODO RT-QPCR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS GRUPOS ANTIGÉNICOS A Y B DEL VIRUS SINCITIAL RESPIRATORIO HUMANO EN MICHOACÁN, MÉXICO 2023-2024

Elizabeth Vazquez Arias[1], Marco Iván Valle Maldonado[2], Liliana Gaona Hernández[3], Juan Luis Jaimes Sánchez[4], Fernando Bastida González[5], Víctor Meza Carmen[5]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; elizabeth12vazquez@gmail.com

2Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mimaldonado@umich.mx

3Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán; virologialesp@gmail.com

4Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán; xilomen123@gmail.com

5Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de México; mijomeil@hotmail.com

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx

Palabras Clave: Virus sincitial respiratorio, RT-qPCR, Validación.

RESUMEN. El virus sincitial respiratorio (RSV) presenta una alta relevancia epidemiológica debido a su incidencia, patogenicidad y variabilidad genética. Debido a lo anterior es necesario generar y validar nuevos métodos de detección. En el presente trabajo se realizó la validación de un método RT-qPCR multiplex para la detección de los grupos antigénicos del RSV previamente desarrollado (Campos-Espinosa, 2024) y el estudio epidemiológico 2023-2024 en Michoacán. Los resultados obtenidos fueron: sensibilidad diagnóstica (100%, IC95%: 99.23–100%), especificidad diagnóstica 100% IC95% 96.07–100%), eficiencia de amplificación multiplex para RSV-A (101.97%) y RSV-B (99.79%), repetibilidad RSV-A (DS= 0.572 CV%=3.134) y RSV-B (DS= 0.261 CV%=1.452), reproducibilidad RSV-A (DS= 0.144 CV%=0.692) y RSV-B (DS= 0.119 CV%=0.612). Así mismo, se determinó que es un método robusto y que no presentó amplificaciones inespecíficas contra otros patógenos respiratorios (virus y bacterias). Además, los resultados de secuenciación permitieron corroborar la correcta identificación de los grupos antigénicos A y B. Durante el estudio epidemiológico 2023-2024 en Michoacán se analizaron 221 muestras de las cuales el 65.32% fueron positivas a RSV-A y 34.68% positivas a RSV-B. Se detectó una coinfección RSV-A + RSV-B, y 5 coinfecciones RSV + Influenza A (H1N1) pdm09.

INTRODUCCIÓN. El RSV pertenece al género Orthopneumovirus de la familia Pneumoviridae y al orden Mononegavirales (Shang et al., 2021). Su genoma es un RNA monocatenario, no segmentado de sentido negativo de 15.191 a 15.226 nucleótidos (nt). Tiene 10 genes que codifican para 11 proteínas: G, SH, F, N, M, M2-1, M2-2, L y P (Collins et al., 2013). A partir de la proteína G, la cual es la más variable, se clasifica al RSV en dos grupos antigénicos: A y B. Esta proteína está conformada por un extremo citoplasmático intracelular, un dominio transmembranal y un domino extracelular (Anderson et al., 2021). El dominio extracelular consta de dos regiones hipervariables altamente glicosiladas y por una región central conservada (Battles y McLellan, 2019). EL RSV causa infecciones respiratorias en todo el mundo que van desde una enfermedad leve hasta una forma grave que requiere de hospitalización (Bozzola et al., 2022). En México a inicios de la temporada

invernal 2023-2024 se observó un incremento las infecciones por RSV afectando desde recién nacidos hasta niños de 9 años. (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica / Comité Nacional para la Vigilancia Epidemiológica, 15 de noviembre del 2023). Actualmente la RT-qPCR es el estándar de oro para el diagnóstico y cuantificación del RSV (Essaidi-Laziosi et al., 2016). Por lo que se realizó la validación de la RT-qPCR multiplex con el objetivo demostrar que es adecuado para el propósito previsto, mediante una serie de experimento para evaluar su rendimiento. En los métodos desarrollados para identificar analitos RNA/DNA, se deben evaluar parámetros como: sensibilidad, especificidad, tasa de falsos positivos (TFP), tasa de falsos negativos (TFN), límite de detección, robustez, eficiencia, reproducibilidad, repetibilidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN) (U.S. Food and Drug Administration, 2023).

ANTECEDENTES. El RSV es un agente patógeno con alta relevancia epidemiológica debido a su incidencia, patogenicidad y variabilidad genética, lo que genera la necesidad de desarrollar y validar nuevos métodos de detección para las variantes genéticas del virus. En 2024, Campos-Espinosa propuso un nuevo método molecular para la detección de los grupos antigénicos A y B del RSV, sin embargo, dicho método no se encuentra validado. Debido a lo anterior se emplearon los lineamientos ya establecidos para la validación de métodos moleculares, para la presente investigación.

OBJETIVO. Validar un método RT-qPCR para la identificación de los grupos antigénicos A y B del virus sincitial respiratorio humano en Michoacán, México. Identificar los grupos antigénicos A y B del virus sincitial respiratorio humano en el brote 2023-2024 en Michoacán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la validación del método desarrollado por Campos-Espinoza, 2024 se evaluó:
Eficiencia: Se empleo la muestra con menor Cq de RSV-A y RSV-B, se realizó una serie de diluciones a partir de dicha muestra: 1:10-1, 1:10-2, 1:10-3, 1:10-4, 1:10-5, 1:10-6, se analizaron por triplicado mediante la RT-qPCR y se generó una curva estándar a partir de la cual se calculó la eficiencia.
Especificidad analítica: Se emplearon 10 virus y 9 bacterias respiratorias las cuales fueron procesadas por la RT-qPCR para la detección de los grupos antigénicos del RSV.
Robustez: Se modificaron las condiciones establecidas (equipo, kit de PCR, concentración de los oligonucleótidos, concentración de la sonda, volumen de la mezcla de reacción y temperatura) de acuerdo a (Bundesamt fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2016) y se realizaron las RT-qPCR correspondientes.
Repetibilidad: Fueron analizadas por RT-qPCR 5 muestras positivas a RSV-A y 5 positivas a RSV-B en las mismas condiciones durante 5 días consecutivos. A partir de los resultados se calculó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.
Reproducibilidad: Mediante la RT-qPCR fueron procesadas por dos analistas diferentes 5 muestras negativas a RSV, 5 positivas a RSV-A y 5 positivas a RSV-B. A partir de los resultados obtenidos se calculó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.
Sensibilidad y especificidad diagnostica, VPP, VPN, TFN, TFP: se emplearon 494 muestras positivas a RSV (2022-2024) y 94 muestras negativas a RSV. Se analizaron mediante la RT-qPCR y a partir de los resultados obtenidos se calculo el % de cada uno de los parámetros antes mencionados y el IC 95% para la sensibilidad y especificidad.

Adicionalmente se secuencio una muestra positiva a RSV-A y una positiva RSV-B con Cq bajo, para corroborar la correcta identificación del grupo antigénico. Además, Las secuencias consensos fueron depositadas en GenBank con números de acceso PQ085633 (RSV-A) y PQ066230 (RSV-B). Para el estudio epidemiológico se emplearon 221 muestras positivas a RSV durante Febrero 2023 - Abril 2024 procedentes del Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán las cuales fueron extraídas y procesadas de acuerdo a lo reportado por Campos-Espinoza, 2024.

RESULTADOS. El sistema multiplex presento una eficiencia de 101.97% para RSV-A y 99.79% para RSV-B (Fig.1). Los resultados del ensayo de especificidad analítica nos indican que el sistema RT-qPCR, no presenta amplificaciones inespecíficas de los agentes virales y bacterianos estudiados. Así mismo mediante el experimento de robustez se determinó que el método es óptimo en condiciones de ±1°C temperatura de alineamiento, concentraciones de menos el 30% de oligonucleótidos y sonda de hidrolisis, volúmenes de mezcla de ±5%, empleo de diferentes termocicladores y enzimas.

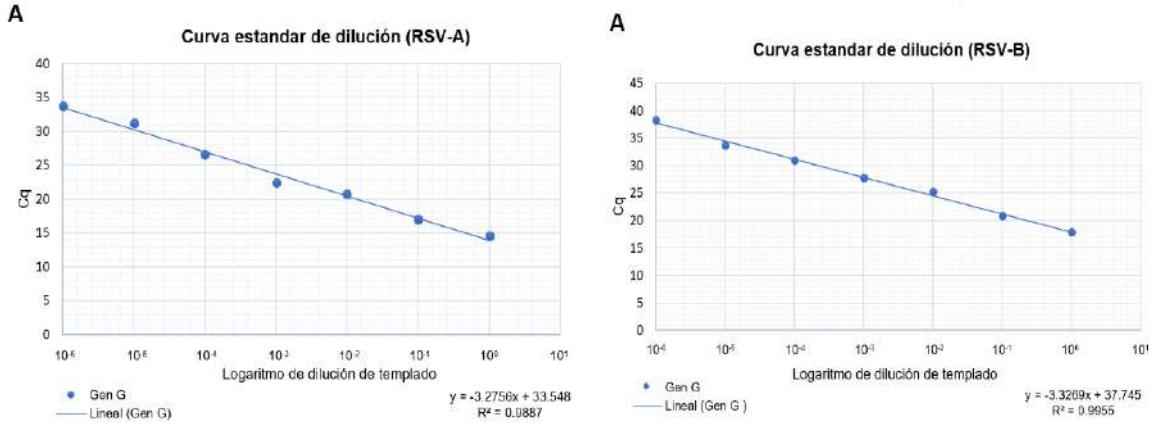


Figura 1. Curva estándar de dilución en un sistema RT-qPCR multiplex. *Distribución logarítmica de la media aritmética de los ciclos de amplificación (Cq) obtenidos en los ensayos de diluciones seriales, se muestra línea de tendencia, con cálculo de pendiente (m) y coeficiente de determinación (R^2) para RSV-A (A) y RSV-B (B).*

Parámetro	RSV-A			RSV-B		
	Promedio	DS	CV%	Promedio	DS	CV%
Repetibilidad	18.354	0.572	3.134	18.059	0.261	1.452
Reproducibilidad	20.054	0.144	0.692	19.48	0.119	0.612

Tabla 1. *Resultados de los parámetros repetibilidad y reproducibilidad analizados mediante la RT-qPCR multiplex.*

DS: desviación estándar, CV%: coeficiente de variación en porcentaje.

Parámetro	Porcentaje	IC 95%
Sensibilidad diagnostica	100%	99.23–100%
Especificidad diagnostica	100%	96.07–100%
Tasa de falsos positivos (TFP)	0%	-
Tasa de falsos negativos (TFN)	0%	-
Valor predictivo positivo (VPP)	100%	99.23–100%
Valor predictivo negativo (VPN)	100%	96.07–100%

Tabla 2. *Resultados de los parámetros sensibilidad y especificidad diagnosticas, VPP, VPN, TFN, TFP analizados mediante la RT-qPCR multiplex.*

IC95%: índice de confianza 95%

Los resultados de secuenciación concordaron con los resultados de la RT-qPCR multiplex y fueron subidos a la base de datos del GenBank con números de acceso: PQ085633 (RSV-A) y PQ066230 (RSV-B).

En el estudio epidemiológico 2023-2024 en Michoacán se identificaron 144 muestras positivos a RSV-A, 76 positivas a RSV-B y una positiva a coinfección RSV-A + RSV-B la cual se consideró dentro del porcentaje de ambos grupos (Fig. 2A). Así mismo del total de muestras, 118 correspondían al género femenino y 104 al género masculino (Fig. 2B). Así mismo en el 2.71% de las muestras se identificaron coinfecciones con RSV (Fig. 3).

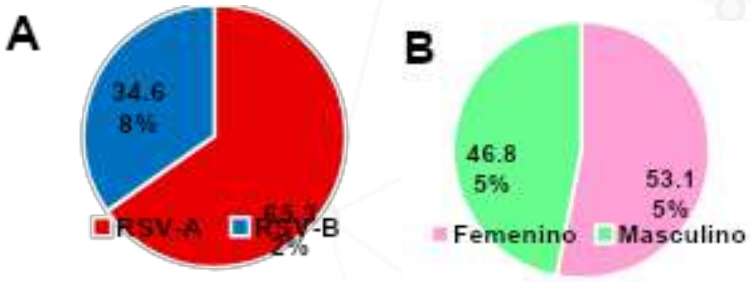


Figura 2. *Porcentajes de los grupos antigénicos de RSV detectados en el brote 2023-2024 en el estado de Michoacán y distribución por género. (A)Se muestra el porcentaje de detección del grupo antigénico RSV-A (rojo) y RSV-B (azul). (B) Se muestra el porcentaje de distribución por género: femenino (rosa) y masculino (verde) de las muestras positivas a RSV.*

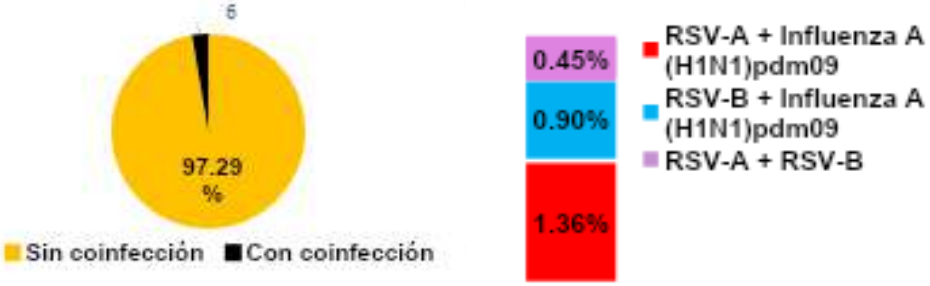


Figura 3. *Frecuencia de las muestras positivas a RSV y otro virus respiratorio durante el brote 2023-2024 en el estado de Michoacán. Se muestra el porcentaje de muestras con monoinfección de RSV (anaranjado) y las muestras con coinfección RSV-A + RSV-B (morado), RSV-A + Influenza A (H1N1) pdm09 (rojo) y RSV-B + Influenza A (H1N1) pdm09 (azul).*

CONCLUSIONES. El presente trabajo validó el método RT-qPCR multiplex para la detección de los grupos antigénicos del virus sincitial respiratorio humano (A y B). Tras determinar que es un método repetible, reproducible, eficiente, especifico, sensible y robusto. Adicionalmente los resultados obtenidos de las muestras procesadas contribuyeron al conocimiento epidemiológico del RSV en el estado de Michoacán.

REFERENCIAS.

0. Battles, M. B., & McLellan, J. S. (2019). Respiratory syncytial virus entry and how to block it. Nature reviews. Microbiology, 17(4), 233–245. https://doi.org/10.1038/s41579-019-0149-x

1. Bozzola, E., Barni, S., & Villani, A. (2022). Respiratory Syncytial Virus Pediatric Hospitalization in the COVID-19 Era. International journal of environmental research and public health, 19(23), 15455. https://doi.org/10.3390/ijerph192315455

2. Bundesamt fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2016). Guidelines for the single-laboratory validation of qualitative real-time PCR methods.

https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/07_Untersuchungen/Guidelines_for_the_single_laboratory.pdf?__blob=publicationFile&v=8

3. Campos-Espinosa, A. (2024). Estudio genético del virus sincitial respiratorio humano en el brote 2022-2023 en Michoacán, México. Tesis de Licenciatura, QFB, UMSNH.

4. Collins, P. L., Fearns, R., & Graham, B. S. (2013). Respiratory syncytial virus: virology, reverse genetics, and pathogenesis of disease. Current topics in microbiology and immunology, 372, 3–38. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38919-1_1

5. Essaidi-Laziosi, M., Lyon, M., Mamin, A., Fernandes Rocha, M., Kaiser, L., & Tapparel, C. (2016). A new real-time RT-qPCR assay for the detection, subtyping and quantification of human respiratory syncytial viruses positive- and negative-sense RNAs. Journal of virological methods, 235, 9–14. https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2016.05.004

6. Shang, Z., Tan, S., & Ma, D. (2021). Respiratory syncytial virus: from pathogenesis to potential therapeutic strategies. International journal of biological sciences, 17(14), 4073–4091. https://doi.org/10.7150/ijbs.64762

7. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica / Comité Nacional para la Vigilancia Epidemiológica. (15 de noviembre del 2023). Aviso Epidemiológico Circulación de otros virus respiratorios (OVR*), incremento en predomino de virus sincicial respiratorio (VSR). Mexico: SINAVE/CONAVE; 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/871841/Aviso_Epidemiol_gico_VSR_nov_2023_f.pdf

8. U.S. Food and Drug Administration (2023). Guidelines for the validation of analytical methods for nucleic acid sequence-based analysis of food, feed, cosmetics and veterinary products (1.2 ed.) https://www.fda.gov/media/121751/download

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524110

DISEÑO DE UN NOVEDOSO SISTEMA QPCR MULTIPLEX PARA DETECTAR HONGOS MUCORALES PATOGENOS EN MUESTRAS CLINICAS HUMANAS

Marco Iván Valle Maldonado[1,2], José Alberto Patiño Medina[3], Viridiana Alejandre Castañeda[4], Isabel Sinaí Meza Abarca[5], Rafael Ortiz Alvarado[6], Martha Isela Ramírez Díaz[7], Víctor Meza Carmen[8]

1,2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán, Secretaría de Salud de Michoacán; mimaldonado@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jpatino@umich.mx4

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; viridiana.alejandre@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1900364b@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.ortiz@umich.mx

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.ramirez@umich.mx

8 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx

Palabras Clave: Mucormicosis, qPCR, Detección.

RESUMEN. Las micosis son un grave problema de salud pública en todo el mundo. En particular, algunas especies de hongos Mucorales pueden provocar una infección, aunque de escaza incidencia, potencialmente mortal llamada mucormicosis, principalmente en pacientes inmunocomprometidos. La especie patógena de Mucorales más prevalente es Rhizopus arrhizus. Además, algunas especies de Lichtheimia y Mucor también tienen importancia clínica. Se ha propuesto que la alta tasa de mortalidad en esta infección fúngica podría estar asociada con un tratamiento tardío como resultado de un diagnóstico inoportuno o una identificación errónea. Se han informado varias dificultades técnicas que obstruyen la identificación por microscopía o el aislamiento en cultivo de hongos Mucorales clínicamente relevantes. En este trabajo, presentamos el diseño de un nuevo método molecular no invasivo basado en qPCR multiplex para detectar simultáneamente ADN fúngico de tres especies patógenas relevantes de Mucorales (Lichtheimia corymbifera, Mucor circinelloides y R. arrhizus). En primer lugar, identificamos homólogos de tfc-1 para las tres especies de Mucorales; este gen codifica una subunidad del complejo del factor de iniciación de la transcripción de la ARN polimerasa III. Posteriormente, diseñamos sondas de hidrólisis con fluoróforos y oligonucleótidos específicos para cada especie de Mucorales; la Ribonucleasa P humana también se incluyó en este sistema. Los resultados obtenidos aportan evidencia de un sistema molecular novedoso, sensible y específico para la detección de ADN patógeno de Mucorales.

INTRODUCCIÓN. Las mucormicosis son infecciones fúngicas oportunistas ocasionadas por hongos pertenecientes al orden Mucorales (Steinbrinck y Miceli, 2021). Las esporas fúngicas ingresan al organismo por ingestión, inoculación directa o inhalación. Existen condiciones clínicas que favorecen la aparición de mucormicosis que incluyen el transplante de órganos, diabetes mellitus con o sin la presencia de cetoacidosis, el uso de

corticoesteroides, neoplasis hematológicas, prematurez neonatal, neutropenia prolongada, uso intravenoso de sustancias ilícitas, altos niveles de hierro y accidentes.

Se ha reportado el aislamiento de diversos géneros Mucorales en infecciones invasivas en humanos entre los cuales se encuentran Rhizopus, Apophysomyces, Absidia, Actinomucor, Syncephalastrum, Cunninghamella, Lichtheimia, Rhizomucor, Mucor, Saksenaea y Cokeromyces. Existe evidencia científica en la que se reporta a R. arrhizus (anteriormente conocido como R. oryzae) como el Mucoral patógeno más frecuente en humanos. Cabe resaltar que en aproximadamente 75% de los casos clínicos de mucormicosis los generos asociados son Lichtheimia spp., Mucor spp., y Rhizopus spp (Jeong et al., 2019). Uno de los problemas más frecuentes en el tratamiento de la mucormicosis son errores en la identificación o bien una identificación tardía lo que puede tener consecuencias fatales en el paciente. El gen tfc-1 codifica para una subunidad del complejo del factor de iniciación de la transcripción (TF)IIIC de la RNA polimerasa III, y es un gen validado experimentalmente como normalizador para ensayos de RT-qPCR en el hongo Mucoral Mucor lusitanicus (Valle-Maldonado et al., 2015).

ANTECEDENTES. La mucormicosis es una infección fúngica oportunista ocasionada por hongos filamentosos o dimórficos del orden Mucorales. Sin embargo, no existen pruebas serológicas para la detección de Mucorales, además, el aislamiento de Mucorales a partir de fluidos de lavado broncoalveolar (BALF) o de biopsias suele ser muy complejo; de manera cotidiana las muestras de orina y de sangre son negativas para la mucormicosis. Un diagnóstico inoportuno o erróneo en infecciones por hongos Mucorales puede suponer un desenlace fatal para el paciente. Es necesario el desarrollo de técnicas de detecciones sensibles, oportunas y no invasivas para la identificación de estos patógenos.

OBJETIVO. Diseñar un nuevo sistema de detección mediante qPCR múltiplex para la identificación de géneros Mucorales (Rhizopus, Mucor, Lichtheimia).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Diseñar oligonucleótidos y sondas de hidrolisis para la identificación molecular mediante qPCR de R. arrhizus, M. circinelloides y L. corymbifera. Realizar extracciones de ADN de Mucorales y realizar ensayos de qPCR multiplex con extractos de ADN de R. arrhizus, M. circinelloides y L. corymbifera .

MATERIALES Y MÉTODOS. La identificación y el alineamiento de los genes homólogos a tfc-1 se realizó para identificar regiones con alta variabilidad genética y que fuera factible para el diseño de oligonucleótidos y sondas de hidrólisis. Para lo anterior se hizo uso del programa bioinformático MegAlign (DNASTAR, LaserGene), empleando el algoritmo Clustal W (Thompson et al., 1994). Una vez que las regiones de alta variabilidad genética de los genes homólogos a tfc-1 se procedió a emplear dichas regiones como candidatas para el diseño de oligonucleótidos y sondas de hidrólisis. Para el caso del control interno humano se utilizó el gen normalizador que corresponde a la RNASA llamada RNASE P (Hummel et al., 2006) al cual se le asignó el fluoróforo CY5. Lo anterior se realizó mediante el uso del programa bioinformático Real Time Design de la compañía BioSearch Technologies (Novato, California, Estados Unidos de América). Las biomasas de R. arrhizus, M. circinelloides y L. corymbifera fueron sometidas a un proceso de extracción de ácidos nucleicos mediante un sistema semiautomatizado de perlas magnéticas B 200-32 (ZYBIO, Chongqing, China). La qPCR se realizó en el sistema Real-Time PCR 7500 Fast (Applied

BioSystems) empleando el kit SuperScript III Platinum One-step RT-qPCR (Invitrogen, Carlsbad, CA). Cada 25 µl de volumen de reacción contenía 5 µl de RNA templado, 0.5 µl de mezcla de enzimas, 12.5 µl de mezcla de reacción 2X, y para R. arrhizus, M. circinelloides y L. corymbifera y la RNASE P 0.5 µl de oligonucleótido directo 10 µM, 0.5 µl de oligonucleótido reverso 10 µM, 0.5 µl de sonda 5 µM, y 1 µl de agua libre nucleasa, 1esta mezcla fue preparada en un gabinete para PCR (UVP). La qPCR se inició por la desnaturalización inicial (95°C, 10 min), seguida por 45 ciclos de amplificación a 60°C por 30 segundos, 72°C por 30 segundos, 95°C por 15 segundos. Las señales de fluorescencia fueron colectadas a cada ciclo de amplificación a 60°C. Posteriormente se procedió al análisis de resultados. La qPCR se inició con la desnaturalización inicial (95°C, 10 min), seguida por 45 ciclos de amplificación a 60°C por 30 segundos, 72°C por 30 segundos, 95°C por 15 segundos. Las señales de fluorescencia fueron colectadas a cada ciclo de amplificación a 60°C.

RESULTADOS. Se logró diseñar un sistema molecular mediante qPCR multiplex para la detección simultanea de Mucorales, mediante el uso de oligonulceótidos y sondas de hidrólisis específicos (Tabla I).

Organismo	**Gen/ Numero ID***	**5'-Oligonucleotido Directo-3'** **5'- Oligonucleotido Reverso -3'** **5'(Fluoroforo)-Sonda de hidrolisis-3(Quencher)'**	**Longitud (pb),Tm (°C), GC %**	**Tamaño amplicon (pb)**
L. corymbifera	*tfc-1* /10608[1]	ACCCTCAGTGATCGCCAATTC GTGATCCACCCAAGGTTTCAATG **HEX-** ATGCGTCGAATATCCTGGTCGTGTC- **BHQ1**	21, 66.4, 52.4 23, 66.4, 47.8 25. 69.1, 52	88
R. arrhizus	*tfc-1* /12273[2]	CAGGTGTCGTAAGAAGGACGAAA TCAGGCCGGTACCATAGATC **CAL Fluor Red 610-** CGTGCCATTAAAACCTTGGGAGGC- **BHQ2**	23, 66.8, 47.8 20, 66.9, 55 24, 69.1, 54.2	109
M. circinelloides	*tfc-1* /5396[3]	GCGGAGGATATAGCCAAAGAGA GCGGTTGTCAAACTGTTATCATCT **FAM-** TTGCTACTGAGAACGAGAATGGTGGA- **BHQ1**	22, 66.2, 50 24, 65.7, 41.7 26, 68.9, 46.2	104
Homo sapiens	Ribonuclease P / NM_006413.4	AGATTTGGACCTGCGAGCG GAGCGGCTGTCTCCACAAGT **Quasar 705-** TTCTGACCTGAAGGCTCTGCGCG **BHQ2**	19, 65.9, 57.9 20, 66.9, 60 23, 69.9, 60.9	65

Tabla I. *Oligonucleótidos y sondas de hidrólisis empleados*

Para cada organismo, *tfc-1* codifica para una subunidad del complejo del factor de iniciación de la transcripción (TF)IIIC de la RNA polimerasa III.

*Las secuencias genomicas Mucorales fueron tomadas de:
1 https://mycocosm.jgi.doe.gov/Liccor1/Liccor1.home.html
2 https://mycocosm.jgi.doe.gov/Rhior3/Rhior3.home.html
3 https://mycocosm.jgi.doe.gov/Muccirc1/Muccirc1.home.html

Las curvas de amplificación específicas para los Mucorales se muestran en la Figura 1.

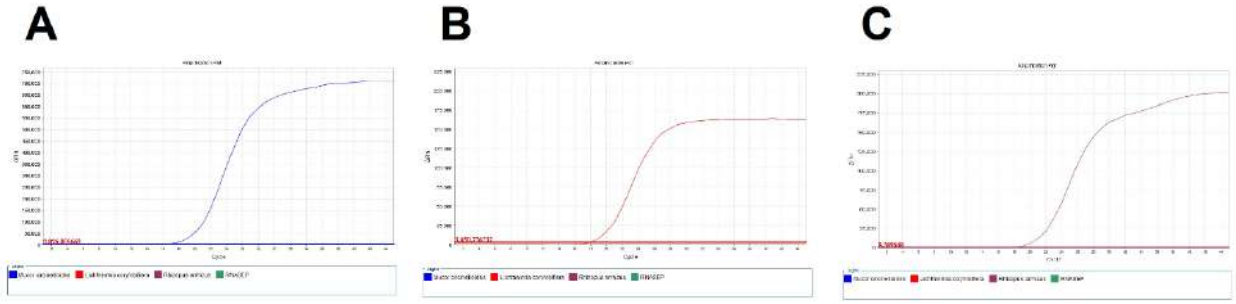


Figura 1. *Curvas de amplificación del sistema qPCR multiplex para la detección de Mucorales. Se muestran las curvas de amplificación de Mucorales mediante qPCR multiplex A) Mucor circinlloides, B) L. corymbifera C) R. arrhizus.*

CONCLUSIONES. Se logró diseñar un novedoso sistema funcional de detección diferencial de los hongos Mucorales R. arrhizus, M. circinelloides y L. corymbifera.

REFERENCIAS.

0. Hummel, K.B., Lowe, L., Bellini, W.J., Rota, P.A. (2006). Development of quantitative gene-specific real-time RT-PCR assays for the detection of measles virus in clinical specimens. J Virol Methods 132(1-2):166-73.
1. Jeong W., Keighley C., Wolfe R., Lee W.L., Slavin M.A., Kong D.C., Chen S.C.-A. (2019). The epidemiology and clinical manifestations of mucormycosis: A systematic review and meta-analysis of case reports. Clin. Microbiol. Infect. 2019;25:26–34.
2. Steinbrink, J.M., Miceli, M.H. (2021). Mucormycosis. Infect Dis Clin North Am 35(2):435-452.
3. Thompson, J.D., Higgins, D.G., Gibson, T.J. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivy of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acids Res 22(22):4673-80. doi: 10.1093/nar/22.22.4673.
4. Valle-Maldonado, M.I., Jácome-Galarza, I.E., Gutiérrez-Corona, F., Ramírez-Díaz, M.I., Campos-García, J., Meza-Carmen, V. (2015). Selection of reference genes for quantitative real time RT-PCR during dimorphism in the zygomycete Mucor circinelloides. Mol Biol Rep 42(3):705-11

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524112

EL ÁCIDO LIPOICO Y LA BIOTINA COMO AGENTES NEUROPROTECTORES EN *Caenorhabditis elegans*

Katia López Torres[1], Josué Altamirano Hernández[2], Marina Murillo Villicaña[3], Francisco Saavedra Molina[4], Asdrúbal Aguilera Méndez[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1720345x@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; josue.altamirano@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0850421k@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; francisco.saavedra@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; amendez@umich.mx

Palabras Clave: Neurprotección, biotina, ácido lipoico, C. elegans.

RESUMEN. Las enfermedades neurodegenerativas afectan el sistema nervioso central, causando pérdida de memoria y problemas motrices, lo que deteriora la calidad de vida del paciente. Los nutracéuticos, como el ácido lipoico y la biotina, han mostrado efectos terapéuticos a concentraciones farmacológicas y son prometedores para el tratamiento de estas enfermedades. El nemátodo C. elegans se utiliza como modelo para estudiar estas condiciones, permitiendo análisis detallados. En un estudio, se evaluó el efecto neuroprotector de la combinación de ácido lipoico (0.1 mM) y biotina (150 nM) en C. elegans expuestos a estrés oxidante(80 mM de glucosa) donde se evaluó la memoria a corto plazo mediante una prueba de quimiotaxis, así como la actividad de enzimas antioxidantes (SOD, CAT y glutatión total). La administración conjunta de ambos nutracéuticos mostró una actividad óptima de las enzimas antioxidantes y un aumento en el índice de quimiotaxis (0.78), concluyendo que esta combinación tiene un efecto neuroprotector.

INTRODUCCIÓN. Las enfermedades neurodegenerativas (END) se caracterizan por una progresiva e irreversible pérdida neuronal, lo que produce alteraciones en las funciones cerebrales y en la coordinación de movimientos. Dentro de las principales causas de las END se encuentran: el envejecimiento y alteraciones genéticas lo que trae consecuencias a nivel celular que van desde daños en la membrana, mitocondria, proteínas/enzimas, hasta la muerte celular; que a nivel fisiológico se traducen en pérdida de memoria a corto y largo plazo, pérdida en funciones motoras (movimiento, habla, deglución y respiración), postración y muerte. Las principales END son el Alzheimer, que provoca pérdida de memoria debido a daños en las proteínas ß-amiloide y Tau; el Parkinson, que causa temblores y pérdida de control motriz por agregados de alfa-sinucleína; la Esclerosis Múltiple, que resulta en pérdida de movimiento por la degradación de la mielina; y el Huntington, que deteriora la motricidad y lleva a la postración y muerte debido al daño en la enzima huntingtina. (Sienes et. al, 2022). Hasta el momento no se cuenta con una cura para estas enfermedades y los a tratamientos farmacológicos tienen efectos secundarios y un elevado costo. Es por eso la necesidad de utilizar alternativas, como los nutracéuticos, que son componentes de los alimentos y que a concentraciones farmacológicas mejoran la salud y previenen enfermedades, además, su costo es bajo y los riesgos de efectos secundarios son mínimos (Leonard, 2006). Los nutraceuticos se dividen en: carbohidratos,

proteínas, lípidos, antioxidantes, vitaminas/minerales y probióticos. En el caso de los antioxidantes se les define como moléculas neutralizante de radicales libres, de ellos un ejemplo importante es el ácido lipoico, el cual a concentraciones farmacológicas (600-1800 mg) tiene efectos en diversas enfermedades crónico degenerativas (Lim et al., 2013). Un ejemplo de las vitaminas como nutracéutico es la biotina, que actúa en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas al ser cofactor de las enzimas carboxilasas y a concentraciones farmacológicas (2-50mg) tiene efectos benéficos en enfermedades crónico degenerativas (Birnbaum et al., 2017). El uso del nemátodo Caenorhabditis elegans por sus características partículares (bajo costo de mantenimiento, tamaño, genes ortólogos, ciclo de vida y conformación corporal) es un modelo biológico muy útil en el estudio de enfermedades neurodegenerativas y ha permitido una mejor comprensión de los mecanismos por los cuales dichas enfermedades actúan, además ha permitido encontrar alternativas farmacológicas (Gutierrez et al., 2020).

ANTECEDENTES. En 2016 Lim y su equipo de trabajo, propusieron un estudio en el cual se planteó el uso de antioxidantes como el ácido lipoico y la epigalactona como un potencial tratamiento preventivo de alzheimer, para ello utilizaron nemátodos y se observó al entrar en contacto con ambos compuestos y en presencia de estrés oxidante no tenia una pérdida de memoria, esto medido por el índice de decisión mediado por la memoria a corto plazo (Lim et al., 2013). Por su parte Birnbaum y colaboradores en 2017 demostraron que la administración de la biotina (100mg tres veces al día) en 43 pacientes con esclerosis múltiple disminuía la fatiga, dolores de cabeza y temblores involuntarios (Birnbaum et al., 2017).

OBJETIVO. Evaluar el efecto neuroprotector de la combinación de biotina y el ácido lipoico en Caenorhabditis elegans.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Evaluar el efecto del ácido lipoico y la biotina ante estrés oxidante en C. elegans. Determinar el efecto neuroprotector del ácido lipoico y la biotina en la morfología, conducta y aprendizaje de C. elegans.

MATERIALES Y MÉTODOS. Material biológico: C. elegans silvestre Bristol (en pasadoN2), adquirida en el Centro de Genética Caenorhabditis (CGC) de la Universidad de Minnesota, St. Paul. Para la alimentación de las cepas de C. elegans, se utilizó la cepa Escherichia coli. OP50
Para el mantenimiento de la cepa N2, se preparó medio NGM (Nematode Growth Medium), utilizado para el crecimiento de nematodos + E. coli OP50, se incubó a 18 °C por 24 h para su reproducción. Se sincronizaron a los nematodos con una solución blanqueadora (NaOH + NaClO), para lisar el cuerpo del nematodo quedando solo los huevecillos para ser colocados en medio NGM, esto se realizó para tener en una misma etapa larvaria a los nemátodos en los ensayos (L4 después de 48 h).
Determinaciones de las concentraciones óptimas de biotina y ácido lipoico en C. elegans
Se colocaron los nematodos en las diferentes concentraciones de biotina (T0=0nM, T1=50nM, T2=100nM y T3=150nM) y ácido lipoico (T0=0mM, T1=0.1mM, T2=0.5mM y T3=1.0mM) y se tomó una población de nematodos sincronizada que fueron transferidas a microplacas de 96 pozos (aprox. 30 por pocillo) conteniendo medio M9 adicionado con las concentraciones de biotina y ácido lipoico requeridas para cada tratamiento, se incubó la microplaca por 48 horas a 20 °C, posteriormente los nematodos se lavaron con medio M9

estéril y se le colocó peróxido de hidrógeno (H2O2 a 20mM). Se seleccionaron los tratamientos con el mayor porcentaje de sobrevivencia y para la evaluación de la memoria (de forma individual y combinada).

Protección contra el estrés oxidante inducido por altas concentraciones de glucosa

Este tipo de estrés oxidante se realizó al incubar a los nematodos en un medio NGM conteniendo una concentración de 80 mM de glucosa, la cual ha demostrado genera un estrés oxidante al saturar a la mitocondria de sustratos generados en el catabolismo de glucosa. Se sembraron nemátodos sincronizados como se describió anteriormente con las concentraciones de biotina y ácido lipoico seleccionadas previamente. Se estableció un diseño de dos factores siendo el factor A los tratamientos seleccionados de biotina y ácido lipoico y el Factor B la presencia de glucosa (0 y 80 mM), para posteriormente medir la actividad antioxidante a partir de la actividad de SOD, CAT y glutatión total de acuerdo a las metodología planteadas por Guzmán (2019).

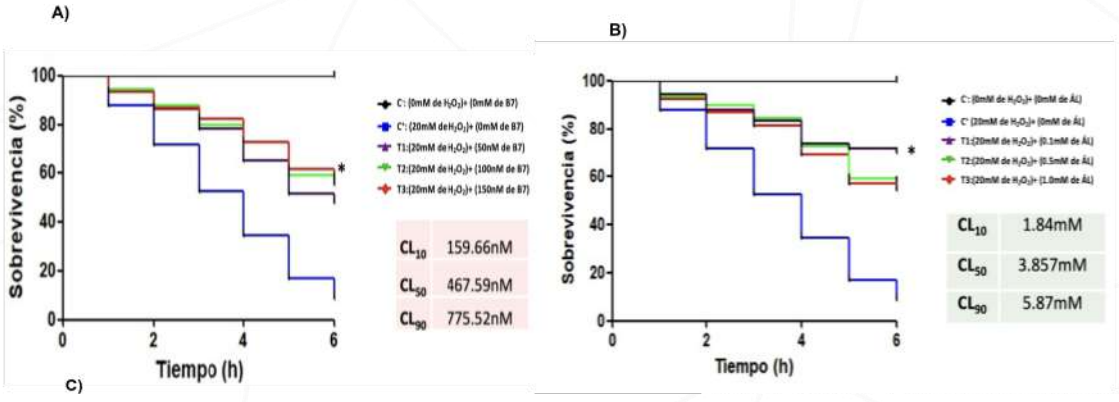
Memoria condicionada por alimento: quimiotaxis

Para evaluar el aprendizaje y la memoria asociativa de corto plazo se realizó a nivel poblacional de acuerdo a Munasinghe et al., en 2021, modificando el quimio atrayente, se estableció un gradiente salino. Se colocaron nematodos sincronizados y preacondicionados en los diferentes tratamientos: biotina, ácido lipoico y biotina + ácido lipoico (en presencia y ausencia de glucosa), se incubaron por 6h en una caja de Petri con alimento y diferentes concentraciones de sal contenidas en el medio NGM (0 µM, y 150 µM) a 18°C. Posteriormente se colocaron por 45 min en medio NGM en ausencia de alimento y con un gradiente salino en donde la derecha de la caja marcaba como la concentración máxima de NaCl (150 µM) y a la izquierda la miníma (0 µM), en donde se colocó una gota de azida de sodio para la fijación de nematodos y se pudiera realizar un conteo y se tomó en cuenta un radio de 2 cm para considerarse la toma de decisión de los nemátodos. El índice de quimiotaxis (IQ) se calculó como: IQ = (Número de nematodos el lado de interés en entrenamiento) / (Número de nematodos total).

RESULTADOS.

1. Determinación de las concentraciones óptimas de biotina y ácido lipoico en la sobrevivencia de *C. elegans*

Se determinaron las concentraciones letales de varios nutracéuticos y se evaluó la supervivencia de nematodos en presencia de H_2O_2. La concentración óptima para la biotina fue de 150nM y para el ácido lipoico de 0.1mM, logrando una sobrevivencia del 71% (Figura 1 A) y 75% (Figura 1 B). Al combinarlos, la supervivencia aumentó al 94% (Figura 1 C).



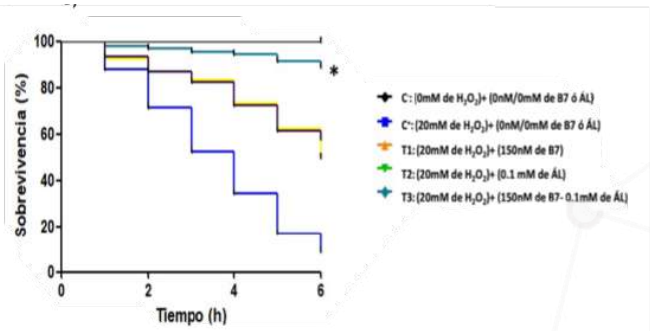
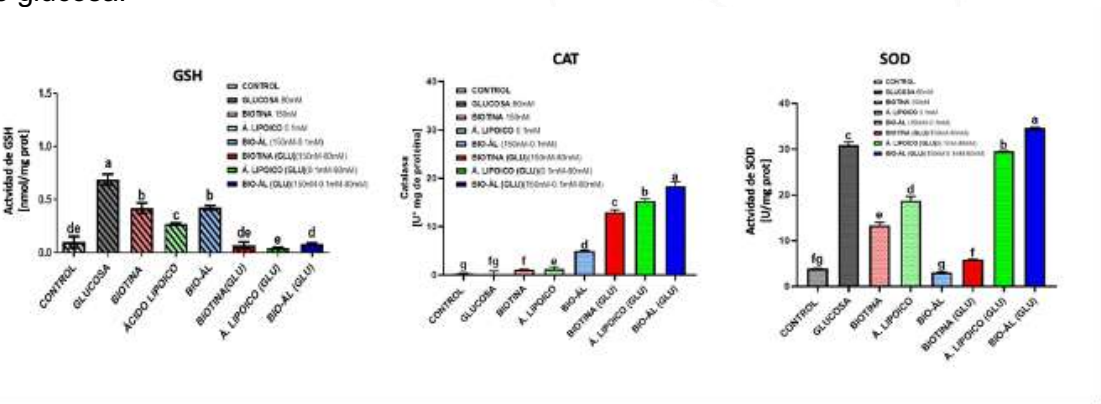


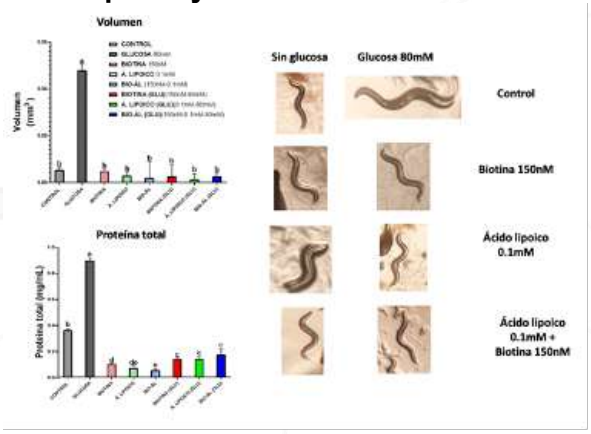
Figura 1. Porcentaje de sobrevivencia a estrés oxidante producido por 20mM de H_2O_2. Biotina /B7 **(A)**, ácido lipoico **(B)** y combinación de las concentraciones optimas **(C),** en un periodo de 6 horas. Se realizó un ANOVA de dos vías, p=0.05, promedio+DS (n=30 nematodos por pocillo con 3 repeticiones).

2. Evaluación de la actividad antioxidante de SOD, CAT y glutatión total ante estrés oxidante

La actividad antioxidante corresponde a una linea de defensa ante el estrés oxidante, la figura 2 muestra: (A) el contenido de glutatión total aumenta cuando la glucosa se encuantra en el sistema pero dicha actividad es mitigada al agragar los nutracéuticos en solitario y en combinación, (B) la actividad de CAT aumenta en condiciones de estrés y en la presencia de los nutraceuticos lo que indica un aumento en la actividad de la catalasa y (C) la actividad de SOD aumenta en condiciones donde la glucosa genera un aumento en la actividad de SOD; lo que indica que el aumento de la defenza antioxidante cuando se tiene la presencia de glucosa.



3. Evaluación morfológica de C. elegans ante estrés oxidante tratados con ácido lipoico y biotina



La figura 3 nos muestra cambios en la morfología de los nemátodos en donde el volumen (A) y contenido protéico (B) aumentan por la presencia de glucosa generando un aumento

en el estrés oxidante y es mitigado por los nutracéuticos de forma individual y en combinación, dichos cambios son evidentes en el siguiente parametro evaluado a partir de fotografías (C).

4. Evaluación de memoria condicionada por alimento a partir de un índice de quimiotaxis (ÍQ)

El entrenamiento de memoria condicionada es un punto crucial para obtener ÍQ más elevados ya que en presencia de los nutracéuticos existe un aumento del ÍQ que refleja una disminución en la pérdida de memoria aún en presencia de glucosa.

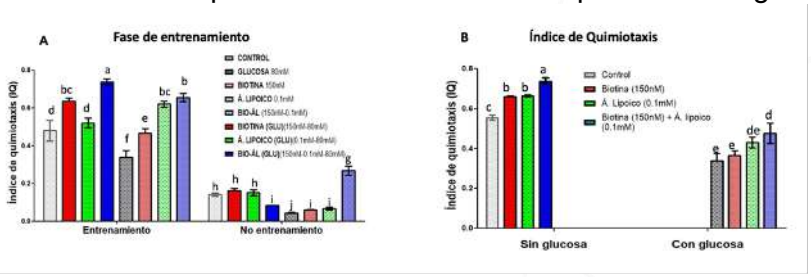


Figura 4. *Representación del entrenamiento de memoria por alimento y el índice de quimiotaxis. Fase de entrenemiento* ***(A) (****Munasinghe et al., 2021****). Índice de quimiotaxis* ***(B)****. Se realizó un ANOVA de una vía con un p=0.05, promedio+DS (n=100 nemátodos por caja con 3 repeticiones).*

CONCLUSIONES. Los resultados mostraron que las concentraciones de biotina (150nM) y ácido lipoico (0.1mM) tienen una actividad óptima de las enzimas antioxidantes y un aumento en el índice de quimiotaxis (0.78), concluyendo que esta combinación tiene un efecto neuroprotector, por lo que es necesario el uso de nutracéuticos para beneficiar la salud y prevenir END probado en este modelo de estudio (C. elegans).

REFERENCIAS.

0. Birnbaum, G., & Stulc, J. (2017). High dose biotin as treatment for progressive multiple sclerosis. Multiple Sclerosis and Related Disorders, 18, 141-143.
1. Gutierres Sánchez, J. S., Castro Cárdenas, H. S., Giraldo Quintero, S. E., Lozano Jiménez, Y. Y., & Sánchez Mora, R. M. (2020). Caenorhabditis elegans como modelo de estudio de enfermedades neurodegenerativas. Ámbito Investigativo, 5(2), 24-33.
2. Guzmán Hernández, G. Alejandra Y. (2019). Análisis de la actividad de los compuestos fenólicos del frijol en la tolerancia al estrés oxidante en Caenorhabditis elegans.
3. Lim, H. J., Shim, S. B., Jee, S. W., Lee, S. H., Lim, C. J., Hong, J. T., ... & Hwang, D. Y. (2013). Green tea catechin leads to global improvement among Alzheimer's disease-related phenotypes in NSE/hAPP-C105 Tg mice. The Journal of nutritional biochemistry, 24(7), 1302-1313.
4. Leonard, H. P. (2006). Nutracéuticos: componente emergente para el beneficio de la salud. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 40(3), 20-28.
5. Munasinghe, M., Afshari, R., Heydarian, D., Almotayri, A., Dias, D. A., Thomas, J., & Jois, M. (2022). Effects of cocoa on altered metabolite levels in purine metabolism pathways and urea cycle in Alzheimer's disease in C. elegans.
6. OMS, (2019). Dementias.
7. Rubio Landa, M. Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro e in vivo en frijol criollo y comercial bajo diferentes métodos de cocción. Tesis de maestría. 2017. Translational Medicine of Aging, 6 , 14-24.
8. Sienes Bailo, P., Llorente Martín, E., Calmarza, P., Montolio Breva, S., Bravo Gómez, A., Pozo Giráldez, A., ... & Fort Gallifa, I. (2022). Implicación del estrés oxidativo en las enfermedades neurodegenerativas y posibles terapias antioxidantes. Advances in Laboratory Medicine/Avances en Medicina de Laboratorio, 3(4), 351-360.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524114

INHIBICIÓN DE ACETILCOLINESTERASA CON COMPLEJOS DE INCLUSIÓN CD-DHP

Regina Espinosa Luna[1], Katia Lizbeth Alonso Hurtado[2], Zueisaddai Hernández Gallegos[3], Mauro Manuel Martínez Pacheco[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2110804j@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1316242f@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; zurisad@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mauro.martinez.pacheco@umich.mx

Palabras Clave: Inhibición, acetilcolinesterasa, inclusión, dihidropiridinas.

RESUMEN. La acetilcolinesterasa (AchE) hidroliza al neurotransmisor acetilcolina para terminar la transmisión neuronal en sinapsis. Los pacientes con enfermedades neurodegenerativas presentan bajos niveles de acetilcolina, por lo que, una de las estrategias para el tratamiento de estas enfermedades es la inhibición de acetilcolinesterasa. En nuestro grupo de trabajo se sintetizaron 10 dihidropiridinas (DHP'S) con diferentes sustituyentes en posiciones meta y para. Las DHP'S son bloqueadores de canales de calcio. De las cuales se desconoce su posible efecto sobre la AchE. El trabajo tuvo como objetico determinar la inhibición de AchE con las DHP'S. Para determinar la energía de afinidad con la AChE se realizaron ensayos de docking molecular con el programa Autodock Vina. Posteriormente, se realizaron complejos de inclusión entre una beta ciclodextrina (β-CD) y las DHP'S con mayor afinidad. Las dihidropiridinas con mayor energía de afinidad fueron la DHP2 y la DHP5. Los complejos presentaron cambios morfológicos que indica la inclusión de las DHP en la β-CD.

INTRODUCCIÓN. El Alzheimer es responsable del 60%-80% de los casos de demencia a nivel global, se caracteriza por un deterioro crónico de la memoria y por un déficit cognitivo que resulta en la pérdida de autonomía personal (Atri, 2019). En México, hay un aproximado de un millón 300 mil personas con Alzheimer, se presenta con mayor frecuencia en personas mayores de 65 años. (Agudelo-Botero et al., 2023). El Alzheimer proyecta para representar una amenaza creciente en el futuro cercano, dado el pronóstico de envejecimiento poblacional. El Consejo Nacional de Población en el 2021 estimó que en México, en menos de 30 años, 2 de cada 10 mexicanos serán adultos mayores, lo que intensificará el impacto del Alzheimer en la salud pública. Uno de los blancos terapéuticos para el tratamiento del Alzheimer es la acetilcolinesterasa (AChE). Esta enzima cataliza la hidrólisis del neurotransmisor acetilcolina (ACh) en ácido acético y colina (Grigorev et al., 2021). Su función principal es terminar la transmisión neuronal y prevenir la activación de receptores cercanos que causa la dispersión de ACh (Hung et al., 2022). La ACh participa en procesos de memoria y aprendizaje. La concentración de este neurotransmisor disminuye en pacientes con Alzheimer, lo que está relacionado con la patogénesis y la progresión de la enfermedad (Aazza et al., 2023). La inhibición de la acetilcolinesterasa es una estrategia terapéutica para restaurar los niveles de acetilcolina y disminuir los síntomas

del Alzheimer. Es por esto que existe un gran interés en la identificación de moléculas que tengan actividad inhibitoria sobre AChE.

ANTECEDENTES. Los inhibidores de AChE entraron al mercado en 1993, cuando la FDA aprobó el uso de la tacrina para el tratamiento de los síntomas del Alzheimer y otras demencias relacionadas. Aunque la tacrina mostró efectos positivos en la función de la memoria, se retiró del mercado en el 2013 debido a su hepatoxicidad (Marucci et al., 2021). Actualmente, los inhibidores autorizados por la FDA incluyen al donepezil, rivastigmina y galantamina (Atri, 2019). Desde su introducción, estos medicamentos desempeñan un papel importante en el control de los síntomas y en la desaceleración de la progresión de la enfermedad. El donepezilo es un inhibidor selectivo hacia la enzima, y se administra a pacientes en cualquier etapa de la enfermedad. Además, es tolerable y su interacción con otros medicamentos es mínima. No obstante, el donezepilo puede presentar algunos efectos secundarios gastrointestinales (Adlimoghaddam et al., 2018). Los anillos de piridina son uno de los heterociclos que se utilizan en el diseño de fármacos (Ling et al., 2021). Sin embargo, estas moléculas presentan una baja solubilidad, lo que limita su estrategia terapéutica. Una estrategia para aumentar su solubilidad es su inclusión en ciclodextrinas, que son oligosacáridos cíclicos que tienen una cavidad en la que el fármaco ingresa. En nuestro grupo de trabajo se sintetizaron 10 dihidropiridinas (DHP'S) con diferentes sustituyentes en posición meta y para. El efecto potencial de estos compuestos sobre la AChE se desconoce. Por lo que en este trabajo se determinó la inhibición de AChE con complejos de inclusión CD-DHP.

OBJETIVO. Determinar la inhibición de acetilcolinesterasa con complejos de inclusión CD-DHP. Calcular la energía de afinidad de las dihidropiridinas con la acetilcolinesterasa.
Obtener complejos CD-DHP'S. Determinar la actividad enzimática de AChE con los complejos CD-DHP´S en un modelo in vitro.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Interacción de las DHP'S con AChE. La interacción de la AChE con las DHP'S se evaluó con ensayos in silico. El cristal de la proteína se obtuvo del Protein Data Bank con el código 5FQP. La preparación de la enzima se realizó en Auto Dock Tools. Un archivo con extensión .txt se generó en el que se incluyeron las coordenadas del sitio activo de la AChE. El acoplamiento molecular se realizó en el programa Auto Dock Vina, y los resultados fueron visualizados en Discovery Studio 2019 Client.
Obtención de los complejos CD-DHP. La inclusión de dihidropiridina DHP en β-CD se realizó con el método de coprecipitación. Las soluciones se prepararon en concentraciones equimolares de DHP disuelta en acetona y β-CD disuelta en agua. La solución acuosa de β-CD se calentó a 75 °C y la solución de acetona se añadió gota a gota. Después, se agitó durante 1 hora se agitó y se enfrió enfriarla a 25° C, se secó en una estufa a 50°C durante toda la noche.
Caracterización de los complejos CD-DHP. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). El análisis se realizó en un equipo Jeol 7600F a 5kV, los materiales se recubrieron en cobre por aspersión previo a su análisis (Ma et al., 2011)
Inhibición in vitro. La actividad de la enzima con las DHP'S se evaluará utilizando el método de Ellman.

RESULTADOS. La energía de afinidad de las DHP'S con la acetilcolinesterasa es de -6.2 kcal/mol a -6.6 kcal/mol. Las DHP'S con mayor energía de afinidad son la DHP-2 y la DHP-5 con -6.6 kcal/mol y 6.5 kcal/mol respectivamente (Tabla 1). Sin embargo, no mostraron interacción con ningún aminoácido del sitio activo (Figura 1). Las imágenes que se obtuvieron por SEM muestran una diferencia morfológica entre las DHP, las β-CD y los complejos de inclusión (Figura 2). La señal de infrarrojo de los complejos de inclusión es una mezcla entre la señal de la β-CD y la DHP (Figura 3). Estos resultados sugieren una correcta inclusión de las DHP'S en β-CD. La actividad de AChE con el complejo de inclusión CD-DHP-4 no mostró diferencias significativas respecto al control.

DHP'S	GRUPO R	Energía de afinidad (kcal/mol)
DHP-1	H	-6.4
DHP-2	*m*-CH_3	-6.6
DHP-3	p-F	-6.3
DHP-4	p-Cl	-6.6
DHP-5	*m*-NO_2	-6.5
DHP-6	*p*-Br	-6.4
DHP-7	*m*-Cl	-6.3
DHP-9	*p*-CH_3	-6.2
DHP-10	*m*-Br	-6.4
Galantamina		-8.4

Tabla 1. *A) Energía de afinidad de las DHP'S con la enzima 5FQP.*

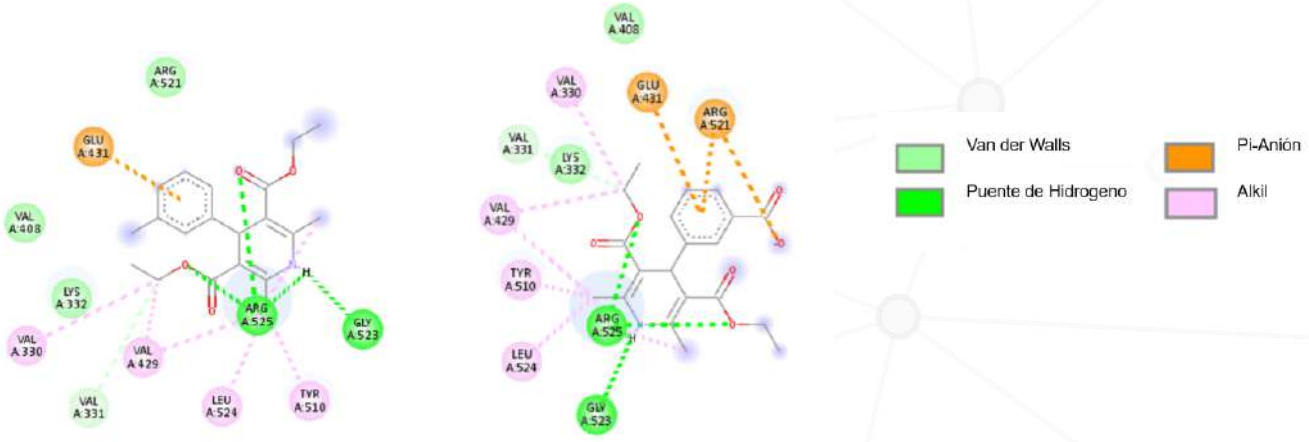


Figura 1. *Interacción de DHP-2 y SHP-5 con la enzima 5FQP. a) DHP-2 y b) DHP-5*



Figura 2. *Microscopia electrónica de barrido (250X). a) β-CD, b) DHP-5, c) complejo CD-DHP-5*

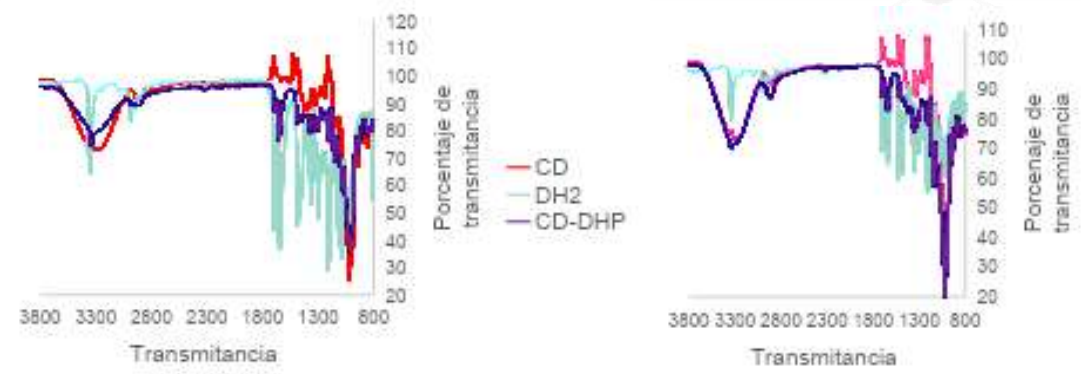


Figura 2. *Resultados del análisis por FT-IR para β-CD, DHP y el complejo de inclusión CD-DHP. a) CD-DHP-2, b) CD-DHP-5*

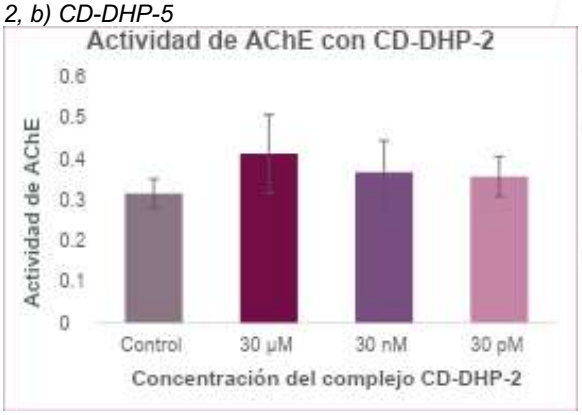


Figura 3*. Actividad de acetilcolinesterasa con el complejo de inclusión CD-DHP-2 a 30µM, 30 nM y 30 pM.*

CONCLUSIONES. Las DHP'S formaron complejos de inclusión con β-CD por el método de coprecipitación. La interacción in silico sugiere una posible actividad de inhibición a acetilcolinesterasa. Sin embargo, la actividad enzimática de la AChE no se inhibió por el complejo de inclusión CD-DHP-2. Potencialmente, la DHP-2 incluida en estas nanopartículas puede inhibir otro tipo de enzima.

REFERENCIAS.

0. Aazza, S., El-Guendouz, S., y Miguel, M. da G. (2023). Screening for acetylcholinesterase inhibition, lipid peroxidation inhibition and antioxidant activity of medicinal plants from Morocco. Boletin Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas, 22(1), 1–18. https://doi.org/10.37360/blacpma.23.22.1.1
1. Adlimoghaddam, A., Neuendorff, M., Roy, B., y Albensi, B. C. (2018). A review of clinical treatment considerations of donepezil in severe Alzheimer's disease. In CNS Neuroscience and Therapeutics (Vol. 24, Issue 10, pp. 876–888). Blackwell Publishing Ltd. https://doi.org/10.1111/cns.13035
2. Agudelo-Botero, M., Giraldo-Rodríguez, L., y Rojas-Russell, M. E. (2023). Systematic and comparative analysis of the burden of Alzheimer's disease and other dementias in Mexico. Results at the National and Subnational Levels, 1990–2019. The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease, 10(1), 120–129. https://doi.org/10.14283/jpad.2022.92
3. Atri, A. (2019). The Alzheimer's disease clinical spectrum: diagnosis and management. in medical clinics of north america (Vol. 103, Issue 2, pp. 263–293). W.B. Saunders. https://doi.org/10.1016/j.mcna.2018.10.009
4. Grigorev, V. Y., Rasdolsky, A. N., Grigoreva, L. D., y Tinkov, O. V. (2021). Structural fractal analysis of the active site of acetylcholinesterase in complexes with huperzine A, galantamine, and donepezil. Molecular Informatics, 40(11). https://doi.org/10.1002/minf.202100127

5. Hung, N. H., Quan, P. M., Satyal, P., Dai, D. N., Hoa, V. Van, Huy, N. G., Giang, L. D., Ha, N. T., Huong, L. T., Hien, V. T., y Setzer, W. N. (2022). Acetylcholinesterase inhibitory activities of essential oils from vietnamese traditional medicinal plants. Molecules, 27(20), 1–21. https://doi.org/10.3390/molecules27207092
6. Ling, Y., Hao, Z. Y., Liang, D., Zhang, C. L., Liu, Y. F., y Wang, Y. (2021). The expanding role of pyridine and dihydropyridine scaffolds in drug design. In Drug Design, Development and Therapy (Vol. 15, pp. 4289–4338). Dove Medical Press Ltd. https://doi.org/10.2147/DDDT.S329547
7. Marucci, G., Buccioni, M., Ben, D. D., Lambertucci, C., Volpini, R., y Amenta, F. (2021). Efficacy of acetylcholinesterase inhibitors in Alzheimer's disease. Neuropharmacology, 190, 108352. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2020.108352

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524115

DISEÑO Y SÍNTESIS DE PÉPTIDOS DERIVADOS DE LA DEFENSINA PaDef DE AGUACATE NATIVO MEXICANO (*Persea americana* var. drymifolia), Y EVALUACIÓN DE SU CITOTOXICIDAD EN LA LÍNEA CELULAR MCF-7 DE CÁNCER DE MAMA

Araceli Morales Hernández[1], Alejandra Ochoa Zarzosa[1], Diego Sebastián Insuasty Cepeda[2], Zuly J. Rivera Monroy[2], Javier E. García Castañeda[2] y Joel E. López Meza[1]

1 Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología - FMVZ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, km 9.5 Carretera Morelia – Zinapécuaro, Posta Veterinaria 58893, Morelia, Michoacán, México. E-mail: 1366852a@umich.mx.

2 Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 45, No. 26-85, Bogotá 111321, Colombia.

Palabras Clave: Péptidos antimicrobianos, diseño de péptidos, apoptosis, cáncer.

RESUMEN. El cáncer es una de las principales causas de muerte en el mundo, provocando 9.7 millones de muertes en el año 2022. El cáncer de mama es el tipo de cáncer que más afecta a las mujeres, tan solo en México 52 de cada 100 mil mujeres padecen esta enfermedad. Aunque existen diversas técnicas que se han utilizado para combatir el cáncer, entre las que se encuentran la cirugía, radiación, quimioterapia y las terapias dirigidas, estos enfoques presentan un índice terapéutico bajo y efectos secundarios graves. Estas limitaciones han llevado a la búsqueda de nuevas terapias contra el cáncer. Una alternativa es el uso de péptidos antimicrobianos (AMP) que representan una nueva familia de agentes anticancerosos que evitan las limitaciones de los tratamientos convencionales. Sin embargo, los AMPs suelen ser inestables y tienen un alto costo de producción. Por esta razón, se han desarrollado estrategias para el diseño in silico de péptidos anticancerosos. En este trabajo se diseñaron 14 péptidos derivados de la defensina PaDef del aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia). La actividad citotóxica de estos 14 péptidos se evaluó en la línea celular MCF-7. Solo los péptidos 570 y 1007 afectaron la viabilidad de las células MCF-7 de forma dependiente de la concentración, con una IC50 de 133.41 µM y 218.89 µM, respectivamente. Además, estos péptidos activaron la apoptosis a través de las caspasas 8 y 9, activando tanto la vía intrínseca como la extrínseca. Aunque el efecto citotóxico de los péptidos 570 y 1007 fue menor que el de la defensina PaDef, estos péptidos podrían servir como base para el diseño de nuevos péptidos anticancerosos.

INTRODUCCIÓN. El cáncer es un grupo amplio de enfermedades caracterizadas por la proliferación descontrolada de células anormales, que pueden invadir otros tejidos. Es una de las principales causas de muerte a nivel mundial, con 9.7 millones de muertes en el 2022. El cáncer de mama es uno de los más comunes y el que más muertes causa entre las mujeres (WHO, 2022). Existen diversas técnicas para combatir el cáncer, como la cirugía, radioterapia, quimioterapia y terapias dirigidas. Sin embargo, estos enfoques tienen un índice terapéutico bajo y efectos secundarios graves. Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de nuevas terapias. Una alternativa prometedora es el uso de péptidos antimicrobianos (AMPs), que representan una nueva familia de agentes anticancerosos y evitan las limitaciones de los tratamientos convencionales (Guzmán-Rodríguez et al., 2015).

Los AMPs son moléculas cortas, anfipáticas y mayormente catiónicas que forman parte crucial de la respuesta inmune innata de muchos organismos, exhibiendo actividad antimicrobiana directa. Actualmente, se han identificado cerca de 4000 AMPs en la base de datos "The Antimicrobial Peptide Database", y aproximadamente el 7.7% son citotóxicos para células cancerosas. Sin embargo, a pesar de su potencial, los AMPs enfrentan desafíos debido a su naturaleza peptídica, que los hace lábiles y con propiedades farmacocinéticas pobres, además de altos costos de síntesis química. Estas limitaciones han llevado al diseño de nuevos péptidos anticancerosos que conservan las características de los AMPs, pero con modificaciones que los hacen más estables y de menor longitud (Deslouches & Di, 2017).

ANTECEDENTES. En nuestro grupo de trabajo se ha descrito la actividad antimicrobiana y citotóxica del AMP PaDef, derivado de la pulpa del aguacate nativo mexicano. PaDef es una defensina tipo 1 con un péptido maduro de 47 aminoácidos, de los cuales 8 son cisteínas, permitiendo la formación de 4 puentes disulfuro. Además, posee una estructura CSαβ y el motivo "γ-core" característico de las defensinas. Ensayos in vitro demostraron la actividad antimicrobiana de PaDef contra Escherichia coli y Staphylococcus aureus (Guzmán-Rodríguez et al., 2013). PaDef también muestra actividad citotóxica dependiente de la concentración contra diversas líneas celulares de cáncer. En células MCF-7 de cáncer de mama, PaDef indujo apoptosis a través de la vía intrínseca con una IC50 de 141.62 µg/ml (27.23 µM) (Guzmán-Rodríguez et al., 2016). En células K562 de leucemia mieloide crónica, PaDef indujo apoptosis a través de la vía extrínseca con una IC50 de 97.3 µg/ml (18.65 µM) (Flores-Alvarez et al., 2018). En células Jurkat de leucemia linfoide aguda, PaDef indujo apoptosis dependiente de las caspasas 8 y 9, con una IC50 de 47.3 µM (Jiménez-Alcántar et al., 2022). Finalmente, en células endoteliales bovinas (BUVEC), PaDef inhibió la migración celular inducida por VEGF (Falcón-Ruiz et al., 2023). Dado que PaDef muestra una actividad anticancerosa prometedora, se podría mejorar su eficacia obteniendo péptidos más pequeños.

OBJETIVO. Evaluar la actividad citotóxica de péptidos derivados de la defensina PaDef de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) en la línea celular MCF-7, y determinar el mecanismo de muerte inducido.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diseño de péptidos: Se diseñaron 14 péptidos derivados de la secuencia de la defensina PaDef (ATCETPSKHFNGLCIRSSNCASVCHGEHFTDGRCQGVRRRCMCLKPC, 47 aa) (Genbank KC007441). Las modificaciones incluyeron el aumento de la carga y la proporción hidrofóbica. Además, se realizó un análisis de las secuencias y una predicción de su actividad usando el servidor web AntiCP 2.0 (URL: https://webs.iiitd.edu.in/raghava/anticp2/) (Tabla 1).

Síntesis de péptidos: Los péptidos 462, 463, 484, 570, 571, 572, 582, 583, 584, 585, 595 y 596 se sintetizaron mediante la técnica de síntesis en fase sólida (SPPS-Fmoc/tBu), siguiendo la metodología propuesta por Insuasty Cepeda *et al*. (2019). Los péptidos 1001 y 1007 fueron sintetizados químicamente por la compañía BIOMATIK.

Cultivo celular: La citotoxicidad de los péptidos se evaluó en la línea celular MCF-7 de cáncer de mama y en la línea MCF-12F (control). Los cultivos se realizaron en medio de crecimiento F-12 Ham (Sigma), suplementado con 10% (v/v) de suero fetal bovino y 100 U/ml de penicilina y estreptomicina, manteniéndose a 37°C con 5% de CO_2.

Ensayos de viabilidad: La actividad citotóxica de los péptidos 462, 463, 484, 570, 571, 572, 582, 583, 584, 585, 595, 596 y 1001 se evaluó mediante ensayos de MTT, mientras que el péptido 1007 se evaluó mediante ensayos de exclusión con azul tripano. Las células se trataron con los péptidos (25-300 µg/mL) o con el vehículo (DMSO al 0.25% para los péptidos 1001 y 1007, y agua destilada para los péptidos restantes) y se incubaron durante 24 o 48 h. Se utilizó actinomicina D 10 µM (Act D) como control positivo de muerte celular. Los datos se obtuvieron de 3 experimentos independientes por triplicado (n = 9) y se comparó con un análisis de varianza (ANOVA) con un análisis *post hoc* de Tukey. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando se obtuvo un valor de $p < 0.05$. Los resultados de viabilidad celular se expresaron como el porcentaje de células viables respecto a las tratadas con el vehículo. La IC_{50} se calculó mediante análisis de regresión usando GraphPad v8 (Guzmán-Rodríguez *et al*., 2016; Flores-Alvarez *et al*., 2018).

Evaluación del mecanismo de muerte: Se determinó la tasa de apoptosis mediante un ensayo de Anexina V/7AAD en un citómetro de flujo Accuri C6 (BD Biosciences). Se analizó la vía de apoptosis activada midiendo la actividad de las caspasas 8 y 9 con los kits Caspase Glo 8 y Glo 9 (Promega), siguiendo las instrucciones del fabricante. Los datos se obtuvieron de 2 experimentos independientes por triplicado (n = 6) y se comparó con un análisis de varianza (ANOVA) con un análisis *post hoc* de Tukey. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando se obtuvo un valor de $p < 0.05$.

RESULTADOS. Se diseñaron 14 péptidos derivados de la secuencia de la defensina PaDef (ATCETPSKHFNGLCIRSSNCASVCHGEHFTDGRCQGVRRRCMCLKPC, 47 aa) (Tabla1), de los cuales sólo los péptidos 1007 y 570 mostraron actividad citotóxica dependiente de la concentración en la línea celular MCF-7 con una IC_{50} de 120.2 y 218.89 µM, respectivamente (Fig. 1). Sin embargo, ninguno de los péptidos mejoró el efecto citotóxico de PaDef en las células MCF-7 (IC_{50}= 27.23 µM) (Guzmán-Rodríguez *et al*., 2016). Para determinar si los péptidos 570 y 1007 poseen un efecto citotóxico selectivo, se evaluó su efecto en la línea celular no cancerosa MCF-12F. Los resultados mostraron que los péptidos 570 y 1007 no afectaron la viabilidad de las células MCF-12F (Fig. 1).

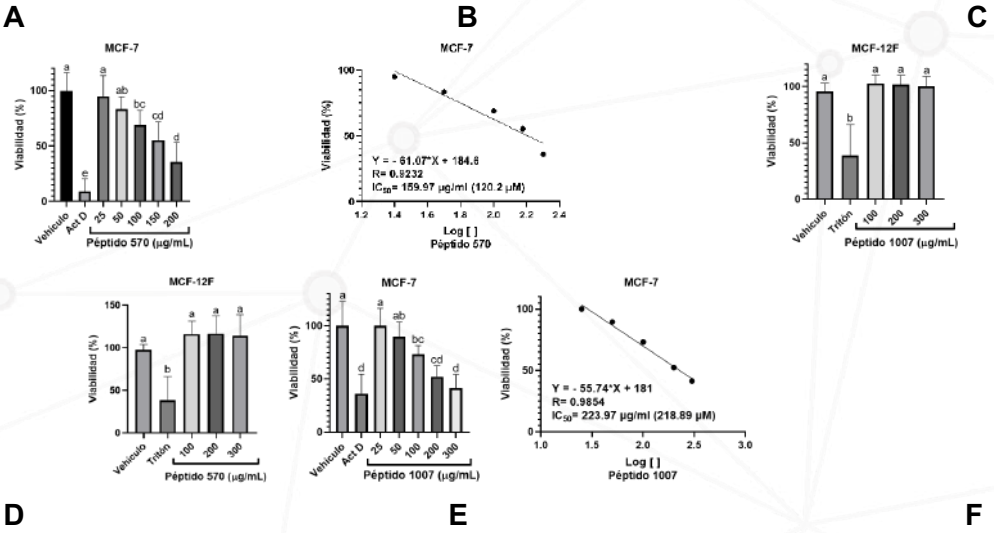


Figura 1. *Efecto de los péptidos 570 y 1007 sobre la viabilidad de las células MCF-7 y MCF-12F. Efecto del péptido 570 sobre la viabilidad de las células MCF-7 (A) y MCF-12F (C) a las 48 h después del tratamiento, determinado por ensayos de MTT;* ***(D)*** *efecto del péptido 1007 sobre la viabilidad evaluado mediante azul tripano en células MCF-7 a las 24 h después del tratamiento;* ***(F)*** *efecto del péptido 1007 sobre la viabilidad de células MCF-12F tratadas por 48 h, determinado por ensayos de MTT. Vehículo = DMSO 0.025%, control positivo = Actinomicina D (Act D) (10 µM) o tritón (0.01%). Los datos muestran la media ±SD de tres experimentos realizados por triplicado (n = 9). Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA de una vía y post hoc de Tukey, p = < 0.05). Análisis de regresión de la respuesta al tratamiento para determinar la concentración inhibitoria media (IC_{50}) de los péptidos 570* ***(B)****; IC_{50} = 120.2 µM, R= 0.9232, y 1007* ***(E)****; IC_{50} = 218.89 µM, R= 0.9854, en las células MCF-7.*

Se evaluó el mecanismo de muerte inducida por los péptidos en las células MCF-7 (Fig. 2). Los resultados mostraron que los péptidos 570 y 1007 inducen la activación de la apoptosis (>50% y >30%, respectivamente). Para determinar la vía de apoptosis activada se evaluó la actividad de las caspasas 8 y 9, involucradas en la vía extrínseca e intrínseca, respectivamente. Los resultados mostraron que el péptido 570 activa ambas vías de la apoptosis, mientras que el péptido 1007 activa la vía intrínseca en las células MCF-7.

Péptido	Secuencia	Carga	Proporción hidrofóbica	MCF-7 (IC_{50})
PaDef	**ATCETPSKHFNGLCIRSSNCASVCHGEHFTDGRCQGVRRRCMCLKPC**	**+4.75**	**38%**	**141.62 µg/mL**
462 (PaDef 25-47)	PaDef (25-47) HGEHFTDGRCQGVRRRCMCLKPC	+3.5	34%	-
463 (PaDef 1-24)	ATCETPSKHFNGLCIRSSNCASVC	+1.25	41%	-
484 (PaDef 8-19)	GRCQGVRRRCMC	+4	41%	-
1001 (PaDef 1-10)	ATCETPSKHF	+0.25	30%	-
1007 (PaDef 12-21)	**GLCIRSSNCA**	**+1**	**50%**	**223.97 µg/mL**
570	**IKWLWKFAKL**	**+3**	**70%**	**159.97 µg/mL**
571	GAKIKWSWKL	+3	50%	-
572	IKWSWKFAKL	+3	60%	-
582	GLGIRSSNGA	+1	30%	-
583	GLSIRSSNSA	+1	30%	-
584	GLGIRSSNCA	+1	40%	-
585	GLCIRSSNGA	+1	40%	-
595	GACIKWSWKPL	+2	55%	-
596	(GLGIRSSNGA)2-K-Ahx	+3	27%	-

Tabla 1. *Actividad citotóxica de los péptidos derivados de PaDef en células MCF-7.*
-: No mostró citotoxicidad

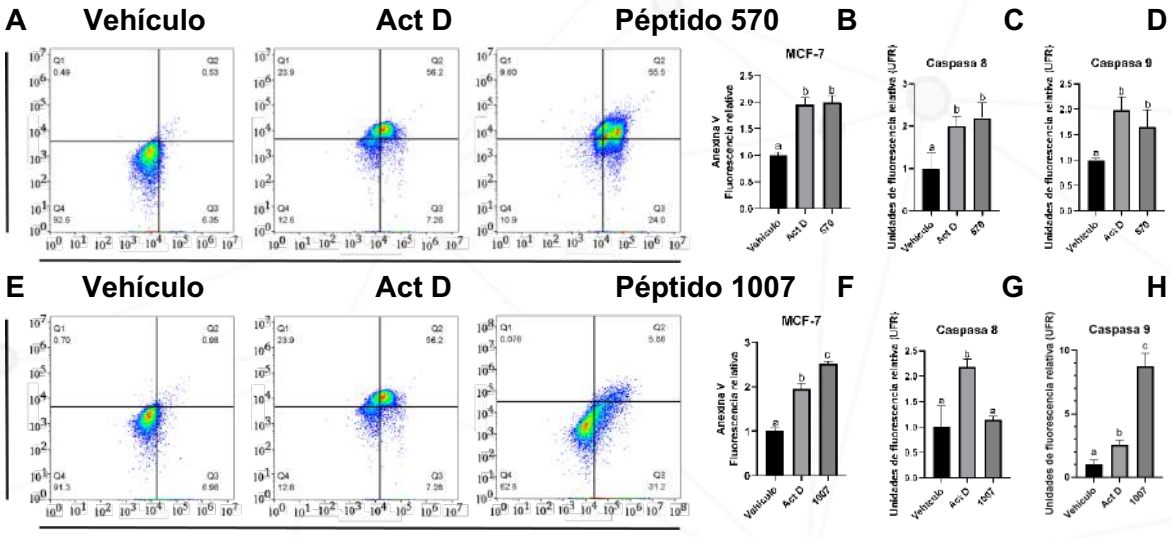


Figura 2. *Evaluación del mecanismo de muerte inducido en las células MCF-7 por el péptido 570 y el péptido 1007. Las células MCF-7 se trataron con la IC_{50} de los péptidos 570 y 1007 durante 24 h, vehículo= DMSO al 0.025%, control positivo= actinomicina D (Act D) (20 µM). La apoptosis inducida por los péptidos 570* ***(A, B)*** *y*

1007 ***(E, F)*** *sobre las células MCF-7 se analizó mediante citometría de flujo utilizando tinción con anexina V/7AAD, contando mínimo 10,000 eventos por muestra. Se analizó la actividad de la caspasa 8 y la caspasa 9 en las células MCF-7 tratadas con el péptido 570 (**C, D**) y el péptido 1007 (**G, H**). Las células se tiñeron usando FITC-IETD-FMK para la caspasa 8 (**C, G**) y FITC-LEHD-FMK para caspasa 9 (**G, H**), y se analizaron por citometría de flujo con un mínimo de 10,000 eventos por muestra. Las gráficas muestran las unidades de fluorescencia relativas para cada condición. Cada barra muestra la media ± SD de dos experimentos independientes por triplicado (n = 6). Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA de una vía y post hoc de Tukey, p = < 0.05).*

CONCLUSIONES. Los péptidos 570 y 1007, derivados de la defensina PaDef, tienen actividad citotóxica selectiva en células de cáncer de mama MCF-7 mediante la activación de la apoptosis. Su actividad citotóxica fue menor que la de la defensina PaDef en la misma línea celular.

REFERENCIAS.

1. Deslouches, B. & Di, Y. (2017). Antimicrobial peptides with selective antitumor mechanisms: prospect for anticancer applications. Oncotarget, 8(28), 46635-46651. https://doi.org/10.18632/oncotarget.16743
2. Falcón-Ruiz, E. A., López-Meza, J. E., & Ochoa-Zarzosa, A. (2023). The plant defensins PaDef and γ-thionin inhibit the endothelial cell response to VEGF. Peptides, 165, 171008. https://doi.org/10.1016/j.peptides.2023.171008
3. Flores-Alvarez, L. J., Guzmán-Rodríguez, J. J., López-Gómez, R., Salgado-Garciglia, R., Ochoa-Zarzosa, A., & López-Meza, J. E. (2018). PaDef defensin from avocado (Persea americana var. drymifolia) is cytotoxic to K562 chronic myeloid leukemia cells through extrinsic apoptosis. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 99, 10-18. https://doi.org/10.1016/j.biocel.2018.03.013
4. Guzmán-Rodríguez, J. J., López-Gómez, R., Suárez-Rodríguez, L. M., Salgado-Garciglia, R., Rodríguez-Zapata, L. C., Ochoa-Zarzosa, A., & López-Meza, J. E. (2013). Antibacterial activity of defensin PaDef from avocado fruit (Persea americana var. drymifolia) expressed in endothelial cells against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. BioMed Research International, 2013, 986273. https://doi.org/10.1155/2013/986273
5. Guzmán-Rodríguez, J. J., Ochoa-Zarzosa, A., López-Gómez, R., & López-Meza, J. E. (2015). Plant antimicrobial peptides as potential anticancer agents. BioMed Research International, 2015, 735087. https://doi.org/10.1155/2015/735087
6. Guzmán-Rodríguez, J. J., López-Gómez, R., Salgado-Garciglia, R., Ochoa-Zarzosa, A., & López-Meza, J. E. (2016). The defensin from avocado (Persea americana var. drymifolia) PaDef induces apoptosis in the human breast cancer cell line MCF-7. Biomedicine & Pharmacotherapy, 82, 620-627. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.05.048
7. Insuasty Cepeda, D. S., Pineda Castañeda, H. M., Rodríguez Mayor, A. V., García Castañeda, J. E., Maldonado Villamil, M., Fierro Medina, R., & Rivera Monroy, Z. J. (2019). Synthetic peptide purification via solid-phase extraction with gradient elution: a simple, economical, fast, and efficient methodology. Molecules, 24(7), 1215. https://doi.org/10.3390/molecules24071215
8. Jiménez-Alcántar, P., López-Gómez, R., López-Meza, J. E., & Ochoa-Zarzosa, A. (2022). PaDef (Persea americana var. drymifolia), a plant antimicrobial peptide, triggers apoptosis, and induces global epigenetic modifications on histone 3 in an acute lymphoid leukemia cell line. Frontiers in Molecular Biosciences, 9, 801816. https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.801816
9. W.H.O. (2022). Cancer. Recuperado 14 de junio de 2024, de https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_1.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524117

ESTIMULACIÓN COGNITIVA EN NIÑOS DE 8 A 11 AÑOS CON TDA Y/O HIPERACTIVIDAD MEDIANTE UN CIRCUITO BASADO EN EL ENTRENAMIENTO FUNCIONAL: A PROPÓSITO DE UN CASO

***Villa Salinas Nayely Berenice*[1]**
1 Universidad Vasco de Quiroga; nvilla078@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: Trastorno por déficit de atención e hiperactividad, entrenamiento funcional, estimulación cognitiva, propiocepción.

RESUMEN. El trastorno por déficit de atención e hiperactividad es un problema de salud pública a nivel república mexicana que afecta el desarrollo y calidad de vida de quienes lo presentan. En la siguiente investigación se comprobó la eficacia de una propuesta de intervención basada en el entrenamiento funcional; la cual permite trabajar funciones cognitivas como control inhibitorio, diferentes tipos de atención, entre otras; así como la propiocepción para el conocimiento de su propio cuerpo, el cual en ocasiones está mermado y lleva a accidentes leves o graves que ponen en peligro al individuo. En investigaciones previas realizadas por otros autores se demuestra que cuando no está diagnosticado correctamente o en absoluto puede ocasionar a la larga comorbilidades con otros trastornos, presentar mayor tendencia a sufrir accidentes, problemas para socializar, y bajo rendimiento escolar. La intervención constó de 20 sesiones con una duración de una hora y media a dos, los ejercicios realizados se basan en el sujeto de estudio acorde a su condición cardiovascular y rangos de movimiento previamente evaluados. Los resultados obtenidos de la intervención aplicada en el sujeto de estudio fueron la disminución de síntomas del déficit atencional y del trastorno de conducta, sin embargo, la hiperactividad se logra controlar pero no disminuir en gran porcentaje. De manera más puntual se obtiene que el entrenamiento funcional no causa sobre entrenamiento, ayuda a mejorar habilidades y funciones cognitivas como la atención sostenida, atención dividida, memoria a corto plazo, memoria visual, coordinación, control inhibitorio, organización de tareas, atención selectiva, orientación espacial y propiocepción. Además de esto, se mostró la ventaja que puede traer a nivel conductual, académico y social.

INTRODUCCIÓN. De acuerdo a la organización mundial de la salud (OMS), a nivel mundial se tiene una prevalencia de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) del cinco por ciento en la población. El trastorno por déficit de atención e hiperactividad es un trastorno del neurodesarrollo frecuente en la niñez, se caracteriza principalmente por problemas para prestar atención, controlar conductas impulsivas y/o ser excesivamente activos. En los niños con TDAH podemos observar síntomas como: inatención, hiperactividad, impulsividad, déficit de habilidades sociales, falta de organización y planificación, poca integración en el grupo y pocos amigos, y frecuentes cambios de humor e irritabilidad. De acuerdo a Feggy Ostrosky, directora del laboratorio de neuropsicología y psicofisiología de la facultad de psicología de la UNAM, los síntomas más característicos son alteraciones cognitivas, conductuales, emocionales y sociales que se manifiesta a lo largo de su vida si no son tratados efectivamente. Además de que, hasta 37% de quienes

padecen este trastorno tienen otros asociados como depresión, o bipolaridad; mientras que de 25 al 50% de las personas con TDAH manifiestan signos de ansiedad, y del 32 al 53% tiene problemas con el abuso del alcohol y la cocaína; además, hasta un 28% sufre de alteración de la personalidad y conducta antisocial (Moreno, T. 2017). Existen diferentes tipos de intervención y tratamiento para los niños y adolescentes con este trastorno, se consideran un poco ortodoxos y en ocasiones incompletos para tratar todas las áreas que se pueden llegar a ver afectadas. Es en base a esto es que nace la interrogante de la funcionalidad de un circuito basado en el entrenamiento funcional para estimular funciones cognitivas y la propiocepción. En el siguiente trabajo de investigación se expone una propuesta de intervención alterna en niños diagnosticados con TDA y/o hiperactividad mediante un número determinado de sesiones establecidas después de una evaluación previa, tanto física como de pruebas psicométricas. Así como la relevancia de llevar a cabo un programa con las características descritas más adelante.

ANTECEDENTES. Según Oliver Bernard et. al (2016), desde un departamento de orientación educativa se pueden revisar pautas principales para poder mejorar la sintomatología de los niños con TDAH o hiperactividad, su investigación se basa en los siguientes puntos: ejercicio físico, cuidado alimentario, refuerzos, mejorar en los patrones de sueño y vigilancia de conexiones tecnológicas. En un estudio hecho por Santana Amador (2016) se utiliza un programa que funciona como instrumento alternativo a la medicación en niños con TDAH, es llamado KineCross, en el cual se hacen 24 sesiones de ejercicio físico con una duración de una hora y se obtuvo como resultado que hubo mejoras en síntomas del déficit de atención, hiperactividad, comportamiento y rendimiento académico. Con la tesis titulada “Efectividad de una intervención de actividad física (MOVIKIDS) para prevenir la obesidad y mejorar el rendimiento académico en niños con y sin riesgo de TDAH” (Cerrillo, 2018) cuyo objetivo fue examinar la efectividad de una intervención multidisciplinar de actividad física en la prevención de la obesidad y la mejorar del rendimiento académico de escolares con o sin TDAH permitió entender diferentes ejes de intervención en este trastorno: prevalencia de los niños con TDAH asociado con edad, sexo y tipo de escuela; así como evidenciar la eficacia o no de fármacos estimulantes y no estimulantes y cómo el ejercicio físico puede ayudar a la mejora de sintomatología del TDAH y prevención de obesidad. En otra investigación realizada por Víctor Roca en el año 2016, se logró llevar a cabo análisis múltiples de caso de niños de primaria que participaron en sesiones de ejercicio físico con un enfoque cognitivo conductual y dió como resultado que funcionan con mayor frecuencia las técnicas utilizadas para mejorar o cambiar conductas específicas mediante el modelo cognitivo conductual, así como mejoría de síntomas específicos del trastorno y de relaciones sociales, así como el generar un vínculo con el profesorado para mejorar la atención a instrucciones informativas de cada una de las sesiones.

OBJETIVO. Evaluar el efecto que tiene un circuito basado en el entrenamiento funcional que estimula las funciones cognitivas y la propiocepción en niños de 8 a 11 años de edad diagnosticados con TDA e/o Hiperactividad para reducir la sintomatología del trastorno.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Crear un circuito basado en el entrenamiento funcional como tratamiento para el TDA y/o Hiperactividad en niños. Aplicar un circuito basado en el entrenamiento funcional en un niño con TDA y/o Hiperactividad. Comparar los resultados del Test-retest para evaluar el efecto del entrenamiento sobre funciones cognitivas específicas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utiliza un tipo de estudio con enfoque cuantitativo ya que tiene como objetivo exponer, proponer y comprobar una propuesta de intervención alterna en niños diagnosticados con TDA y/o hiperactividad mediante un número determinado de sesiones establecidas después de una evaluación previa, tanto física como de pruebas psicométricas. y un diseño de investigación experimental debido a que en este tipo de diseño se manipulan, de manera intencional, distintas variables independientes para analizar las consecuencias que se tiene sobre una o más variables dependientes. Debido a situaciones éticas se omite el nombre, al sujeto de prueba se le llamará A. A es menor de edad, tiene 10 años 11 meses al inicio de la intervención, es derivado por el pediatra con un posible diagnóstico de TDAH debido a que presenta los siguientes síntomas: inquietud motora, escasa atención, cambios bruscos en su estado de ánimo, incapacidad para mantenerse quieto en un lugar, problemas escolares, dificultades para afrontar sus decisiones, impulsividad, molestar a sus compañeros de escuela y primos de su edad, onicofagia, enuresis, y un lenguaje inmaduro para su edad. A. había sido intervenido anteriormente con un proceso terapéutico sin seguimiento después de 4 sesiones. Existen diversos antecedentes en la familia de problemas de ansiedad, depresión y abuso de sustancias; nunca ha habido un diagnóstico de TDAH en ninguna de las familias, pero sí de otros trastornos mentales. No presenta ninguna enfermedad física como diabetes, problemas cardiovasculares, problemas en el sistema musculoesquelético, ni ninguna otra alteración. Se reporta un estudio previo de optometría dando como resultado miopía alta, pero por el momento se encuentra controlado y bajo supervisión. Las pruebas aplicadas son: físicas para entender la resistencia cardiovascular y rangos de movimiento, escala de VADS que permite obtener información con respecto a la capacidad de concentración y memoria, Test de Stroop que permite identificar procesos de control inhibitorio y atención selectiva, y Escala de Conners, la cual permite medir en base al DSM-IV sintomatología conductual y de aprendizaje.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos se presentarán primero acorde a las puntuaciones obtenidas pre intervención y post intervención por escala de evaluación aplicada, posteriormente se presentarán en tabla (*tabla 1*) de manera más resumida en base a objetivos planteados. Con respecto a la escala de Conners, sintomatología relacionada con el apartado de trastorno de conducta se disminuye de 32.3% a 23.5 %, el apartado de déficit atencional se disminuye de 32.3% a 29.4% y la hiperactividad se disminuye puntuación neta de 10 a 7 puntos obtenidos post intervención. Los resultados obtenidos del test de Stroop se obtiene que las puntuaciones P (atención sostenida) se logra estimular y aumentar un total de 20 puntos con respecto a la post intervención, la puntuación C (percepción y velocidad de procesamiento) también se ve mejorada en un total de 11 puntos, y la puntuación PC (atención selectiva) se aumenta en un total de 15 puntos. De acuerdo a la escala de VADS, se presenta una mayor capacidad de procesamiento de un estímulo visual para reproducirlo de manera oral, así como la memorización de estímulos visuales, mayor integración intersensorial y mejoramiento de la percepción visual.

Objetivo	Pre Intervención	Post Intervención
Concentración	No lograba mantener la atención, se desviaba al menor estímulo.	Se logra fijar la atención de manera más sostenida.

Propiocepción	Disminuida, se podía notar en la postura y mayor facilidad para lesionarse.	Mejoró la postura, equilibrio, y generó mayor conciencia de su cuerpo en el espacio
Coordinación	Rítmica de movimientos alterados con respecto a coordinación ojo-mano.	Mejora en coordinación ojo-mano y general del cuerpo.
Percepción visual y auditiva	La integración demoraba más y había problemas en la percepción visual.	Mejora en percepción visual, auditiva se mantiene.
Control inhibitorio	Disminuida.	Control de estímulos y de conductas mejora.
Organización	No lograba organizar ideas y actividades.	Logra plasmarlo de manera visual.
Atención selectiva	Disminuida.	Ya se logra mantener por más tiempo
Atención sostenida	Abandonaba tareas y actividades con facilidad.	Mejor constancia de tareas y act. aún con esfuerzo mental.
Memoria visual y auditiva	Normal.	No hubo cambios abruptos.
Orientación espacial	No lograba imitar movimientos y su ubicación en el mapa de ejercicios.	Imitaba movimientos, memorizaba y lograba situarse en el espacio.
Atención dividida	Alterada.	Se logra centrar en un estímulo a pesar de tener más.
Memoria a corto plazo	Buena capacidad para retener información.	Se mejoró la capacidad en información a corto plazo y mediano.

CONCLUSIONES. El trastorno por déficit de atención e hiperactividad, TDAH por sus siglas, es uno de los trastornos del neurodesarrollo más frecuentes, más sobre diagnosticado, y mal intervenido ocasionando problemas a largo plazo como consumo y uso de sustancias, depresión, ansiedad, mala socialización, entre otros. Hay síntomas que son característicos del trastorno, sin embargo, no son diagnosticables por profesores o padres de familia, debe ser realizado por un experto. Varios estudios han demostrado la efectividad del ejercicio físico en niños y adolescentes con TDA y/o hiperactividad, sin embargo, es importante enfocar el entrenamiento de una manera más especializada e individualizada. Como consecuencia de esta necesidad se propuso el entrenamiento funcional, el cual tiene como característica principal imitar y preparar a quien lo practica para movimientos de la vida cotidiana. Los niños de 8 a 11 años siguen en desarrollo para poder adquirir habilidades motrices y cognitivas, así como estar situados en una etapa sensible del aprendizaje, por lo tanto, pueden ser más receptivos a este tipo de entrenamiento y generar mayores cambios para prevenir otras patologías asociadas. Gracias a lo que ya se mencionó es que se pudo obtener como resultado de la intervención mediante el entrenamiento funcional que, dicho entrenamiento mejora la propiocepción, no causa sobre entrenamiento, ayuda a mejorar habilidades y funciones cognitivas como atención sostenida, atención dividida, memoria a corto plazo, memoria visual, coordinación, control inhibitorio, organización de

tareas, atención selectiva, orientación espacial y propiocepción. Además de esto, se mostró la ventaja que puede traer a nivel conductual, académico y social.

REFERENCIAS.

1. Asociación americana de psiquiatría. 2014. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-V). Editorial médica panamericana. -
2. ANTUNES, Bianca Siqueira. BIANCO, Roberto. LIMA, Wilson Pereira. Formación funcional: Conceptos y beneficios. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Año 05, Ed. 06, Vol. 08, págs. 69-80. Junio de 2020. ISSN: 2448-0959, Recuperado de: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao-fisica/treinamento-funciona
3. Healthy Children organization. 2019. Tratamiento y pronóstico para los niños con TDAH. Recuperado de: https://www.healthychildren.org/Spanish/health-issues/conditions/adhd/Paginas/treatment-of-adhd-and related-disorders.aspx#:~:text=%E2%80%8BUna%20vez%20confirmado%20el,necesidades%20indivi duales%20de%20cada%20ni%C3%B1o.
4. Hernández, R. et. al. 2015. Epidemiología, diagnóstico, tratamiento e impacto del trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Revista española de pediatría. Vol.71. Recuperado de: https://www.seinap.es/wp-content/uploads/Revista-de-Pediatria/2015/REP%2071-2.pdf
5. S. Reloba et. al. 2016. Relación entre actividad física, procesos cognitivos y rendimiento académico de escolares: revisión de la literatura actual. Revista Andaluza de medicina del deporte. Vol. 9, pág. 166-172. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S188875461630048X

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524118

EL IMPACTO DE LA ACETILACIÓN DE HISTONAS EN LA PATOGÉNESIS DEL HONGO BASAL *Mucor lusitanicus*

Macario Osorio-Concepción[1], Francisco Nicolás[2], Victor Meza-Carmen[1], Victoriano Garre[2]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; m.osoriocn@gmail.com, victor.meza@umich.mx

2 Universidad de Murcia, España; fnicolas@um.es, vgarre@um.es

Palabras Clave: Mucor, Acetilación y Deacetilación, Gcn5 y Rpd3, Mucormicosis.

RESUMEN. Los mucorales son hongos basales que presentan rápido crecimiento y alta capacidad para colonizar tejidos, lo que les permite llegar a causar infecciones graves y en ocasiones letales, las cuales se conocen como mucormicosis. Esta enfermedad representa un peligro importante para la salud pública, especialmente para personas con el sistema inmunológico debilitado. Por lo tanto, existe la necesidad de identificar nuevos componentes clave del desarrollo de estos hongos. Por otra parte, las modificaciones epigenéticas, especialmente la acetilación y/o la deacetilación de las histonas constituyen un mecanismo regulatorio de la virulencia de diversos hongos patógenos. Sin embargo, el impacto de las modificaciones epigenéticas a nivel de las histonas no ha sido estudiado en los hongos mucorales. Por lo tanto, evaluamos la función de la acetiltransferasa de histonas (HAT) Gcn5 y de la deacetilasa de histonas (HDAC) Rpd3, dichas enzimas catalizan la acetilación y la deacetilación de las histonas, respectivamente. Mientras que la acetilación de histonas se asocia generalmente con la activación de la transcripción génica, la deacetilación la reprime. Un análisis comparativo del genoma de Mucor lusitanicus reveló 2 homólogos de Gcn5 Y 3 de Rpd3 de Saccharomyces cerevisiae. Los homólogos de Gcn5 mostraron 57% de identidad con S. cerevisiae, además, ambas proteínas contienen el dominio HAT y Bromodominio. Por otra parte, los 3 homólogos de Rpd3 presentaron 73%, 68% y 59% de identidad con S. cerevisiae, y todos contienen el dominio HDAC. Además, las proteínas Gcn5 y Rpd3 de M. lusitanicus conservan los aminoácidos esenciales para su actividad HAT y HDAC, respectivamente. La generación de mutantes knockout será crucial para evidenciar la posible función de Gcn5 y Rpd3 en el desarrollo y patogénesis de M. lusitanicus.

INTRODUCCIÓN. Los mucorales son hongos de naturaleza saprofita capaces de colonizar cualquier tipo de ecosistema (Spatafora et al., 2016). Sin embargo, varias especies del orden de los mucorales, entre ellas Rhizopus y Mucor, pueden llegar a evolucionar como patógenos oportunistas causando la infección conocida como mucormicosis (Spellberg et al., 2005). La mucormicosis ha emergido como una infección fúngica grave debido a que invade el tejido del hospedero causando necrosis y puede diseminarse hacia otros órganos (Petrikkos et al., 2012). Generalmente, la infección afecta a personas con patologías, tales como diabetes, neutropenias, neoplasias, las cuales alteran el sistema inmune permitiendo el desarrollo de la enfermedad (Prakash & Chakrabarti, 2019). La alta incidencia de la mucormicosis en los últimos años, probablemente, sea el resultado del uso desmedido y la baja efectividad de antifúngicos. A pesar de que se conocen algunas etapas esenciales del

proceso de la infección, así como la capacidad invasiva, los detalles moleculares que controlan la patogénesis y la virulencia del hongo aún permanecen sin ser totalmente conocidos. M. lusitanicus, se ha convertido en unos de los modelos de estudio para investigar los mecanismos regulatorios de la mucormicosis por su exitosa transformación genética con las distintas herramientas moleculares implementadas (Trieu et al., 2017). Las modificaciones epigenéticas son todos aquellos mecanismos que modifican de manera temporal la estructura del genoma, sin inducir cambios en la secuencia del ADN, modulando la expresión de genes y el fenotipo en respuesta a diversas señales intra y extracelulares (Allis & Jenuwein, 2016). Entre las principales modificaciones están, la acetilación y desacetilación, las cuales son catalizadas por enzimas acetiltransferasas de histonas (HATs), y desacetilasas de histonas (HDACs). La acetilación de histonas ocurre principalmente en las histonas H3 y H4 en los residuos de lisina 4, 9 y14 y conduce a la activacion de la rasncripcion genica (Xin et al., 2013). Mientras que la desacetilación de las histonas reprime la expresión genica (Berger, 2007). La desacetilación ocurre en las lisinas 9, 14, 18 de la histona H3, y en las lisinas 8, 12, 16, y 20 de las histonas H4 (Fierz & Muir, 2012). En algunos hongos patógenos de humanos, como Candida albicans, se ha reportado la función esencial de las modificaciones epigenéticas en diversos procesos biológicos que incluyen la resistencia a antimicrobianos, la formación de biopelículas, y el cambio morfogenético de levadura a hifa (Kim et al., 2015). La acetilación y/o desacetilación de histonas modulan la patogénesis y virulencia de distintas especies de hongos patógenos. Sin embargo, la función reguladora de estas marcas no ha sido investigada en este tipo de hongos, considerados como una amenaza seria para la salud pública. Por lo tanto, este tipo de modificaciones podrían ser una nueva vía para revelar los detalles de los procesos celulares de la fisiología de los hongos mucorales. Además, podrían funcionar como nuevos blancos terapéuticos para controlar el establecimiento y desarrolllo de la mucormicosis.

OBJETIVO. Evaluar el papel de la acetiltransferasa de histonas Gcn5 y de la deacetilasa de histonas Rpd3 en el desarrollo y patogenésis de M. lusitanicus.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar aquellos genes que codifican para la acetiltransferasa de histonas Gcn5 y la deacetilasa de histonas Rpd3 en el genoma de M. lusitanicus. Generar y analizar el fenotipo de las distintas mutantes knockout Gcn5 y Rpd3. Identificar aquellos genes expresados diferencialmente en las estirpes mucorales. Analizar los niveles de acetilación de algunos genes expresados diferencialmente en las diferentes estirpes de Mucorales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Cepas y condiciones de crecimiento. Se utilizó la estirpe auxótrofa a uracilo y leucina MU402 de M. lusitanicus como cepa receptora para la obtención de los mutantes knockout en los genes que codifican para la acetiltransferasa Gcn5 y la deacetilasa de histonas Rpd3. La cepa MU636 se utilizó como cepa silvestre para los distintos experimentos. La transformación de la cepa MU402 de M. lusitanicus con los distintos fragmentos recombinantes se llevó a cabo por el método de protoplastos siguiendo los procedimientos establecidos (Vellanki et al., 2018). Para los cultivos de las distintas estirpes se usaron medio YNB (Yeast Nitrogen Base), medio MMC (Minimal Medium Casamino Acids) pH 3.2, y medio YPG (Yeast extract-peptone-glucose) a pH 4.5 para la caracterización fenotípica en distintas condiciones. Cada medio de cultivo se adicionó con uridina (200 mg/l) o leucina (20 mg/l) dependiendo de la auxótrofa de cada estirpe.

Generación de los mutantes knockout Gcn5 y Rpd3 de M. lusitanicus. Para la obtención de mutantes knockout en los gene gcn5 y rpd3, se generaron fragmentos recombinantes usando la técnica de PCR de fusión. Para ello, se diseñaron oligonucleótidos específicos que consistirán en 30 bases de homología en el extremo 5' para permitir la fusión de los fragmentos. Se amplificó 1 kb de longitud de los extremos 5' y 3'de cada uno de los genes, y el marcador de selección pyrG. Los 3 productos de PCR se mezclaron en una sola reacción sin oligonucleótidos (reacción molar 1:3:1). El producto de la reacción anterior se utilizó como molde en la tercera ronda de PCR con los oligonucleótidos que flanquean los extremos de la construcción final. El constructo con el marcador de selección pyrG flanqueado por las secuencias adyacentes de cada gen en cuestión se utilizó para transformar una estirpe pyrG- (MU402) y permitir el reemplazo génico por recombinación homóloga. Las transformantes pyrG+ obtenidas fueron sujetas a múltiples ciclos de crecimiento en medio selectivo MMC pH 3.2 hasta obtener mutantes homocariontes. La disrupción de cada gen y la homocariosis se comprobaron mediante PCR punto final, y se seleccionaron dos mutantes knockout para futuros experimentos.

RESULTADOS.

El genoma de *M. lusitanicus* contiene los genes *gcn5* y *rpd3*. Para identificar los genes homólogos de la acetiltransferasa de histonas Gcn5 y de la deacetilasa de histonas Rpd3 en el genoma de *M. lusitanicus*, se realizó un análisis BLASTp usando las secuencias de las proteínas de *Saccharomyces cerevisiae* como referencia. El análisis reveló dos genes para *gcn5* y tres para *rpd3* en *M. lusitanicus* (Fig. 1). La secuencia aminoacídica de ambas Gcn5, designadas como Gcn5a (ID 1504232) y Gcn5b (ID 1546725), mostraron un 57 % de identidad con respecto a *S. cerevisiae,* y todas contienen los dominios putativos HAT y el Bromodominio (Fig. 1A). En el caso de Rpd3, las enzimas presentaron 73%, 68% y 59% de identidad con *S. cerevisiae*, las cuales fueron denominadas como Rpd3a (ID 1360731), Rpd3b (ID 1463696) y Rpd3c (ID 1376187), respectivamente. El análisis de la secuencia aminoacídica mostró que todas conservan el dominio HDAC distintivo de este tipo de enzimas. Por otra parte, el análisis filogenético, comparando las enzimas Gcn5 y Rpd3 de distintas especies fúngicas con *M. lusitanicus*, reveló una agrupación cercana entre *M. lusitanicus* y las proteínas Gcn5 y Rpd3 de *R. microsporus* y de *S. cerevisiae* (Fig. 2). Estos resultados sugieren que Gcn5 y Rpd3 probablemente tienen una actividad conservada para incorporar y/o remover grupos acetilo en las lisinas (K) de la Histona H3 en varias especies de Mucorales, como ocurre en otros organismos fúngicos.

Generación de las Mutantes knockout *gcn5* y *rpd3* de *M. lusitanicus*. Para demostrar la función de las enzimas gcn5 y rpd3 en *M. lusitanicus*, se llevó a cabo la deleción de los genes *gcn5* y *rpd3* en la estirpe MU402 (pyrG- y leuA-) usando la estrategia de reemplazamiento génico por doble recombinación homóloga. Para ello analizamos la función de los dos genes *gcn5*, y únicamente el gen *rpd3a* debido a su alto porcentaje de identidad con los homólogos de *S. cerevisiae*. El análisis por PCR punto final de distintas transformantes derivadas de transformaciones genéticas independientes demostró el reemplazo de los genes *gcn5* y *rpd3* por el marcador de selección *pyr*G en homocariosis (Fig. 3). Esto fue confirmado por la observación de un único fragmento de 4.3 kb, correspondiente al locus mutante para los genes *gcn5* y *rpd3* (Fig. 3). Dichas mutantes se denominaron como ⊗*gcn5*a, ⊗*gcn5b*, y ⊗*rpd3a*, para futuros análisis.

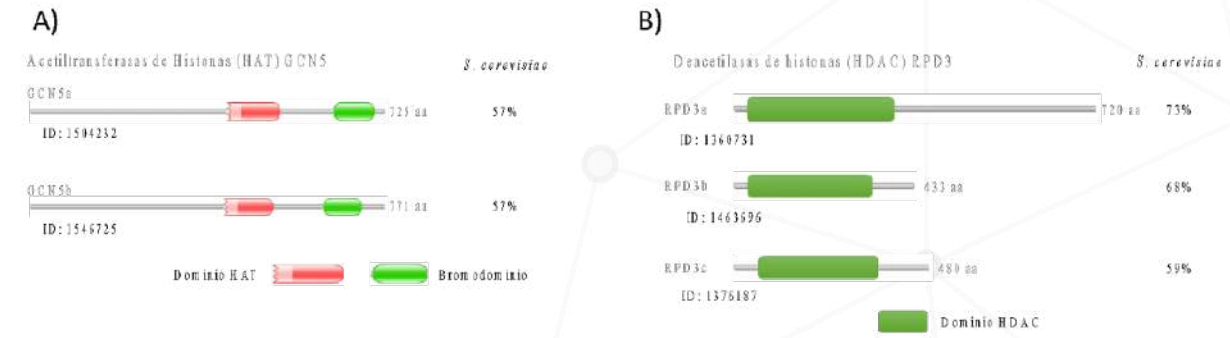


Figura 1. *Representación esquematica de Gcn5 (A) y de Rpd3 (B) de M. lusitanicus, indicando los dominios HAT, bromodominio y HDAc, respectivamente. Tambien se representa el porcentaje de identidad de las proteínas Gcn5 y Rpd3 comparado con S. cerevisiae (A y B).*

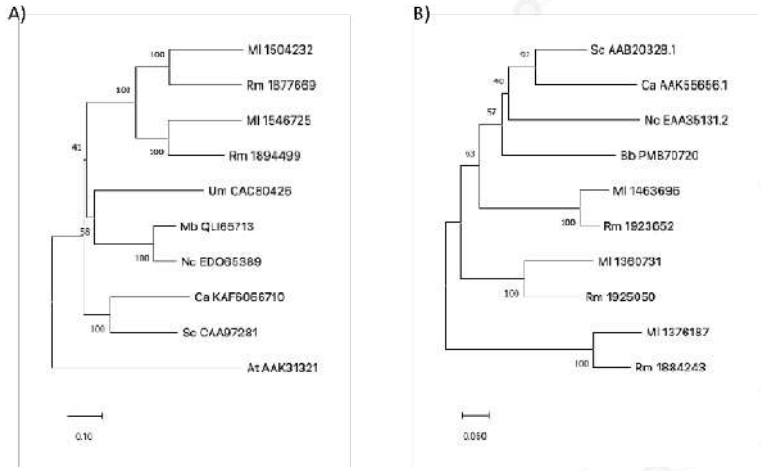


Figura 2. *Análisis filogenético de las enzimas Gcn5 y Rpd3 de distintas especies fungicas, tales como Rhizopus microsporus (Rm), Ustilago maydis (Um), Beauveria bassiana (Bb), Metarhizium brunneum (Mb), Neurospora crassa OR74A (Nc), Candida albicans (Ca), Saccharomyces cerevisiae (Sc), y su relación con las proteínas Gcn5 y Rpd3 de M. lusitancius (Ml). El análisis filogenético fue conducido por el software MEGA version 11 usando el método de neighbour-joining. Arabidopsis thaliana (At) se incluyó como grupo externo.*

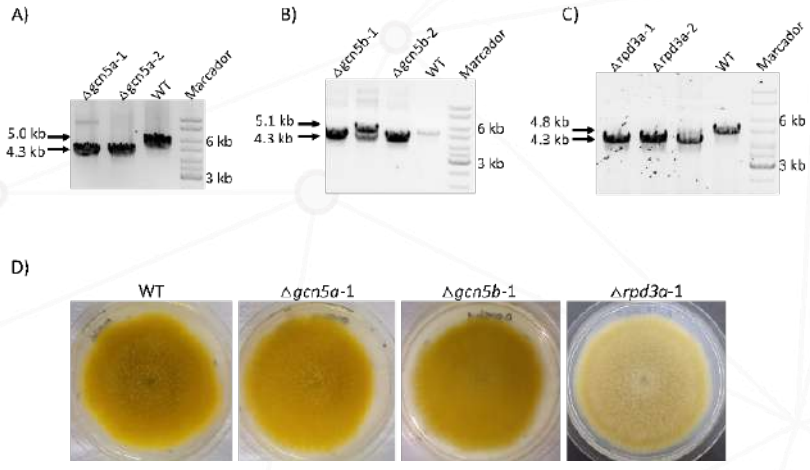


***Figura 3**. Análisis funcional de las enzimas Gcn5 y Rpd3 de M. lusitanicus. Productos de PCR del locus gcn5a (A), gcn5b (B) y rpd3a (C) de la cepa silvestre MU636 (WT) y mutantes gcn5a, gcn5b y rpd3a seleccionados separados por electroforesis. D) Colonias fúngicas de la cepa silvestre MU636 (WT) y estirpes mutantes ⊗gcn5a, ⊗gcn5b, y ⊗rpd3a crecidas en medio de cultivo YPG pH 4.5 a 26 °C por 96 horas.*

CONCLUSIONES. En el presente trabajo de investigación se han selecionado dos genes que cifran para enzimas acetiltransferasas de histonas Gcn5 y un gen que codifica para una deacetilasa de histonas Rpd3 designados como gcn5a, gcn5b, y rpd3a. Además, se han generado transformantes viables y mutantes homocariontes de cada uno de los genes seleccionados. Sin embargo, experimentos adicionales son necesarios para poder determinar la función de las proteínas Gcn5 y de la Rpd3 en la biología de M. lusitanicus.

REFERENCIAS.

1. Allis, C. D., & Jenuwein, T. (2016). The molecular hallmarks of epigenetic control. Nature Reviews Genetics 2016 17:8, 17(8), 487-500. https://doi.org/10.1038/nrg.2016.59
2. Berger, S. L. (2007). The complex language of chromatin regulation during transcription. Nature, 447(7143), 407-412. https://doi.org/10.1038/nature05915
3. Fierz, B., & Muir, T. W. (2012). Chromatin as an expansive canvas for chemical biology. Nature Chemical Biology, 8(5), 417-427. https://doi.org/10.1038/nchembio.938
4. Kim, J., Lee, J. E., & Lee, J. S. (2015). Histone deacetylase-mediated morphological transition in Candida albicans. In Journal of Microbiology (Vol. 53, Numéro 12, p. 805-811). Microbiological Society of Korea. https://doi.org/10.1007/s12275-015-5488-3
5. Petrikkos, G., Skiada, A., Lortholary, O., Roilides, E., Walsh, T. J., & Kontoyiannis, D. P. (2012). Epidemiology and Clinical Manifestations of Mucormycosis. Clinical Infectious Diseases, 54(suppl_1), S23-S34. https://doi.org/10.1093/cid/cir866
6. Prakash, H., & Chakrabarti, A. (2019). Global Epidemiology of Mucormycosis. Journal of Fungi, 5(1), 26. https://doi.org/10.3390/jof5010026
7. Spatafora, J. W., Chang, Y., Benny, G. L., Lazarus, K., Smith, M. E., Berbee, M. L., Bonito, G., Corradi, N., Grigoriev, I., Gryganskyi, A., James, T. Y., O'Donnell, K., Roberson, R. W., Taylor, T. N., Uehling, J., Vilgalys, R., White, M. M., & Stajich, J. E. (2016). A phylum-level phylogenetic classification of zygomycete fungi based on genome-scale data. Mycologia, 108(5), 1028-1046. https://doi.org/10.3852/16-042
8. Spellberg, B., Edwards, J., & Ibrahim, A. (2005). Novel Perspectives on Mucormycosis: Pathophysiology, Presentation, and Management. Clinical Microbiology Reviews, 18(3), 556-569. https://doi.org/10.1128/CMR.18.3.556-569.2005
9. Trieu, T. A., Navarro-Mendoza, M. I., Pérez-Arques, C., Sanchis, M., Capilla, J., Navarro-Rodriguez, P., Lopez-Fernandez, L., Torres-Martínez, S., Garre, V., Ruiz-Vázquez, R. M., & Nicolás, F. E. (2017). RNAi-Based Functional Genomics Identifies New Virulence Determinants in Mucormycosis. PLOS Pathogens, 13(1), e1006150. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006150
10. Vellanki, S., Navarro-Mendoza, M. I., Garcia, A., Murcia, L., Perez-Arques, C., Garre, V., Nicolas, F. E., & Lee, S. C. (2018). Mucor circinelloides : Growth, Maintenance, and Genetic Manipulation. Current Protocols in Microbiology, 49(1), e53. https://doi.org/10.1002/cpmc.53
11. Xin, Q., Gong, Y., Lv, X., Chen, G., & Liu, W. (2013). Trichoderma reesei histone acetyltransferase Gcn5 regulates fungal growth, conidiation, and cellulase gene expression. Current Microbiology, 67(5), 580-589. https://doi.org/10.1007/s00284-013-0396-4

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524121

ESTUDIO DE PROTEÍNAS HOMÓLOGAS A LA CODIFICADA POR EL ORF91 DE pUM505 DE *Pseudomonas aeruginosa* EN LA VIRULENCIA

Andrea Chávez Martínez, Víctor Meza Carmen, Martha Isela Ramírez Díaz

1 Laboratorio de Microbiología del IIQB. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; andy.qfb@gmail.com

2 Laboratorio de Diferenciación Celular del IIQB. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx

3 Laboratorio de Microbiología del IIQB. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.ramirez@umich.mx

Palabras Clave: Pseudomonas aeruginosa, resistencia a cromato, bombas de expulsión, homología, virulencia.

RESUMEN. Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram-negativa, de distribución ubicua y patógeno oportunista que posee múltiples factores de virulencia. El plásmido pUM505 es un plásmido comjugativo de 123 kilobases (kb), aislado de una cepa clínica de P. aeruginosa, que confiere resistencia a cromato. La resistencia a cromato es codificada por el orf91 que forma parte del operón en conjunto con los orf90 y 92. El orf91 codifica a la proteína ChrA de 416 aa que pertenece a la superfamilia de proteínas de resistencia a cromato (CHR) ampliamente distribuida. La súperfamilia CHR se divide en proteínas pequeñas SCHR (~200 aa) y grandes LCHR (~400 aa). La proteína ChrA de pUM505 pertenece a la familia LCHR, al igual que ChrA2 de Burkholderia xenovorans LB400, mientras que el par de proteínas Chr3N-C de Bacillus subtilis pertenece a la familia SCHR, todas estas proteínas confieren resistencia a cromato. Un estudio resiente de nuestro grupo de trabajo mostró que el orf91 de pUM505 participa en la virulencia, pues al ser transferido a P. aeruginosa PA01 incrementa la virulencia. Dado a que las proteínas CHR estudiadas confieren resistencia a cromato es de nuestro interés evaluar a proteínas homólogas a ChrA de la superfamilia CHR en la virulencia. Mediante ensayos de virulencia empleando el modelo de Caenorhabditis elegas, se determino que las cepas de P. aeruginosa transformadas con los genes chrA2 o chr3NC disminuyen la sobrevivencia de los nematodos, indicando que las proteínas ChrA2 y Chr3NC al igual que la proteína ChrA de pUM505 incrementan la virulencia. Además, el sobrenadante de los cultivos de estas cepas incremento la virulencia, sugiriendo que las proteínas CHR secretan alguna molécula tóxica. Los datos obtenidos sugieren que las proteínas CHR además de conferir resistencia a cromato participan en la virulencia.

INTRODUCCIÓN. Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram-negativa versátil que se distribuye ubicuamente en diferentes entornos y es patógeno oportunista de pacientes hospitalizados o inmunocomprometidos1. P. aeruginosa contiene un genoma accesorio, que consiste de bacteriófagos, plásmidos e islas genómicas, que se encuentran en algunas cepas y puede contribuir a la heterogeneidad de la virulencia2. Los plásmidos pueden codificar a una variedad de características que permiten que las bacterias realicen el metabolismo de sustancias raras, la diseminación de la virulencia y la resistencia a antibióticos y a metales pesados3. El plásmido pUM505 es un plásmido conjugativo de 123

kb, originalmente aislado de una cepa clínica de P. aeruginosa, que confiere resistencia al ion cromato4 y 5. Los genes chr de resistencia a cromato y mer de resistencia a mercurio de pUM505 están localizados dentro de un transpón de 31.292 kb denominado Mpe6, el cual, además, posee genes que incrementan la virulencia de P. aeruginosa y de Escherichia coli 7.

ANTECEDENTES. El operón de resistencia a cromato está conformado por tres genes: el gen chrB (orf 92), chrA (orf 91) y chrC (orf 90) 5 y 6. El gen chrC codifica para una probable superóxido dismutasa, el gen chrB codifica para una proteína reguladora de tipo ChrB y el gen chrA codifica a la proteína de membrana ChrA de P. aeruginosa, una bomba quimiosmótica que expulsa el cromato del citoplasma celular utilizando la fuerza motriz del protón8. La proteína ChrA pertenece a la superfamilia de transportadores de iones cromato (CHR)9, que incluye cientos de homólogos10. La superfamilia CHR está compuesta por dos familias: (i) la familia monodominio (SCHR) de ~200 aa cada una y (ii) la familia bidominio de cadena larga (LCHR) con proteínas de ~400 aa 10. Se ha demostrado que las proteínas de las familias LCHR, como ChrA de P. eruginosa y ChrA2 de Burkholderia xenovorans LB400; así como de la familia SCHR, como el par de proteínas Chr3N-C de Bacillus subtillis confieren resistencia al cromato mediante un mecanismo de expulsión de este ion5. Se ha reportado con anterioridad que el gen chrA es capaz de incrementar la virulencia de la cepa de P. aeruginosa PA01. Un efecto similar, fue observado al usar el sobrenadante libre de células de cultivos provenientes de la misma cepa con la presencia de este gen, lo que indica que la proteína ChrA de pUM505 además de expulsar cromato hacia el periplasma, también expulsa una molécula que es capaz de incrementar la virulencia (Valerio-Arellano, B., 2024, tesis en proceso). Aunado a esto, las proteínas de la superfamilia CHR se encuentran ampliamente distribuidas en los tres dominios de la vida10, lo que hace preguntarnos sobre la relevancia del gen chrA en la virulencia de otras bacterias. Por lo que evaluar la función de proteínas homólogas a ChrA de pUM505, pertenecientes a proteínas Chr de las subfamilias SCHR y LCHR que confieren resistencia a cromato, en la virulencia, nos permitirá establecer si las proteínas ChrA, además de ser un sistema de resistencia a cromato funcionan como un sistema de expulsión de factores de virulencia bacterianos.

OBJETIVO. Evaluar la participación de las proteínas ChrA de la superfamilia CHR en la virulencia.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Curvas de susceptibilidad a cromato de las cepas *P. aeruginosa* PA01 (pUC_*chr*A2) y *P. aeruginosa* PA01 (pUC_*chr*3NC) en medio mínimo (M9). De un cultivo de 2 mL de CN crecido durante la noche, se inocularon tubos de 2 mL de M9 con concentraciones crecientes de dicromato de potasio (K_2CrO_4). Los tubos se incubaron durante 22 h a 37°C con agitación constante y la susceptibilidad se determinó en función de la turbidez de los cultivos al medir la absorbencia a 590 nm en un espectrofotómetro.

Evaluación de la virulencia de las cepas *P. aeruginosa* PA01 (pUC_*chr*A2) y *P. aeruginosa* PA01 (pUC_*chr*3NC) en el modelo de *C. elegans*. Se crecieron cultivos en medio M9 durante la noche de las diferentes cepas, se realizaron curvas de sobrevivencia del nematodo *C. elegans*, colocando 20 nematodos en cada pocillo en placas de microtitulación, incubando con $1x10^5$ ($\pm 1x10^4$) UFC de las bacterias de estudio.

Posteriormente se incubó a 19ºC y se cuantificó el número de nematodos viables cada 6 horas (h) durante 42 h.

Evaluación de la toxicidad de sobrenadantes de las cepas *P. aeruginosa* PA01 (pUC_*chr*A2) y *P. aeruginosa* PA01 (pUC_*chr*3NC) en el modelo de *C. elegans.* Se crecieron cultivos en medio M9 durante la noche de las diferentes cepas y se obtuvieron los sobrenadantes mediante centrifugación, se realizaron curvas de sobrevivencia del nematodo *C. elegans*, colocando 20 nematodos en cada pocillo en placas de microtitulación. Posteriormente se incubó a 19ºC y se cuantificó el número de nematodos viables cada 6 h durante 42 h.

RESULTADOS.

Resistencia a cromato conferida por las cepas *P. aeruginosa* PA01 con los genes *chr*A2 y *chr*3NC. Para confirmar el fenotipo de resistencia, se evaluó la susceptibilidad a cromato de las cepas de *P. aeruginosa* con los genes *chr*A2 o *chr*3NC. Los resultados mostraron que la cepa con el par de genes *chr*3NC no posee resistencia a cromato y se comporta al igual que el control, a diferencia de la cepa con el gen *chr*A2 que si posee resistencia a cromato en un fondo genético de *P. aeruginosa* (Fig. 1).

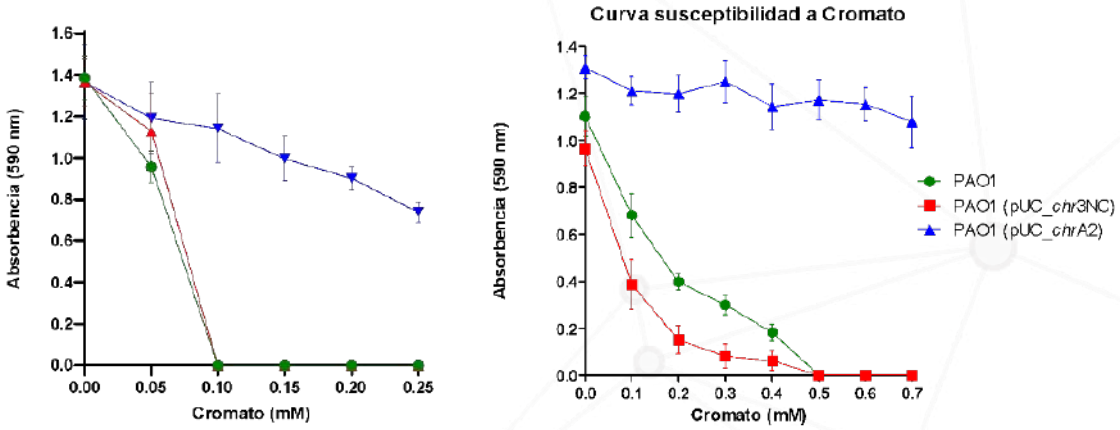


Figura 1. *Susceptibilidad a cromato de las cepas con los genes de resistencia a cromato. Los cultivos se crecieron en M9 por 22 h a 37°C con agitación constante a las diferentes concentraciones de la sal indicadas y se midió la absorbencia a 590 nm. Se muestra el promedio de tres experimentos independientes por duplicado, las bandas muestran la desviación estándar.*

Virulencia conferida por los genes *chr*A2 y *chr*3NC. Con la finalidad de saber si los genes de resistencia a cromato participan en la virulencia, se evaluó el efecto de las cepas con los genes *chr* empleando ensayos de virulencia con el modelo *C. elegans.* Los resultados demostraron que la presencia de los genes *chr*A2 y el par *chr*3NC disminuye la sobrevivencia del nemátodo *C. elegans*. (Fig. 2).

Toxicidad de los sobrenadantes obtenidos de las cepas de *P. aeruginosa* PA01 con los genes *chr*A2 y *chr*3NC. Debido a que las proteínas Chr son proteínas de expulsión, se evaluó el efecto de los sobrenadantes empleando ensayos de toxicidad con el modelo *C. elegans.* Los resultados demostraron que los sobrenadantes producidos por las cepas en la presencia de los genes *chr*A2 y el par *chr*3NC disminuye la sobrevivencia del nemátodo *C. elegans*, lo que sugiere que esta molécula que incrementa la virulencia es expulsada por las proteínas Chr (Fig. 3).

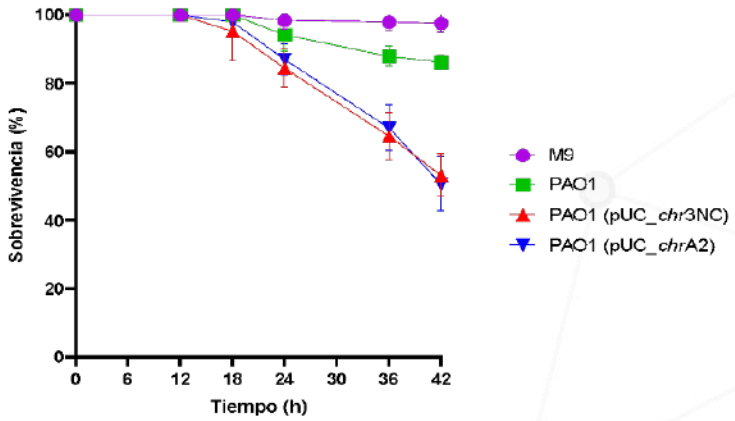


Figura 2. *Virulencia conferida por las cepas con los genes de resistencia a cromato en C. elegans. Grupos de 20 nematodos se incubaron con 1 x 10 5 (±1 x 10 4) UFC cepas indicadas, los cuales se incubaron a 19°C, para posteriormente determinar la cantidad de nematodos vivos cada 6 horas. Los datos muestran la media de 3 ensayos independientes por duplicado, las barras muestran la desviación estandar. Los datos se analizaron con la prueba Dunett *** p<0.001.*

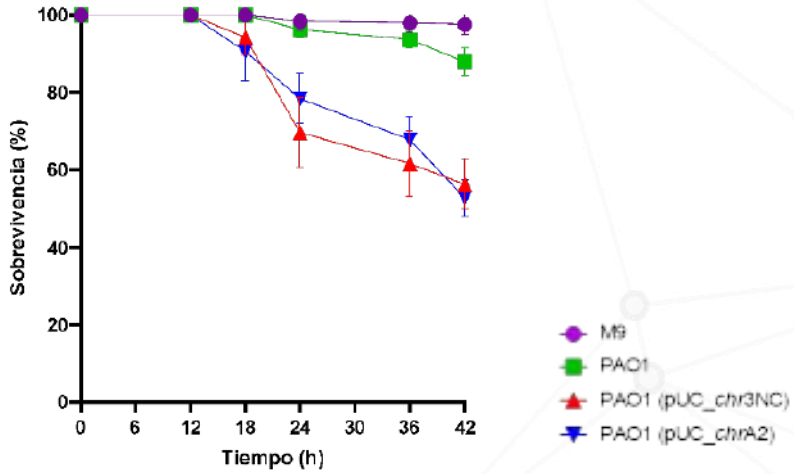


Figura 3*. Toxicidad de los sobrenadantes de los genes de resistencia a cromato. Grupos de 20 nematodos se incubados con el sobrenadante de las cepas correspondintes, los cuales se incubaron a 19°C, para posteriormente determinar la cantidad de nematodos vivos cada 6 horas. Los datos muestran la media de 3 ensayos independientes por duplicado. Los datos se analizaron con la prueba Dunett *** p<0.001.*

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos indica que los genes de resistencia a cromato aumentan la virulencia de la cepa de P. aeruginosa y que las proteínas codificadas por estos genes secretan una molécula que aumenta la toxicidad de los sobrenadantes de la cepa de *P. aeruginosa*. Sugiriendo que la superfamilia CHR no solo participa en la resistencia a cromato si no también aumentando la virulencia en P. aeruginosa.

REFERENCIAS.

1 Sousa A. y Pereira M. (2014). Pseudomonas aeruginosa diversification during infection development in cystic fibrosis lungs- A review. Pathogens. 18(3):680-703.
2 Battle S., Meyer F., Rello J., Kung V. y Hauser A. (2008). Hybrid pathogenicity island PAGI-5 contributes to the highly virulent phenotype of a Pseudomonas aeruginosa isolate in mammals. J. Bacteriol. 190:7130-7140.

3 Funnell B. y Phillips G. (Eds.) (2004). Plasmid Biology. ASM Press, Washington, D.C.
4 Cervantes C., Ohtake H., Chu L., Misra T. y Silver S. (1990). Cloning, nucleotide sequence, and expression of the chromate resistance determinant of Pseudomonas aeruginosa plasmid pUM505. J Bacteriol. 172, 287–291.
5 Ramírez-Díaz M.I., Díaz-Pérez C., Vargas E., Riveros-Rosas H., Campos-García J., Cervantes C. (2008). Mechanisms of bacterial resistance to chromium compounds. Biometals. 21:321-332.
6 Hernández-Ramírez K.C., Reyes-Gallegos R.I., Chávez-Jacobo V.M., Díaz-Magaña A., Meza-Carmen V., Ramírez-Díaz M.I. (2018). A plasmid-encoded mobile genetic element from Pseudomonas aeruginosa that confers heavy metal resistance and virulence. Plasmid. 98:15-21.
7 Rodríguez-Andrade E., Hernández-Ramírez K.C., Díaz-Peréz S.P., Díaz-Magaña A., Chávez-Moctezuma M.P., Meza-Carmen V., Ortíz-Alvarado R., Cervantes C., Ramírez-Díaz M.I. (2016). Genes from pUM505 plasmid contribute to Pseudomonas aeruginosa virulence. Antonie Van Leeuwenhoek. 109:389-396.
8 Álvarez A.H., Moreno-Sánchez R. y Cervantes C. (1999). Chromate efflux by means of the ChrA chromate resistance protein from Pseudomonas aeruginosa. J. Bacteriol. 181:7398–7400.
9 Nies D.H. (2003). Efflux-mediated heavy metal resistance in prokaryotes. FEMS Microbiol Rev. 27:313-339.
10 Díaz-Pérez C., Cervantes C., Campos-García J., Julián-Sánchez A., Riveros-Rosas H. (2007). Phylogenetic analysis of the chromate ion transporter (CHR) superfamily. FEBS J. 274:6215-6227.
11 Valerio-Arellano, B. (2024). Tesis en proceso.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524123

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL MONITOREO DE LA ELECTROMIOGRAFÍA (EMG) EN TIEMPO REAL

Iran Arane Melchor Uceda[1], José Diego Gutiérrez Medina[2], José Antonio Gutiérrez Gnecchi, Alberto González Vazquez[2]

1 Instituto Tecnológico de Morelia; D14092045@morelia.tecnm.mx

2 Instituto Tecnológico de Morelia gutierrezm.jdiego@gmail.com Instituto Tecnológico de Morelia; jose.gg3@morelia.tecnm.mx, Auckland University of Technology; agonzale@aut.ac.nz

Palabras Clave: Contracción Isométrica, Contracción Isotónica, EMG, Interfaz Visual, sEMG.

RESUMEN. La electromiografía (EMG) es una técnica clave para estudiar la actividad eléctrica de los músculos y nervios, proporcionando información crucial para la evaluación de la salud muscular y nerviosa. Este trabajo presenta un sistema de adquisición y procesamiento de datos para el monitoreo en tiempo real de señales electromiográficas (sEMG), diseñado para evaluar la actividad muscular durante contracciones isotónicas e isométricas. La interfaz visual integrada permite una visualización en tiempo real, facilitando la interpretación y el análisis de los datos. El sistema desarrollado constituye una plataforma fundamental para el monitoreo de la actividad muscular, permitiendo el desarrollo de algoritmos de procesamiento digital avanzados. Los resultados obtenidos indican la capacidad del sistema para detectar patrones musculares, lo que abre nuevas posibilidades para aplicaciones clínicas, de rehabilitación e investigación.

INTRODUCCIÓN. Los movimientos corporales dependen de señales eléctricas generadas por el sistema nervioso, conocidas como potenciales de acción, que facilitan la contracción y relajación muscular. La electromiografía (EMG) es una herramienta esencial para registrar esta actividad y diagnosticar problemas musculares [1]. Sin embargo, los métodos tradicionales para capturar y analizar señales EMG han sido intermitentes o retardados, limitando la capacidad de monitorear la dinámica muscular en tiempo real. Las señales EMG tienen una amplitud que varía entre 0 y 10 mV y un rango de frecuencia útil de 0 a 500 Hz, con el máximo contenido espectral entre 50 y 150 Hz [2]. Esta información es crucial para un análisis detallado y eficaz de la actividad muscular. En Michoacán, el 12% de la población presenta limitaciones para caminar o moverse [3]. Aunque no hay datos precisos sobre la incidencia de discapacidad local [4], se estima que Michoacán es el cuarto estado con mayor número de personas que requieren rehabilitación, afectando al 6% de su población, incluyendo 80,000 menores de 18 años con parálisis cerebral y lesiones medulares [3]. En este contexto, la terapia funcional en ortopedia es fundamental para la rehabilitación física y funcional, contribuyendo a mejorar la calidad de vida y la integración social de los pacientes. Un sistema de adquisición de datos ad hoc para el monitoreo de EMG en tiempo real puede contribuir a mejorar la manera en que se realiza la rehabilitación, permitiendo la obtención de información cuantitativa de la actividad muscular y facilitando intervenciones más efectivas.

ANTECEDENTES. La historia de la adquisición de señales bioeléctricas, como la electromiografía (EMG), se remonta a siglos atrás. Pioneros como Galvani y Volta sentaron las bases para comprender la relación entre la electricidad y la actividad muscular. A mediados del siglo XIX, con el desarrollo del galvanómetro, se lograron los primeros registros de señales eléctricas musculares [5-8]. A lo largo del siglo XX, se produjeron avances significativos en la tecnología de adquisición y análisis de señales EMG. La invención del osciloscopio de rayos catódicos [9] y el desarrollo de amplificadores diferenciales [7] permitieron obtener registros más precisos y detallados de la actividad muscular. Además, la miniaturización de los componentes electrónicos [8] facilitó la creación de sistemas portátiles para la adquisición de EMG. En tiempos recientes, se han desarrollado sistemas portables y avanzados para monitorear señales EMG en tiempo real y aplicarlas a la rehabilitación física y el control de dispositivos robóticos con el propósito de mejorar y coadyuvar la calidad de vida de las personas, así como la interacción humano-máquina. Recientemente, se han realizado investigaciones sobre el uso de la EMG en la rehabilitación de personas con discapacidad, como, por ejemplo, el control de un brazo robot [10], la rehabilitación de pacientes hospitalizados [11], la interpretación de señales del músculo que controlan los movimientos de la mano [2], y la evaluación de la fatiga muscular en pacientes con desordenes temporomandibulares [12]. Estos avances reflejan la integración creciente de la EMG en diversas aplicaciones clínicas y tecnológicas, destacando su importancia en la evaluación y mejora de la función muscular. Las aplicaciones clínicas de la EMG abarcan una amplia gama de usos en la medicina moderna, desde el diagnóstico de enfermedades neuromusculares hasta el monitoreo intraoperatorio y la evaluación de debilidad muscular. En la Tabla 1 se presentan algunos de los principales usos clínicos de la EMG en la práctica médica actual.

Uso Clínico	Descripción	Condiciones Comunes Diagnosticadas
Enfermedades Neuromusculares	La EMG mide la actividad eléctrica generada por los músculos durante la contracción	Neuropatías, miopatías, esclerosis lateral amiotrófica, distrofia muscular.
Radiculopatías	Daños en los nervios espinales que irradian dolor o pérdida de función en brazos y piernas	Hernias discales, compresión nerviosa
Trastornos del nervio periférico	Daño o disfunción de los nervios periféricos que controlan los músculos.	Síndrome del túnel carpiano, parálisis del nervio cubital
Miopatías	Trastornos que afectan directamente a los músculos.	Miopatías inflamatorias, distrofias musculares
Enfermedades de la motoneurona	Trastornos que afectan a las neuronas motoras	Esclerosis lateral amiotrófica, esclerosis múltiple, atrofia muscular espinal
Trastornos del movimiento	Movimientos anormales o involuntarios que afectan a los músculos.	Temblor, distonía, parkinsonismo, espasticidad.

***Tabla 1**. Usos clínicos de EMG más comunes.*

Un sistema de adquisición de datos para evaluar la actividad muscular debe cumplir cuatro condiciones: alto nivel de integración para adquirir y acondicionar señales sEMG de electrodos superficiales, aislamiento eléctrico para la seguridad del paciente, integración de algoritmos de procesamiento de señales mediante la actualización del firmware, y transferencia de datos para su post-procesamiento y almacenamiento. En este trabajo se presenta el diseño, construcción y pruebas preliminares de una plataforma que cumple con estos requisitos para la evaluación de la actividad muscular.

MATERIALES Y MÉTODOS. La Fig. 1 muestra el diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos construido.

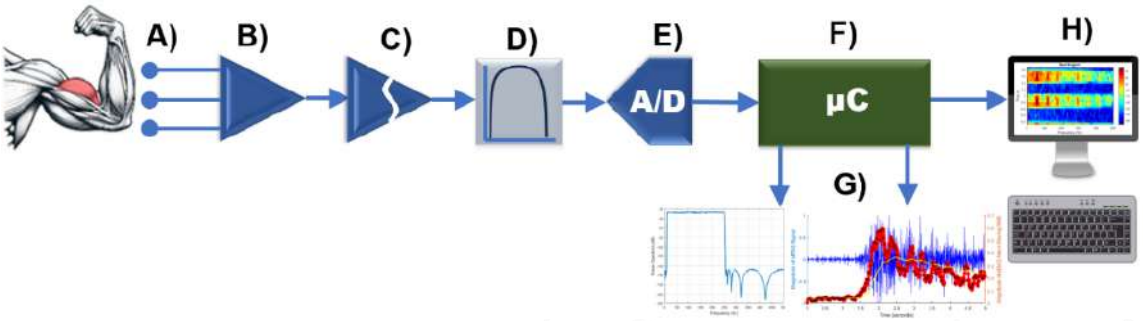


Figura 1. *A) Electrodos. B) Amplificador de instrumentación. C) Amplificador de aislamiento. D) Filtro Pasabanda analógico. E) Convertidor de analógico a digital. F) Microcontrolador. G) Procesamiento de señales. H) Transferencia de datos para post-procesamiento y almacenamiento permanente.*

Las señales de electromiografía se obtienen a través de la instalación de electrodos superficiales en el bíceps braquial (Figura 1A). La actividad mioeléctrica de activación muscular se adquiere a través de un amplificador de instrumentación con una razón de rechazo en modo común mayor de 110 dB (Figura 1B). Para garantizar la seguridad eléctrica del sistema un amplificador de aislamiento (Figura 1C) transfiere la señal medida a un filtro pasa banda (Figura 1D). La señal filtrada se digitaliza por medio de un convertidor de analógico a digital (Figura 1E). Un microcontrolador de bajo consumo de energía (Figura 1F) controla el proceso de adquisición de datos, procesa la señal (Figura 1G) y puede transferir los datos a un sistema de cómputo para postprocesamiento y almacenamiento permanente (Figura 1H). El modelo experimental implico la evaluación de la actividad electromiográfica durante los procesos de contracciones isotónicas e isométricas del bíceps braquial de un paciente. Se colocaron electrodos superficiales para captar la señal muscular, que posteriormente fue amplificada, filtrada y digitalizada a través del instrumento de medición y poder transmitir los datos para su post-procesamiento y almacenamiento. Analizando las diferencias en la actividad muscular entre los dos tipos de contracción.
Para identificar con claridad las señales EMG, se implementó la ecuación RMS (Root Mean Square, por sus siglas en inglés). Esta medida permite cuantificar la amplitud efectiva de la actividad muscular al promediar los cuadrados de la señal y luego tomar la raíz cuadrada. El análisis RMS permite identificar tanto la amplitud máxima como mínima de la actividad muscular, proporcionando una evaluación precisa y consistente de la intensidad de la señal EMG. Esta técnica es esencial para una interpretación efectiva de la actividad muscular en estudios y aplicaciones clínicas.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T V(t)^2 dt} \qquad (1)$$

RESULTADOS. La Fig. 2 muestra la señal electromiográfica (EMG) visualizada a lo largo del tiempo, revelando fluctuaciones en la actividad muscular. El gráfico destaca variaciones en la magnitud de la señal, con un valor máximo de 2.148 V y un valor mínimo de 0.436 V, correspondientes a contracciones isotónicas e isométricas, respectivamente. Estas

métricas proporcionan una comprensión cuantitativa de la variabilidad e intensidad de la actividad muscular, facilitando la interpretación de los patrones y tendencias en la señal EMG para aplicaciones en investigación y evaluación clínica.

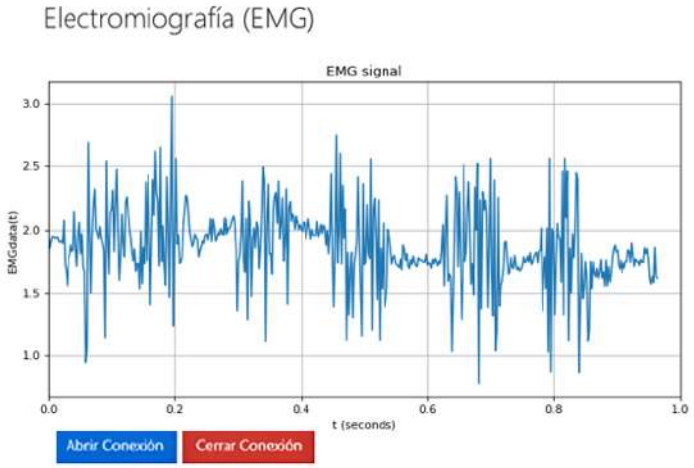


Figura 2. *Interfaz visual.*

CONCLUSIONES. Los resultados sugieren que este sistema podría ser una base sólida para futuras investigaciones, especialmente en la optimización de aplicaciones clínicas y en el estudio de la biomecánica y la neurofisiología. Se recomienda continuar explorando la integración de tecnologías emergentes para mejorar aún más la funcionalidad y la precisión del sistema. Los resultados sugieren que este sistema de análisis de señal EMG proporciona una base sólida para futuras investigaciones. Las mediciones de la señal revelan un valor máximo de 2.148 V y un valor mínimo de 0.436 V, asociados con contracciones isotónicas e isométricas, respectivamente. Estos datos no solo demuestran la capacidad del sistema para captar variaciones significativas en la actividad muscular, sino que también subrayan su potencial para optimizar dentro de las aplicaciones clínicas y profundizar en estudios de biomecánica y neurofisiología. Se recomienda continuar explorando la integración de tecnologías emergentes para mejorar la funcionalidad y precisión del sistema. Además, es importante abordar cualquier limitación actual y considerar mejoras específicas en la resolución y robustez del análisis para maximizar el impacto del sistema en investigaciones futuras y aplicaciones clínicas.

REFERENCIAS.

1. Azpilcueta, R. (2020). Dispositivo de adquisición de señales mioeléctricas. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ingeniería; Argentina.
2. Orts Blázquez, J. (2019). Diseño de un sistema de adquisición de señales por electromiografía superficial para la interpretación del movimiento de la mano. Universitat Politècnica de València.
3. Comunicación T. Cruz Lira, Directora General del CRIT (Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón) Michoacán.
4. Comunicación, L Amparano Zarataín, Director del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón (CRIT) en Michoacán.
5. Montoya Cardona. J. C. Edu.co. Recuperado el 8 de septiembre de 2024, de https://repository.eia.edu.co/handle/11190/304
6. Pope, G. D. (1998). Introduction to surface electromyography. Physiotherapy, 84(8), 405. https://doi.org/10.1016/s0031-9406(05)61482-4
7. Sanei, S y Chambers, J. A, (S/f-b). Washington.edu. Recuperado el 8 de septiembre de 2024, de https://faculty.washington.edu/seattle/brain-physics/textbooks/sanei.pdf

8. Tompkins, W. J., & Thakor, N. V. (2016). A lecture/laboratory course on microcomputer-based medical instrumentation. IEEE transactions on education, 24(1), 2006–101. https://doi.org/10.1109/te.1981.4321451
9. Cram's introduction to surface electromyography, 2nd edition. (2011). Medicine and Science in Sports and Exercise, 43(7), 1378. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000399576.80711.7d
10. Correa-Figueroa, J. L. (2016). SEMG signal acquisition system for muscle fatigue detection. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica.
11. Mejía Jaramillo, M. C, Edu.co., sistema de electroestimulación y electromiografía para hospitalización. 2017, https://repository.eia.edu.co/handle/11190/1979

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524124

REGULACIÓN DE LA VÍA DE SEÑALIZACIÓN AMPc-PKA MEDIADA POR PROTEÍNAS G HETEROTRIMÉRICAS EN LA VIRULENCIA INDUCIDA POR SUERO SANGUÍNEO HUMANO EN *Mucor lusitanicus*

Viridiana Alejandre-Castañeda[1], J. Alberto Patiño-Medina[2], Marco I. Valle-Maldonado[3], Rafael Ortiz- Alvarado[5], Martha I. Ramírez-Díaz[6], Adolfo López-Torres[7], Victoriano Garre[8], Soo Chan Lee[9], Víctor Meza-Carmen[*10]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; valejandre@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jpatino@umich.mx

3Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán; mimaldonado@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.ortiz@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.ramirez@umich.mx

6Universidad Papaloapan Campus Tuxtepec ; adolfo_lopez_torres@hotmail.com

7Universidad de Murcia, España; vgarre@um.es

8The University of Texas at San Antonio,

9Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.meza@umich.mx

Palabras Clave: AMPc-PKA, Proteínas G heterotriméricas, suero sanguíneo, virulencia.

RESUMEN. *Mucor lusitanicus* es un hongo mucoral dimórfico capaz de crecer como levaduras de fenotipo avirulento, asociadas a un metabolismo fermentativo; o como micelio, que por lo general es considerado virulento, exhibiendo un metabolismo oxidativo. Algunos Mucorales pueden causar mucormicosis, infección oportunista poco común pero con mortalidad hasta del 90%. M. lusitanicus es un modelo biológico para estudiar esta infección; se ha descrito que el suero sanguíneo humano estimula su crecimiento micelial y virulencia. Las proteínas G heterotriméricas (PGH) regulan la vía AMPc-PKA (proteína cinasa A), la cual está involucrada en la virulencia y el crecimiento micelial. M. lusitanicus posee 12 subunidades alfa de PGH (Gpa1-Gpa12), 3 beta (Gpb1-Gpb3) y 3 gama (Gpg1-Gpb3). Gpb1 regula positivamente el crecimiento micelial y al igual que Gpa11 y Gpa12 reprimen la actividad de PKA. La PKA es un heterotetrámero constituida por 2 subunidades catalíticas y 2 regulatorias. M. lusitanicus posee 4 subunidades regulatorias (R) y 10 catalíticas (C), PkaR1 promueve el crecimiento micelial reprimiendo la vía PKA. El objetivo de este estudio fue describir la regulación a nivel molecular de la vía AMPc-PKA en respuesta al suero sanguíneo, para comprender la relación huésped-patógeno. Se usaron diversas mutantes en la vía AMPc-PKA-PGH, los resultados demostraron que en presencia del suero sanguíneo, el dímero Gpb1-Gpg1 reprime la adenilato ciclasa, Cyr1, lo que resulta en bajos niveles de AMPc y la represión de la vía a través de PkaR1, resultando en la estimulación del crecimiento micelial, la actividad mitocondrial, la virulencia y la secreción de rizoferrina como factor tóxico en los modelos biológicos de Caenorhabditis elegans, y larvas de Galleria mellonella. En conclusión, el suero sanguíneo a través de Gpb1-Gpg1 reprime la vía AMPc-PKA aumentando la virulencia.

INTRODUCCIÓN. *Mucor lusitanicus* anteriormente llamado Mucor circinelloides f. lusitanicus es un hongo dimórfico que pertenece al género de los mucorales (Wagner y col., 2020). Capaz de crecer como levadura en condiciones anaeróbicas o como micelio en condiciones aeróbicas, implicando de manera general un metabolismo fermentativo u oxidativo, respectivamente (Lübanhunsen y col., 2004). M. lusitanicus es el mucoral con el mayor número de herramientas para analizar diversas funciones biológicas, como la mucormicosis. Esta infección fúngica es causada por algunos Mucorales (López-Fernández y col., 2018). La prevalencia de mucormicosis va de 0.01 a 0.02 por cada 100,000 habitantes en Europa y EE.UU., respectivamente (http://www.ammmac.org.mx). Dicha infección es letal, generando hasta el 90% de mortalidad en pacientes con diagnóstico y tratamiento médico inadecuado. Es la tercer infección fúngica más importante en Europa, después de aspergilosis pulmonar y candidiasis diseminada. Del 2000 al 2017 aumentó la incidencia en un 28% en EE.UU., relacionado con el aumento de la población inmunosuprimida. (Martín Gómez y col., 2021). En el 2021, India reportó una incidencia de mucormicosis del 80% en pacientes en estado crítico con COVID-19 asociados a cetoacidosis diabética (Sen y col., 2021). Dado a que los Mucorales presentan resistencia a la mayoría de antifúngicos y a su capacidad de causar infecciones mortales, la OMS los ha situado, en la Lista de Patógenos Fúngicos Prioritarios.. Los factores críticos para un pronóstico favorable en el control de la infección, residen en el diagnóstico adecuado y el tratamiento antifúngico a tiempo, además de la remoción quirúrgica del área afectada. En la actualidad el tratamiento de primera línea es anfotericina B y Posaconazole (Martín Gómez y col., 2021).

ANTECEDENTES. El estadio micelial M. lusitanicus exhibe un metabolismo oxidativo, se asocia con un fenotipo virulento. Entre algunos de los factores que promueven el desarrollo micelial, se encuentran la presencia de oxígeno (Orlowsky., 1991), el uso de fuentes de nitrógeno inorgánico (Alejandre-Castañeda y col., 2022), o la presencia de suero sanguíneo humano (Patiño-Medina y col., 2019). El fenotipo virulento de M. lusitanicus involucra la represión de la vía AMPc-PKA, una vía conservada en eucariontes, implicada en la regulación de la virulencia, diferenciación celular, respuesta a nutrientes y adaptación ambiental (Martín Gómez y col., 2021). Es posible que en M. lusitanicus algunas de las subunidades de las proteínas G heterotriméricas (PGH), puedan estar regulando la vía AMPc-PKA, mediante la modulación de la actividad de alguna adenilato ciclasa (Cyr) o fosfodiesterasa (Pde), lo cual conduciría a cambios en los niveles de AMPc y generaría la disociación o no del heterotetrámero de la PKA aumentando la secreción de rizoferrina como molécula tóxica al medio de cultivo generando un fenotipo virulento. En M. lusitanicus se ha descrito la presencia de cuatro subunidades regulatorias PkaR1-PkaR4 (Ocampo y col., 2012) y 10 subunidades catalíticas PkaC1-PkaC10 de la PKA (Ocampo y col., 2007). En Saccharomyces cerevisiae se reportó que la mutación de una subunidad catalítica de la PKA, TPK2, inhibe el crecimiento micelial (Malcher y col., 2011; Pérez-Landero y col., 2013). En Candida albicans la activación de la vía conduce a la activación de diversos factores de transcripción como Efg1, quien es responsable de la filamentación, estadio morfológico implicado en la virulencia de este hongo (Wakade y col., 2022). En M. lusitanicus se ha sugerido que la subunidad Gpb1 conduce a la disminución de los niveles de AMPc, lo cual conduce a la inactivación de la PKA a través de PkaR1 (cuyo transcrito se acumula principalmente en el estadio micelial). La mutación de gpb1, o pkaR1 promueven el aumento de los niveles de AMPc y actividad de PKA conduciendo al aumento del desarrollo

levaduriforme (o disminución del crecimiento micelial), con poca capacidad de virulencia (Valle-Maldonado y col., 2015).

OBJETIVO. Demostrar los componentes de la vía AMPc-PKA-PGH involucrados en la regulación de la virulencia de M. lusitanicus estimulada por el suero sanguíneo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Cepas Utilizadas. Cepa silvestre MU636, cepas mutantes Δ*gpa11*,Δ*gpa12*, Δ*gpb1*, Δ*gpb2*, Δ*gpb3*, Δ*gpg1*, Δ*gpg2*, Δ*gpg3*, Δ*pkaR1*, Δ*pkaR2*, Δ*pkaR3*, Δ*pkaR4*, cepas sobreexpresantes MU636·*cyr1*$^{o/e}$, MU636·*cyr2*$^{o/e}$, MU636·*ped2a*$^{o/e}$, MU636·*pde2b*$^{o/e}$, Δ*gpb1*·*pde2a*$^{o/e}$.

Medios de cultivo y condiciones de crecimiento. Las esporas se cultivaron en medios a base de Levadura-Peptona-Glucosa (YPG). Las esporas se produjeron en YPG suplementado con 20% de suero (YPG-20S). Los sobrenadantes libres de células del caldo de cultivo (SSs) se obtuvieron después de crecimiento aeróbico durante 48 h a 28ºC mediante filtración a través de filtros de 0,22 micras en medio Yeast Nitrogen Base (YNB) al 0.1% de glucosa.

Ensayos de virulencia. *Caenorhabditis elegans* Bristol N2 se cultivó en placas de NGM adicionadas con colesterol, para obtener gusanos en la fase de adulto joven. Los SSs provenientes del crecimiento micelial con los medios de cultivo indicados o cultivo estéril fueron puestos en contacto con el gusano y se incubaron durante 72 h a 18 ◦C.

RESULTADOS.

Participación de las subunidades de las proteínas G heterotriméricas beta y gama de *M. lusitanicus* en la estimulación de la virulencia por el suero sanguíneo. Para conocer cuáles proteínas G heterotriméricas están involucradas en generar el aumento de la virulencia en presencia de suero sanguíneo. Las esporas fueron producidas en medio YPG-20S. Dichas esporas fueron crecidas en condiciones aeróbicas en un medio de cultivo que estimula el metabolismo oxidativo (YNB al 0.1% de glucosa) por 48 h, posteriormente se recuperaron los SSs. Los SSs fueron usados en ensayos de toxicidad frente al nematodo *C. elegans*. El SS de la cepa silvestre MU636 (WT) disminuyó en un 30% la supervivencia de los nematodos cuando sus esporas fueron producidas en YPG-20S y los resultados en % de supervivencia fueron similares a la condición control cuando las esporas se produjeron en YPG adicionado con suero sanguíneo humano desnaturalizado (YPG-20DS), en el caso de los SSs de cultivo de las mutantes en las subunidades G heterotriméricas alfa Δ*gpa11* y Δ*gpa12* solo el SS de *Δgpa11* aumentó la toxicidad en esporas producidas en YPG-20S generando resultados similares a la cepa WT (Fig. 1A-1C). El SS de la cepa Δ*gpb1* no mostró toxicidad a pesar de que las esporas fueron producidas en suero (Fig. 1D-1F). Un fenotipo similar fue observado en el SS de la cepa Δ*gpg1* (Fig. 1G-1I).

Participación de las subunidades PkaR de *M. lusitanicus* en la estimulación de la virulencia por el suero sanguíneo humano. Las esporas de las mutantes en los genes que codifican a las subunidades PkaR fueron obtenidas bajo la misma metodología. El SS proveniente de la cepa Δ*pkaR1* no generó toxicidad en ninguna de las condiciones en que se produjeron las esporas (Fig. 1J-1L). Estos resultados en conjunto sugieren que las proteínas Gpa12, Gpb1, Gpg1 y PkaR1, son necesarias en la regulación positiva de la inducción de la virulencia en *M. lusitanicus* en presencia de suero sanguíneo.

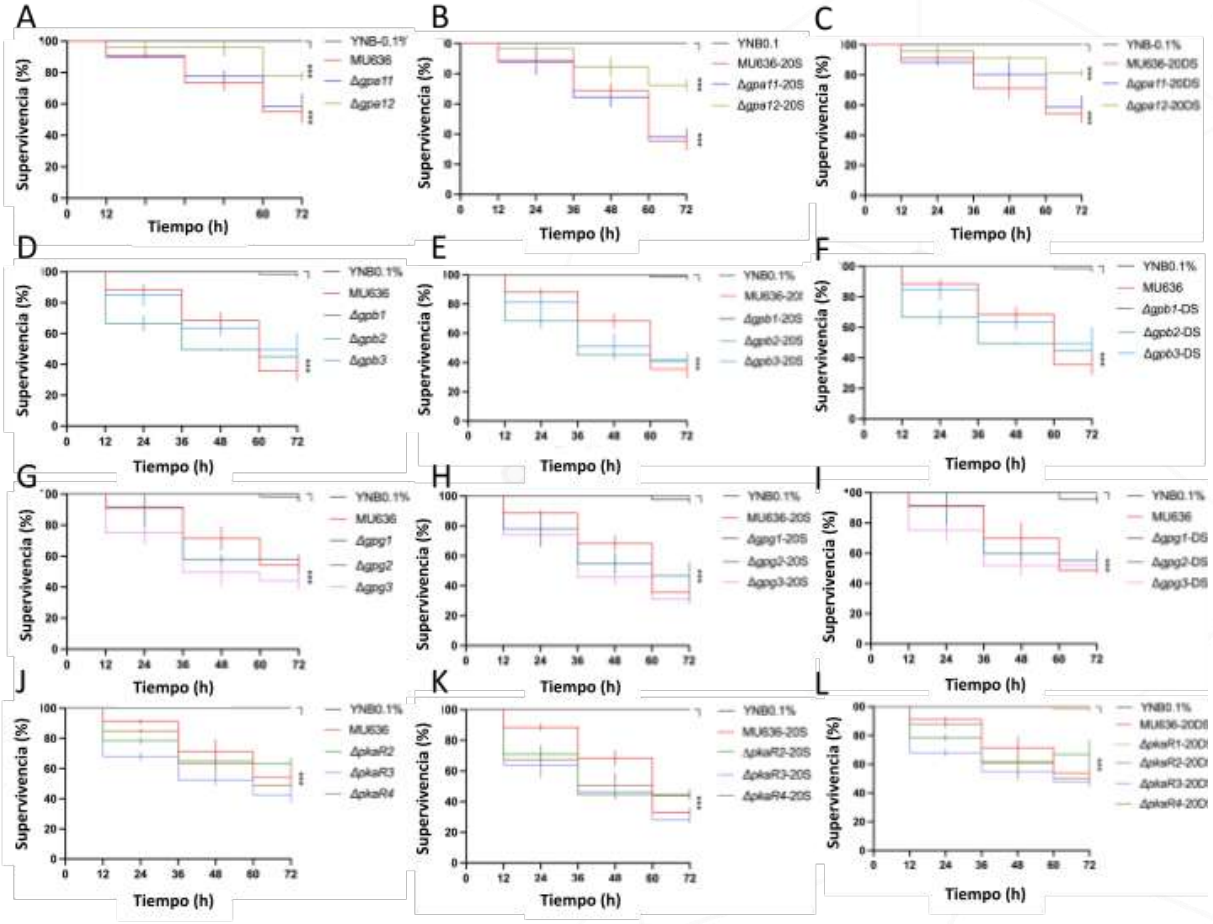


Figura 1. *Subunidades G heterotriméricas alfa, beta, gama y subunidades regulatorias de la PKA (PkaR) implicadas en la señalización por suero sanguíneo. Las esporas de las distintas cepas fueron producidas en YPG, YPG-20S ó YPG-20DS. Posteriormente fueron germinadas en condiciones aeróbicas en YNB al 0.1% de glucosa por 48 h, se obtuvieron sus SSs y se evaluaó su toxicidad contra C. elegans. Efecto de la toxicidad de los SS de las cepas mutantes en Δgpa11-Δgpa12 (paneles A-C), gpb1 a gpb3 (paneles D-F); mutantes en Δgpg1 a Δgpg3 (paneles G-I); y mutantes en las subunidades reguladoras de PKA ΔpkaR1 a ΔpkaR4 (Paneles J y L). Se utilizaron un total de 15 a 20 nematodos por experimento y se incubaron a 18 ºC durante 72 h. Analizado estadísticamente mediante la prueba de Mantel-Cox. ***P<0,01.*

Participación de las adenilatos ciclasas y fosfodiesterasas de *M. lusitanicus* en la estimulación de la virulencia por el suero sanguíneo. Se analizó la participación de las adenilatos ciclasas (Cyr1 y Cyr2), y fosfodiesterasas (Pde2a y Pde2b) en este proceso. Las esporas se obtuvieron a partir de YPG o YPG-20S para su posterior crecimiento en YNB al 0.1%, para la obtención de sus SSs. Se encontró que las cepas sobreexpresante MU636·*cyr1*$^{O/E}$ y la sobreexpresante MU636·*pde2a* $^{O/E}$ mostraron un aumento de la mortalidad de *C. elegans* cuando las esporas fueron producidas en presencia de suero, sugiriendo que Cyr1 y Pde2a son necesarios para aumentar la virulencia en presencia de suero (Fig. 2A y B). Por otra parte con la finalidad de evidenciar si las proteínas G heterotriméricas están interactuando con los elementos de la vía AMPc-PKA. Se sobreexpresó al gen *pde2* en el fondo genético de la cepa Δ*gpb1* que no mostró toxicidad (Fig. 1A-C), dicha sobreexpresión generó el aumento de la toxicidad se su SS

al generar el 55% de supervivencia del nematodo, sugiriendo que estos elementos se encuentran interactuando en la misma vía. (Fig. 2A).

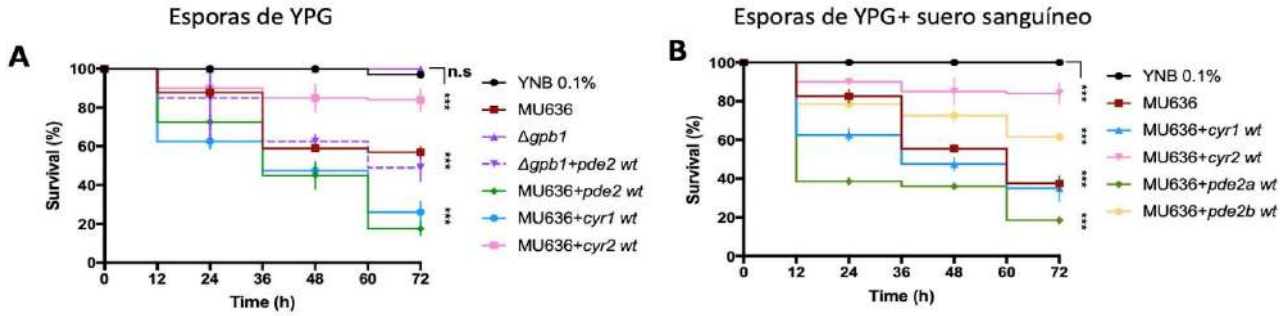


Figura 2. *Participación de las adenilato ciclasas y fosfodiesterasas e interacción de la proteína G heterotrimérica Gpb1 en el aumento de la virulencia a través de la vía de señalización AMPc-PKA por suero sanguíneo. Las esporas de las distintas cepas fueron producidas en YPG o YPG suplementado con 20% de suero sanguíneo nativo. Dichas esporas fueron crecidas en condiciones aeróbicas en YNB al 0.1% de glucosa por 48 h en aerobiosis, para la obtención de sus SS y su evaluación de la toxicidad contra C. elegans. Efecto de la toxicidad de los SS de las cepas silvestre MU636, mutante en Δgpb1 y sobreexpresantes de pde2a y cyr1 en esporas producidas en YPG (panel A); cepas sobreexpresantes de cyr1 y cyr2 o pde2a en el fondo genético de la cepa silvestre esporas obtenidas en YPG+suero (panel B). Se utilizaron un total de 15 a 20 nematodos por experimento y se incubaron a 18ºC durante 72 h. Analizado estadísticamente mediante la prueba de Mantel-Cox. ***P<0,01. Cuando los resultados no fueron considerados significativos, no se proporcionó información adicional (P>0,05).*

CONCLUSIONES. Las proteínas G heterotriméricas Gpa12, Gpb1, Gpg1 y PkaR1 se encuentran regulando negativamente la vía AMPc-PKA a través de la represión de la adenilato ciclasa Cyr1 quién a su vez es regulada por la fosfodiesterasa Pde2a en presencia de suero sanguíneo humano.

REFERENCIAS.

1 Wagner, L., Stielow, J. B., de Hoog, G. S., Bensch, K., Schwartze, V. U., Voigt, K., Alastruey-Izquierdo, A., Kurzai, O., & Walther, G. (2020). A new species concept for the clinically relevant Mucor circinelloides complex. Persoonia, 44, 67–97. https://doi.org/10.3767/persoonia.2020.44.03

2 Ocampo, J., Moreno, S., & Rossi, S. (2007). PKA from Mucor circinelloides: model to study the role of linker I in the interaction between R and C subunits. Biochemical and biophysical research communications, 362(3), 721–726. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.08.052

3 Patiño-Medina, J. A., Vargas-Tejeda, D., Valle-Maldonado, M. I., Alejandre-Castañeda, V., Jácome-Galarza,

4 E., Villegas-Moreno, J., Nuñez-Anita, R. E., Ramírez-Díaz, M. I., Ortiz-Alvarado, R., & Meza-Carmen, V. (2019). Sporulation on blood serum increases the virulence of Mucor circinelloides. Microbial pathogenesis, 137, 103737. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103737

5 Alejandre-Castañeda V, Patiño-Medina JA, Valle-Maldonado MI, Nuñez-Anita RE, Santoyo G, Castro-Cerritos KV, Ortiz-Alvarado R, Corrales-Escobosa AR, Ramírez-Díaz MI, Gutiérrez-Corona JF, López-Torres A, Garre V, Meza-Carmen V. Secretion of the siderophore rhizoferrin is regulated by the cAMP-PKA pathway and is involved in the virulence of Mucor lusitanicus. Sci Rep. 2022 Jun 23;12(1):10649. doi: 10.1038/s41598-022- 14515-0. PMID: 35739200; PMCID: PMC9226013.

6 López-Fernández, L., Sanchis, M., Navarro-Rodríguez, P., Nicolás, F. E., Silva-Franco, F., Guarro, J., Garre, V., Navarro-Mendoza, M. I., Pérez-Arques, C., & Capilla, J. (2018). Understanding Mucor circinelloides pathogenesis by comparative genomics and phenotypical studies. Virulence, 9(1), 707–720. https://doi.org/10.1080/21505594.2018.1435249

7 Wakade, R. S., Kramara, J., Wellington, M., & Krysan, D. J. (2022). Candida albicans Filamentation Does Not Require the cAMP-PKA Pathway In Vivo. mBio, 13(3), e0085122. https://doi.org/10.1128/mbio.00851-22

8 Malcher M, Schladebeck S, Mösch H-U (2011) The Yak1 protein kinase lies at the center of a regulatory cascade affecting adhesive growth and stress resistance in Saccharomyces cerevisiae. Genetics 187: 717-730

9 Sen, Mrittika; Lahane, Sumeet1; Lahane, Tatyarao P; Parekh, Ragini1; Honavar, Santosh G. Mucor in a Viral Land: A Tale of Two Pathogens. Indian Journal of Ophthalmology 69(2):p 244-252, February 2021. | DOI: 10.4103/ijo.IJO_3774_20

10 Orlowski M. (1991). Mucor dimorphism. Microbiological reviews, 55(2), 234–258. https://doi.org/10.1128/mr.55.2.234-258.1991

11 Martín Gómez, M. T., & Salavert Lletí, M. (2021). Mucormicosis: perspectiva de manejo actual y de futuro [Mucormycosis: Current and future management perspective]. Revista iberoamericana de micologia, 38(2), 91–100. https://doi.org/10.1016/j.riam.2021.04.003

12 Ocampo J, Fernandez Nuñez L, Silva F, Pereyra E, Moreno S, Garre V, Rossi S. A subunit of protein kinase a regulates growth and differentiation in the fungus Mucor circinelloides. Eukaryot Cell. 2009 Jul;8(7):933-44. doi: 10.1128/EC.00026-09. Epub 2009 May 1. Erratum in: Eukaryot Cell. 2012 Jul;11(7):963. PMID: 19411621; PMCID: PMC2708453.

13 Ocampo, J., Moreno, S., & Rossi, S. (2007). PKA from Mucor circinelloides: model to study the role of linker I in the interaction between R and C subunits. Biochemical and biophysical research communications, 362(3), 721–726. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.08.052

14 Valle-Maldonado, M. I., Patiño-Medina, J. A., Pérez-Arques, C., Reyes-Mares, N. Y., Jácome-Galarza, I. E., Ortíz-Alvarado, R., Vellanki, S., Ramírez-Díaz, M. I., Lee, S. C., Garre, V., & Meza-Carmen, V. (2020). The heterotrimeric G-protein beta subunit Gpb1 controls hyphal growth under low oxygen conditions through the protein kinase A pathway and is essential for virulence in the fungus Mucor circinelloides. Cellular microbiology, 22(10), e13236. https://doi.org/10.1111/cmi.13236

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524125

EFECTO DEL EXTRACTO DE *Justicia spicigera* EN RATAS INDUCIDAS A UN MODELO DE EHGNA

Fernanda Isabel Mejía Peña[1], Marina Murillo Villicaña[2], Cinthia Itzel Landa Moreno[2], Francisco Alfredo Saavedra Molina[2]

1 Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH. 19001451b@umich.mx

2 instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH.0850421k@umich.mx; 1419561g@umich.mx

francisco.saavedra@umich.mx

Palabras Clave: Justicia spicigera, enfermedad del hígado graso no alcohólico, antioxidantes, hígado

RESUMEN. La enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA), se caracteriza por la acumulación excesiva de grasa (triacilglicéridos) en más del 5% de las células hepáticas, presenta un espectro de alteraciones que van desde una simple esteatosis hepática (acumulación de grasa en el hígado sin inflamación) hasta condiciones más graves como la cirrosis e insuficiencia hepática. Se ha demostrado que los pacientes con esta enfermedad, presentan complicaciones como el estrés oxidativo, un proceso que daña a las células del hígado debido a un desequilibrio entre los radicales libres y los antioxidantes. Dado este vínculo con el estrés oxidativo, se ha buscado el uso de compuestos antioxidantes para mitigar los efectos de la enfermedad. Justicia spicigera contiene metabolitos altamente polares que tienen importancia clínica, específicamente por su contenido de antioxidantes. Estos antioxidantes son extraídos de sus polifenoles, un tipo de compuesto natural conocido por sus propiedades para neutralizar los radicales libres, siendo beneficioso para la salud, es por ello que surge la necesidad de demostrar que esta planta presenta efectos antioxidantes y hepaprotector. Se evaluó la actividad antioxidante in vitro (anti-DDPH) y (ABTS) de los metabolitos secundarios de alta polaridad presentes en Justicia Spicigera. Así mismo pruebas in vivo como la actividad de la enzima catalasa y el tripéptido glutatión en hígado de ratas con EHGNA.

INTRODUCCIÓN. La enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA) afecta un tercio de la población mundial. Sin embargo, en México su prevalencia podría superar el 50%. (Bernal Reyes, 2019). Entre los factores que pueden contribuir al desarrollo de EHGNA, se encuentran; estrés oxidativo (desequilibrio entre las sustancias químicas prooxidantes y antioxidantes que deriva en daño de las células hepáticas), producción y liberación de proteínas inflamatorias tóxicas (citocinas) por parte de las propias células inflamatorias, hepáticas o grasas del paciente o inclusive necrosis o muerte de las células hepáticas, conocida como apoptosis. (Bernal Reyes, 2019). El estrés oxidativo, se origina cuando los antioxidantes no son suficientes para contrarrestar los radicales libres y se produce un aumento de la presencia de los mismos en la célula, y se caracteriza por un incremento en la actividad oxidante en el interior de la célula, originando un cambio estructural y funcional de la misma que acelera su envejecimiento y favorece la apoptosis. Y por lo tanto la aparición de diferentes patologías graves, como es el caso de la EHGNA. (Lizardo,2017). Los antioxidantes son compuestos sintetizados por las plantas en sus diferentes partes

(frutos, hojas, ramas, raíces, etc.) caracterizados por poseer grupos hidroxilos (OH) unidos entre sí por anillos bencénicos. Su presencia en la dieta es fundamental, porque al ser ingeridos protegen de manera amplia y eficaz la salud del consumidor, previniendo el desarrollo de enfermedades tan graves como el cáncer, el infarto de miocardio, los procesos neurodegenerativos, el sistema inmunológico y la EHGNA. (Palma Gámiz, 2021).

ANTECEDENTES. Justicia spicigera también conocida como “muicle, o micle”, es originaria de México y otras partes de América central. Pertenece a la familia Acanthaceae, crece en áreas tropicales y subtropicales, como selvas bajas, bosques secos o cerca de cultivos. Presenta una forma en arbusto perenne alcanzando los 2 metros de altura, sus hojas son simples, opuestas, lanceoladas de color verde oscuro y con textura áspera. Las flores son de color anaranjado o rojo intenso, tubulares y aparecen en racimos. (UNAM, 2018). Justicia spicigera, ha sido aplicada en la medicina tradicional, durante varios siglos; las personas a lo largo de la historia, lo han usado para curar padecimientos como; dolores de estómago, anemia, fiebre y afecciones de la piel; aunado a lo anterior, estudios científicos han demostrado dichas propiedades medicinales además de demostrar regulación de los niveles de glucosa en sangre, actividad ansiolítica, citotóxica y sobre todo antioxidante. Por otro lado, se ha reportado que diferentes especies del género Justicia tienen propiedades medicinales y esto se debe a la presencia de sus metabolitos secundarios. (Guzmán Gallardo, 2023). Los metabolitos secundarios que produce esta planta son de tipo fenólico, como taninos, lignanos y flavonoides. (Martínez, 1996). En un estudio reciente, se demostró que el extracto etanólico de Justicia spicigera presenta actividad antioxidante in vitro y en hígado de ratas con EHGNA, debido al contenido de polifenoles totales extraídos, disminuyendo el efecto del estrés oxidativo y ejerciendo un efecto a

OBJETIVO. Evaluar la actividad de la fracción etanólica de Justicia spicigera en hígado de ratas inducidas a un modelo de higado graso no alcohólico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Evaluar la actividad antioxidante in vitro (anti-DDPH) y (ABTS) de los metabolitos secundarios de alta polaridad de Justicia Spicigera. Evaluar la actividad de la enzima antioxidante catalasa y el tripéptido glutatión en hígado.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este proyecto fue realizado en el Laboratorio de Bioquímica del edificio B3 del instituto de investigaciones Químico- Biológicas de la UMSNH. Las coordenadas geográficas de la recolección de las hojas de Justicia spicigera son [Latitud: 19° 41’ 56’’, norte, longitud: 101° 13’ 43’’ oeste]. El extracto de la planta se preparo a una relación 1:30 (p/v) con etano al 96°l, posteriormente se fracciono en un embudo de separación utilizando solventes de baja y mediana polaridad, para la obtención de la fracción etanólica. Se determino la actividad antioxidante in vitro (anti- DDPH) de los metabolitos secundarios de alta polaridad de la fracción etanólica de Justicia spicigera con el fin de neutralizar el radical libre 2,2-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). Así mismo se evaluó el % del efecto de eliminación de ABTS, caracterizado por presentar 2 cationes radical (hidrogeno, electrones), con el propósito de agregar el antioxidante y generar una reacción de equilibrio (azul transparente)
Se emplearon modelos biológicos; ratas Wistar macho, siguiendo el protocolo de cuidado y manejo de animales de experimentación gestionado por la secretaria de Agricultura (NOM-062-ZOO1999) y aprobado por el Comité de Bioética y Bioseguridad del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás

de Hidalgo. Se evaluaron 4 grupos de ratas Grupo 1: control, Grupo 2: control administrado con fracción etanólica, Grupo 3: hígado graso, y Grupo 4: hígado graso administrado con fracción etanólica. A los grupos con EHGNA se les administro una dieta alta en grasas, mientras que los grupos control una dieta estándar para roedores, con un periodo de tiempo de 60 días. La administración de la fracción etanólica de Justicia spicigera fue a una dosis de 50 mg/kg. Al final del tratamiento se realizó el sacrifico de las ratas, y la obtención del hígado homogenado y mitocondrias de este. Para finalmente realizar las determinaciones in vivo de la actividad de la enzima catalasa y el tripéptido glutatión.

RESULTADOS.

Pruebas in vitro. Concentración inhibitoria de la fracción etanólica de Justicia spicigera. Se demostró la actividad reductora de los radicales libres expresado como IC50, para neutralizar el 50% de los radicales de DDPH y ABTS en muestras de ensayo. Cuantos más bajos sean los valores IC50, mayor será la capacidad de neutralizar radicales DPPH y ABTS de los antioxidantes. (Fig.1)

Fracción del extracto etanólico de Justicia spicigera (EEJS)	Prueba antioxidante	Concentración inhibitoria media (IC50) mg/mL	R2
Extracto crudo (EEJS)	DPPH•	0,0751	0,9929
	ABTS•+	0,0222	0,9418
Fracción etanólica del EEJS	DPPH•	0,0553	0,9473
	ABTS•+	0,0641	0,9547
Fracción de acetato de etilo del EEJS	DPPH•	1,0087	0,9815
	ABTS•+	0,3054	0,9164
Fracción hexánica del EEJS	DPPH•	0,7961	0,9363
	ABTS•+	0,1632	0,9210

***Figura 1**.- Efecto de la fracción etanólica de Justicia spicigera sobre la actividad antioxidante in vitro (anti-DPPH) y (ABTS). Resultados expresados como la media ± DS. ANOVA, post hoc Tukey.*

Prueba in vivo. % de la actividad de la enzima catalasa. Se evaluó la actividad de la enzima catalasa en las mitocondrias del hígado en un modelo de ratas Wistar, el resultado observado indica una mayor actividad de la enzima por la generación de los productos de peróxido de hidrógeno, agua y oxígeno. (Fig. 2)

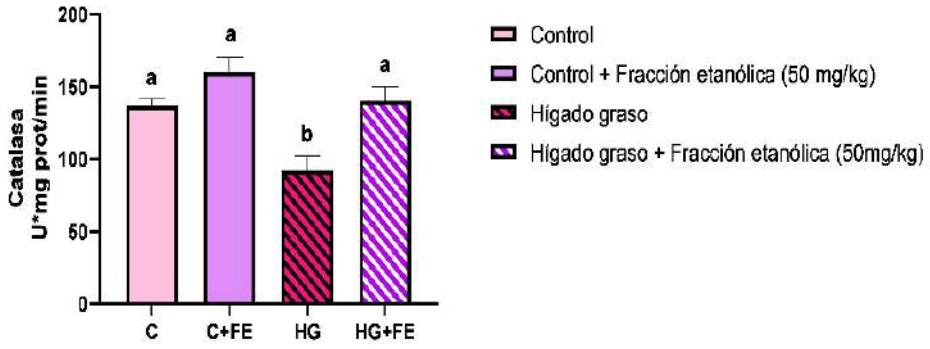
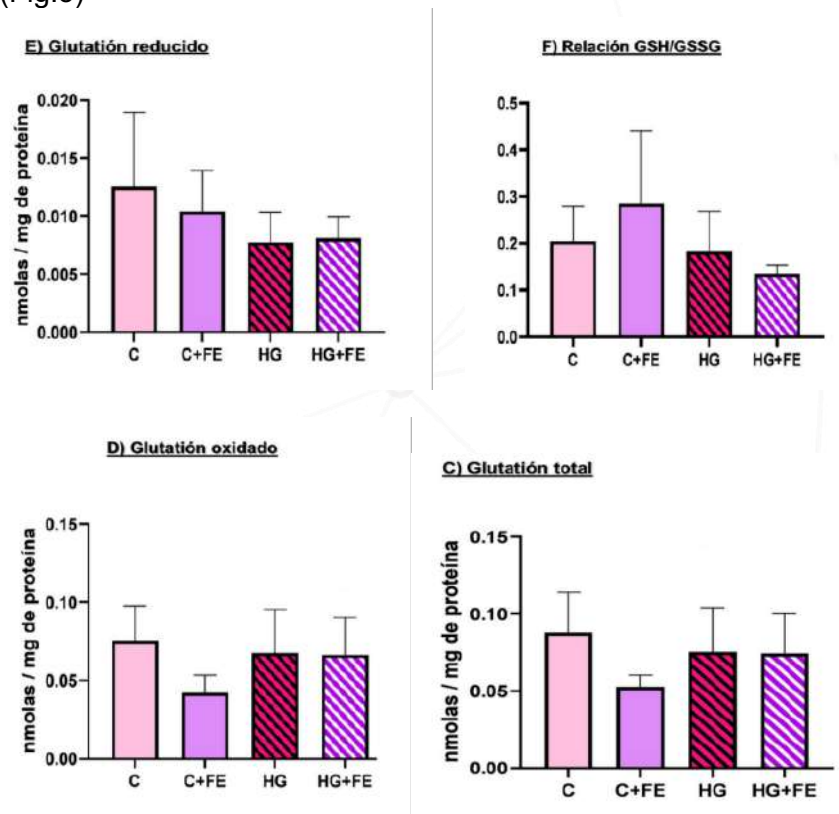


Figura 2. *Efecto de la fracción etanólica de Justicia spicigera sobre la actividad de la enzima catalasa. Los valores presentados fueron analizados mediante la prueba ANOVA y se utilizó la prueba de comparación de Tukey.*

Prueba in vivo. Niveles del tripéptido glutatión. Se evaluaron los niveles de glutatión en mitocondrias del hígado de ratas Wistar, con el propósito de dilucidar un cambio en la generación del tripéptido (inciso c) y la actividad de la enzima glutatión peroxidasa mediante la formación de glutatión oxidado GSSG (inciso d) y de glutatión reductasa por su reducción a glutatión reducido GSH (inciso e) cabe señalar que un aumento en la tasa GSH/GSSG indica una mejora en la homeostasis de glutatión y por tanto la disminución del estrés oxidativo.
(Fig.3)



CONCLUSIONES. Los metabolitos secundarios presentes en la fracción etanólica del extracto etanólico de Justicia spicigera presentaron un efecto antioxidante en las pruebas in vitro e in vivo. La fracción etanólica de Justicia spicigera se convierte en un potencial tratamiento para la enfermedad del hígado graso no alcohólico.

REFERENCIAS.

1. Alcántara Melchor, Maricela. (2010). Obtención y evaluación de la actividad antioxidante de extracto de "Justicia spicigera".
2. Ariel E. Feldstein. (2024) Enfermedad por higado graso. https://gi.org/patients/recursos-en-espanol/enfermedad-por-higado-graso/
3. Bernal-Reyes, R., Castro-Narro, G., Malé-Velázquez, R., Carmona-Sánchez, R., González-Huezo, M. S., García-Juárez, I., ... & Velasco, J. V. R. (2019). Consenso mexicano de la enfermedad por hígado graso no alcohólico. Revista de Gastroenterología de México, 84(1), 69-99.
4. http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/4172
5. Lizardo, M., López, M., González-Mayo, G., Triana, L., Smith, M., Tovar, A., & Vicci, H. (2017). ENZIMAS ANTIOXIDANTES.Comunidad y Salud, 15(2), 1-13.
6. Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. International journal of molecular sciences, 22(7), 3380.
7. Murillo-Villicaña, M., Noriega-Cisneros, R., Peña-Montes, D. J., Huerta-Cervantes, M., Aguilera-Méndez, A., Cortés-Rojo, C., ... & Saavedra-Molina, A. (2022). Antilipidemic and Hepatoprotective Effects of Ethanol Extract of Justicia spicigera in Streptozotocin Diabetic Rats. Nutrients, 14(9), 1946.
8. R. Bernal-Reyesa, G. Castro-Narrob, R. Malé-Velázquezc, R. Carmona-Sánchez.(2019). Conseso mexicano de la enfermedad por higado graso no alcoholico. https://www.revistagastroenterologiamexico.org/es-consenso-mexicano-enfermedad-por-higado-articulo-S0375090618301794
9. UNAM (2021). Justicia spicigera. Revista digital de la medicina tradicional mexicana. https://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/apmtm/termino.php?l=3&t=justicia-spicigera

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CP0524126**

EFECTOS DE LA HIPERGLUCEMIA SOBRE LA CONDUCTA MATERNA EN RATAS SPRAGUE DAWLEY

Cruz Ignacio González García[1], Rosalio Mercado Camargo[2], Luz Torner[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1800427d@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rosalio.mercado@umich.mx
3 Centro de Investigaciones Biomédicas IMSS; luz_torner@yahoo.com

Palabras Clave: Conducta materna, Hiperglucemia, Gestación.

RESUMEN. La conducta materna se refiere a las acciones que una madre adopta en el cuidado de su descendencia. Existen factores que afectan a la madre y con ello también se afectan los cuidados hacia su progenie, tales como la hiperglucemia que se puede presentar durante el embarazo como diabetes gestacional. El objetivo del trabajo es demostrar si existen alteraciones en la conducta materna debido a la hiperglucemia. Se emplearon ratas hembra Sprague dawley, las cuales se inyectaron al noveno día de gestación y se distribuyeron en 3 grupos: Control, inyectadas con solución vehículo o con 35 y 40 mg/Kg de estreptozotocina, respectivamente. Se determinaron sus niveles de glucosa durante los días 1, 9,11 y 15 de gestación. Durante los días 1, 2 y 3 postparto, se observó la conducta materna cada dos horas por periodos de 30 minutos, 5 veces en el periodo de luz y una en el de oscuridad. De acuerdo a los resultados preliminares, los valores de glucosa en los grupos inyectados con estreptozotocina fueron 3 veces mayores en comparación con el grupo control. En las pruebas de conducta materna observamos que el amamantamiento en los grupos con hiperglucemia disminuyeron en un 36.6%, en las acciones dirigidas a sus crías se observó una disminución del 75% y 55% en el grupo tratado con 35 mg/Kg y 40 mg/Kg de estreptozotocina respectivamente en comparación al grupo control. Por último, en las acciones de la madre independientes de sus crías, se registró que los grupos con hiperglucemia fueron 3 veces mayores que las ratas normo glucémicas. Esto sugiere que la hiperglucemia durante el periodo de gestación y maternidad es una condición limitante para poder desempeñar una conducta materna adecuada.

INTRODUCCIÓN. En los mamíferos, el momento del nacimiento es crucial debido a la dependencia y a las necesidades de las crías relacionadas con la madre (Li et al., 2004). Esto debido a que el cuidado materno es una conducta altamente conservada en la evolución.La madre y su descendencia forjan un fuerte vínculo después del parto, lo que desencadena un conjunto de acciones asociadas a las crías, lo cual asegura la sobrevivencia de la especie (Agrati & Uriarte, 2023). La maternidad está estrechamente relacionada con un gran número de adaptaciones mediadas por procesos fisiológicos y neuroendocrinos que permiten que al concluir el parto la hembra realice eficazmente el cuidado de sus crías (Miller & Lonstein, 2005). Éstos a su vez, se manifiestan debido a las fluctuaciones hormonales que están asociadas al embarazo y el parto, contribuyendo a la activación del sistema neuronal encargado de coordinar la respuesta maternal inmediata (Numan, 2006).

A partir del momento del parto, la madre hace propia de la tarea de convertirse en la principal fuente de protección, calor y alimentación inicial de sus crías a través de la lactancia, ya que las crías no pueden sobrevivir sin leche y los cuidados maternos adecuados (Pereira & Morrell, 2011). En el caso específico de las ratas y algunas otras especies, las madres realizan la labor de construir un nido en un lugar seguro en el cual las crías estén protegidas frente a cualquier peligro, congéneres y depredadores (Numan, 1974). Dentro de las acciones directas realizadas por las ratas hembras con sus crías, se tiene bien establecido que el acarreo o recuperación de las crías que desplazaron del nido, el lamido, el acomodo de las mismas dentro del nido y, eventualmente, el adoptar una postura que refleja la acción de amamantamiento, son acciones que expresan que el comportamiento de la madre es el adecuado para dar abasto a las necesidades de las crías (Ho et al., 2013). Para que el desarrollo y la crianza de las crías sean exitosos, se requiere de un proceso de retroalimentación continuo mediado por información sensorial y el aprendizaje que va obteniendo la madre para ajustar las conductas maternas apropiadas a las habilidades conductuales y necesidades fisiológicas particulares de las crías en desarrollo (Pereira & Morrell, 2011; Numan, 1974; Stern & Keer, 1999). Por lo cual es evidente que la conducta materna requiere de una coordinación entre los sistemas sensoriales, cognitivos, fisiológicos, hormonales y motores para adaptar su conducta para la supervivencia, desarrollo y bienestar de las crías (Pereira & Morrell, 2011). La diabetes gestacional es una complicación grave del embarazo, en la que las madres sin diabetes previamente diagnosticada desarrollan una intolerancia a los carbohidratos que comienza o se diagnostica por primera vez durante el embarazo, lo cual resulta en hiperglucemia crónica durante la gestación y normalmente desaparece después del parto (Gracia & Olmedo, 2017). Esto suele ocurrir cuando el cuerpo no puede producir suficiente insulina o cuando las células no responden adecuadamente a la insulina (Kautzky-Willer & Harreiter, 2016). Los niveles altos de glucosa en las gestantes están estrechamente relacionados con un aumento en riesgo de padecer depresión y con ello verse afectada la conducta materna (Fischer & Morales-Suárez-Varela, 2023).

ANTECEDENTES. Estudios realizados en roedores diabéticos muestran déficits conductuales, una neurogénesis disminuida y neuroplasticidad alterada, los cuales se asemejan a las complicaciones que experimentan los humanos con diabetes con tasas más altas de deterioro cognitivo y depresión. Esto se observa en estudios como el realizado por Zhao y cols.,(2022) en el que reportaron que después del parto, se encontró que algunas de las madres del grupo con altos niveles de glucosa se negaban a alimentar a sus crías. Existe evidencia en pacientes que demuestran que la diabetes aumenta el riesgo de desarrollar depresión, y a su vez, la depresión puede aumentar el riesgo de desarrollar diabetes (Golden, 2008). Se ha observado que el diagnóstico de diabetes gestacional puede conducir a un mayor riesgo de depresión, tanto durante el embarazo como en el período posparto, y un historial de depresión o síntomas de depresión durante el embarazo pueden conducir a un mayor riesgo de diabetes gestacional, dando lugar a una relación bidireccional entre diabetes gestacional y depresión (Fischer & Morales-Suárez-Varela, 2023). Esto va de la mano con la disminución de ciertas conductas relacionadas al vínculo madre-descendencia, como lo reportado por Nguyen et al. (2019), relacionando una disminución en el amamantamiento realizado por la madre debido a la presencia de una hiperglucemia dada por la diabetes gestacional.

OBJETIVO. El objetivo del presente trabajo fue observar si existe alguna relación entre niveles de hiperglucemia elevados y una conducta materna deficiente en ratas de la cepa Sprague dawley por medio de la inducción de diabetes gestacional por estreptozotocina.

MATERIALES Y MÉTODOS.

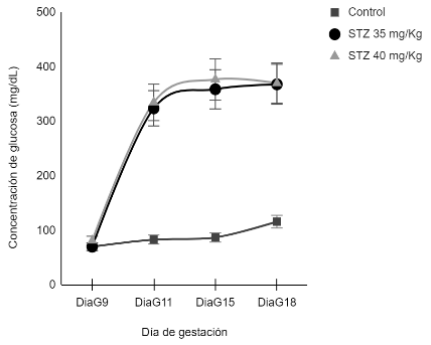
Modelos biológicos. Se utilizaron ratas hembras gestantes de la cepa Sprague dawley, y se mantuvieron en un fotoperiodo de 12h luz: 12h oscuridad. Se distribuyeron en 3 grupos (n=3): Control, Inyectadas con 35 mg/Kg de estreptozotocina (STZ) e inyectadas con 40 mg/Kg de (STZ). Todos los procedimientos experimentales cumplieron con los reglamentos publicados por la Norma Oficial Mexicana para el uso y cuidado de animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999).

Modelo de diabetes gestacional. Al día 9 de gestación, las ratas recibieron una inyección intraperitoneal de STZ, diluida en Buffer fresco de citratos (pH 4.5), de acuerdo a la concentración establecida para cada grupo.

Determinación de glucosa. Se determinaron los niveles de glucosa antes, durante y después de la gestación con un glucómetro comercial (Accu-Chek ® Active).

Evaluación de conducta materna. Elementos de la conducta materna: Se evaluó durante los días 1, 2 y 3 postparto. Se observará la conducta materna cada dos horas por periodos de 30 minutos, 5 veces en el periodo de luz y una en el de oscuridad. Se valora la frecuencia de conductas dirigidas hacia las crías como el lamido anogenital y lamido general y posturas de amamantamiento, lomo arqueado, tipo cobija y yaciendo de lado, acarreo de crías, y construcción de nido. Evaluamos también conductas relacionadas directamente hacia ellas mismas (sin crías), como la frecuencia de tiempo comiendo, bebiendo, acicalándose, descansando, o explorando.

RESULTADOS. De acuerdo a los resultados preliminares obtenidos, los valores mostrados en la Fig.1 de glucosa, los grupos inyectados con STZ fueron 3 veces mayores en comparación con el grupo control mostrando valores de hiperglucemia superiores a los 350 mg/dL en estos grupos.De acuerdo a las pruebas de conducta materna realizadas (Fig.2, Fig.3 y Fig.4), se evidencia que esa se ve disminuida en los grupos inyectados con STZ. En la Fig.2 observamos que la frecuencia de amamantamiento en los grupos con hiperglucemia disminuyó significativamente ($p<0.020$) en un 36.6% en comparación al control. En la Fig.3 se muestra que las acciones dirigidas a sus crías disminuyeron significativamente ($p<0.010$) en un 75% y 55% en los grupos tratados con 35 mg/Kg y 40 mg/Kg de STZ respectivamente en comparación al grupo control. Por último, en la Fig.4 que representa las frecuencias de acciones de la madre independientes de sus crías, se registró que los grupos con hiperglucemia fueron 3 veces mayores que las ratas normo glucémicas.



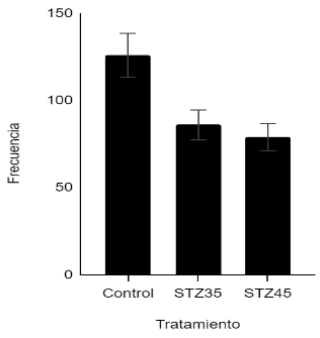


Figura 1. *Curva de niveles de glucosa de los grupos control, inyectadas con estreptozotocina empleando concentraciones de 35 (STZ35) y 40 mg/Kg de peso (STZ40)* **.**

Figura 2. *Gráfico de frecuencia de amamantamiento de los grupos control, inyectadas con estreptozotocina empleando concentraciones de 35 (STZ35) y 40 mg/Kg de peso (STZ40) *P<0.05 vs Control*

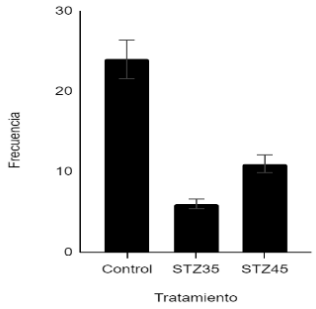


Figura 3. *Gráfico de frecuencia de acciones dirigida a crías de los grupos control, inyectadas estreptozotocina con empleando concentraciones de 35 (STZ35) y 40 mg/Kg de peso (STZ40) *P<0.05 vs Control*

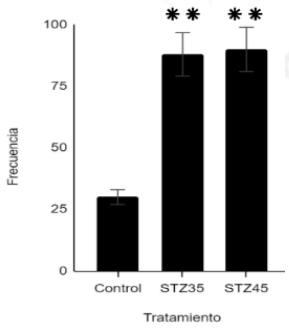


Figura 4. *Gráfico de frecuencia de acciones de la madre independientes de sus crías de los grupos control, inyectadas estreptozotocina con empleando concentraciones de 35 (STZ35) y 40 mg/Kg de peso (STZ40)**P<0.01 vs Control*

CONCLUSIONES. Los resultados preliminares obtenidos sugieren que la hiperglucemia durante el periodo de gestación y maternidad es una condición limitante para poder desempeñar una conducta materna adecuada.

REFERENCIAS.

1. Agrati, D., & Uriarte, N. (2023). What can challenging reproductive contexts tell us about the rat's maternal behavior?. Frontiers in behavioral neuroscience, 17, 1239681. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1239681
2. Fischer, S., & Morales-Suárez-Varela, M. (2023). The Bidirectional Relationship between Gestational Diabetes and Depression in Pregnant Women: A Systematic Search and Review. Healthcare (Basel, Switzerland), 11(3), 404. https://doi.org/10.3390/healthcare11030404
3. Golden, S. H., Lazo, M., Carnethon, M., Bertoni, A. G., Schreiner, P. J., Diez Roux, A. V., Lee, H. B., & Lyketsos, C. (2008). Examining a bidirectional association between depressive symptoms and diabetes. JAMA, 299(23), 2751–2759. https://doi.org/10.1001/jama.299.23.2751
4. Ho, N., Sommers, M. S., & Lucki, I. (2013). Effects of diabetes on hippocampal neurogenesis: links to cognition and depression. Neuroscience and biobehavioral reviews, 1346–1362. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.03.010
5. Kautzky-Willer, A., & Harreiter, J. (2016). Sex and gender differences in therapy of type 2 diabetes. Diabetes Research and Clinical Practice, 11
6. Li, M., Davidson, P., Budin, R., Kapur, S., & Fleming, A. S. (2004). Effects of typical and atypical antipsychotic drugs on maternal behavior in postpartum female rats. Schizophrenia research, 69–80. https://doi.org/10.1016/j.schres.2003.09.013
7. Miller, S. M., & Lonstein, J. S. (2005). Dopamine d1 and d2 receptor antagonism in the preoptic area produces different effects on maternal behavior in lactating rats. Behavioral neuroscience, 1072–1083. https://doi.org/10.1037/0735-7044.119.4.1072
8. Nguyen, P. T. H., Pham, N. M., Chu, K. T., Van Duong, D., & Vamp; Van Do, D. (2019).
9. Gestational Diabetes and Breastfeeding Outcomes: A Systematic Review. Asia-Pacific
10. Journal of public health, 31(3), 183–198. https://doi.org/10.1177/1010539519833497

11. Numan M. (1974). Medial preoptic area and maternal behavior in the female rat. Journal of comparative and physiological psychology, 87(4), 746–759. https://doi.org/10.1037/h0036974
12. Numan M. (2006). Hypothalamic neural circuits regulating maternal responsiveness toward infants. Behavioral and cognitive neuroscience reviews, 163–190. https://doi.org/10.1177/1534582306288790
13. Pereira, M., & Morrell, J. I. (2011). Functional mapping of the neural circuitry of rat maternal motivation: effects of site-specific transient neural inactivation. Journal of neuroendocrinology, 23(11), 1020–1035. https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2011.02200.x
14. Stern, J. M., & Keer, S. E. (1999). Maternal motivation of lactating rats is disrupted by low dosages of haloperidol. Behavioural brain research, 99(2), 231–239. https://doi.org/10.1016/s0166-4328(98)00108-9
15. Zhao, R., Zhou, Y., Shi, H., Ye, W., Lyu, Y., Wen, Z., Li, R., & Xu, Y. (2022). Effect of Gestational Diabetes on Postpartum Depression-like Behavior in Rats and Its Mechanism. Nutrients, 14(6), 1229. https://doi.org/10.3390/nu14061229

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524127

LA IL-6 INDUCE PROPIEDADES METASTÁSICAS EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA LUMINAL MEDIANTE EL RECEPTOR GPR30

Ana Carolina Tirado-Garibay[1], Betzabe Ruiz-Barcenas[1], Julia Isabel Rescala-Ponce de León[1], Alejandra Ochoa-Zarzosa[1] y Joel E. López-Meza[1]

Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología – FMVZ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Mich., CP. 58893, México. E-mail: 1050629h@umich.mx

Palabras Clave: MCF-7, PTX, G15, transición epitelio-mesénquima, estradiol, IL-6.

RESUMEN. El cáncer de mama es una problemática a nivel mundial. El subtipo luminal A (fenotipo epitelial) es el de mayor incidencia; mientras que el subtipo triple negativo es el más agresivo debido a su fenotipo mesenquimal. La citocina IL-6, presente en el microambiente tumoral, induce la transición epitelio-mesénquima (TEM) de células luminales promoviendo la metástasis; además, se ha implicado en la resistencia al tamoxifeno (TMX). Por otro lado, el receptor GPR30 es un receptor alternativo para la hormona 17β-estradiol (E2) y se ha relacionado con la progresión del cáncer de mama luminal. La participación del GPR30 e IL-6 en la metástasis se han establecido individualmente; sin embargo, su interacción sigue sin explorarse. Este estudio tiene como objetivo dilucidar el papel del receptor GPR30 en las propiedades metastásicas inducidas por IL-6 en células MCF-7 de cáncer de mama luminal. Los resultados indican que el receptor GPR30 regula la proliferación inducida por E2 e IL-6 en las células de cáncer de mama. Además, el receptor GPR30 regula a la alza los niveles de vimentina en las células MCF-7 estimuladas con IL-6. Asimismo, el receptor GPR30 participa en la migración e invasión (basal y estimulada por IL-6) de células luminales y triple negativas, ya que el antagonista G15 (específico de GPR30) y la toxina PTX (inhibidor de la proteína Gai) bloquean estas propiedades metastásicas. Estos resultados sugieren que el receptor GPR30 participa en la TEM inducida por IL-6. Sin embargo, es necesario analizar la vía de señalización para identificar posibles dianas terapéuticas.

INTRODUCCIÓN. El cáncer es un conjunto de enfermedades con origen multifactorial que se caracteriza por una proliferación sostenida y el desarrollo de metástasis (Hanahan, 2022). El cáncer de mama es el de mayor incidencia a nivel mundial (Globocan, 2024). El subtipo luminal es el de mayor frecuencia, este tiene un fenotipo epitelial y la sobre expresión del receptor de estrógenos alfa (ER-α), el cual es activado por la hormona 17β-estradiol (E2) favoreciendo propiedades neoplásicas. Por otro lado, el subtipo triple negativo es el más agresivo debido a su fenotipo mesenquimal que le permite desarrollar metástasis sin estimulación externa. La IL-6 promueve la TEM en células de cáncer de mama epitelial, favoreciendo su migración, invasión y cambio de fenotipo (Dittmer et al., 2020). Así mismo, se ha reportado que esta citocina induce el desarrollo de resistencia a TMX, fármaco empleado contra el cáncer de mama tipo luminal (Tsoi et al., 2021). Además, se ha observado un aumento en los niveles del receptor de estrógenos acoplado a proteínas G (GPR30) en células resistentes a TMX, así como en tumores mamarios en estadio

avanzado, relacionando este receptor con la progresión de esta patología (Xu et al., 2019). El GPR30 es un receptor alternativo al ER-α con actividad tejido específica que puede ser activado tanto por el E2 como el TMX (Tirado-Garibay et al., 2023). Este receptor puede estar acoplado a proteínas Gα activadoras e inhibitorias, y al igual que la IL-6, su participación en las propiedades metastásicas del cáncer de mama ha sido estudiada de forma individual. Con base en la relevancia de ambos elementos en la progresión cancerosa, en el presente trabajo se analizó si este receptor regula las propiedades metastásicas inducidas por IL-6 en células de cáncer de mama luminal.

ANTECEDENTES. Se ha demostrado que la IL-6 promueve la TEM en células de cáncer de mama luminal (Dittmer et al., 2020), así como la resistencia a TMX (Tsoi et al., 2021). El GPR30 es un receptor alternativo de E2 el cual promueve esta resistencia y se relaciona con la progresión del cáncer de mama (Xu et al., 2019). Se han explorado los papeles individuales de la IL-6 y el GPR30 en las propiedades metastásicas del cáncer de mama, pero se desconoce una vinculación entre éstos. Por lo anterior, se sugiere que el GPR30 interviene en las propiedades metastásicas inducidas por IL-6 en células de cáncer de mama luminal.

OBJETIVO. Determinar si la IL-6 induce propiedades metastásicas en células de cáncer de mama luminal mediante el receptor GPR30.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Cultivo celular: MCF-12, MCF-7, R-TMX y MDA-MB-23. Las células MCF-7 y MCF-12 fueron cultivadas en medio F12 con rojo de fenol suplementado con suero fetal bovino (5%), suero de ternera (5%), penicilina/estreptomicina (1%) y anfotericina B (0.05%). Mientras que en las células R-TMX (resistentes a tamoxifeno) se adicionó tamoxifeno (TMX) 1 µM. Las células MDA-MB-231 se cultivaron con medio DMEM suplementado con la composición mencionada inicialmente, adicionando L-glutamina (0.05%). Los cuatro tipos celulares fueron cultivados a 37 °C y 5% de CO_2. Las líneas celulares fueron tratadas con los vehículos DMSO (0.05%) y etanol (0.005%) como controles. Los tratamientos consistieron en una exposición individual o conjunta con E2 (10 nM), IL-6 (50 ng/mL), toxina PTX (100 ng/mL), el antagonista G15 (0.625 µM) y el inhibidor proteosomal MG132 (0.3 µM).

Proliferación celular. Se cultivaron 10,000 células/pozo de las líneas MCF-12, MCF-7 y R-TMX, y 20,000 células/pozo de la línea MDA-MB-231 en placas de 96 pozos durante 24 h. Luego fueron sincronizadas con medio F12 sin rojo fenol y sin suplementar durante 18 h. Posteriormente se adicionaron los tratamientos, se dejaron actuar 24 h (MCF-12, MCF-7 y R-TMX) o 48 h (MDA-MB-2321) y se recuperaron las células con tripsina (0.04%). Se realizó una dilución 1:1 de la suspensión celular con azul tripano al 0.4% y se cuantificaron las células totales, vivas y el porcentaje de viabilidad en un contador celular automático Bio-Rad. Los datos se reportan respecto a las células tratadas con el vehículo.
Migración: Ensayo de cierre de herida. Se cultivaron 80,000 células/pozo en placas de 24 pozos por 24 h. Pasado el tiempo se sincronizaron durante 16 h. Posteriormente se adicionó mitomicina C (4 µg/mL) por 2 h. Luego, sin retirar el medio, se realizaron las heridas con una punta de 200 µL y se colocaron los tratamientos. Se capturaron imágenes de las heridas a las 0, 6, 12, 24 y 48 h mediante un microscopio invertido (4X). Finalmente,

las imágenes se analizaron con el software ImageJ v1.8.0, donde se midió el área de la herida con la herramienta “wound healing”.

Invasión: Cámara de Transwell. Se colocaron 100 µL de matrigel (1.25 mg/mL) en los insertos de las placas Transwell de 8 µm y se incubaron a 37°C por 24 h. Pasado el tiempo se recuperaron las células con tripsina (0.04%) y se colocaron 25,000 células en un volumen de 20 µL sobre la matrigel polimerizada. Se pusieron los tratamientos correspondientes en la placa de 24 pozos, y sobre los pozos se posicionaron los insertos Transwell. Luego se incubaron a 37°C y 5% de CO_2 durante 24 h. Pasado el tiempo se retiró el matrigel y se tiñeron las células con cristal violeta (0.04%). Se capturaron las imágenes utilizando un microscopio invertido con los objetivos 4X y 10X. Las imágenes se utilizaron para realizar un conteo de las células invasivas con el apoyo del software ImageJ v1.8.0.
Citometría de flujo. Se cultivaron 80,000 células/pozo de las líneas MCF-7 o R-TMX en placas de 24 pozos por 24 h. A continuación se sincronizaron durante 18 h, y posteriormente fueron estimuladas con los tratamientos antes mencionados por 48 h. Pasado el tiempo se recuperaron las células con tripsina (0.04%), se fijaron con metanol absoluto y se permeabilizaron con Tween 20 (0.5%). Se incubaron toda la noche a 4°C con los anticuerpos: anti-vimentina 1:500 (SC-6260), anti-citoqueratina 18 1:500 (SC-32329) y anti-GPR30 1:1000 (ab39742). Posteriormente se incubaron con los anticuerpos secundarios: anti-ratón IgG Fab2 Alexa Fluor 488 (4408S) o anti-conejo IgG Fab2 PE (8885S) 1:500 por 2 h en oscuridad, y finalmente se analizaron en un citómetro BD Accuri C6 programado a 10,000 eventos por ensayo. Los datos fueron analizados en los software FlowJo v10 y GraphPad v8.

RESULTADOS. La proliferación sostenida es una de las características del cáncer, razón por la cual se evaluó el efecto del E2 e IL-6 en esta propiedad. Los resultados indican que la proliferación de las células de mama sana (MCF-12) no fue afectada por los tratamientos (datos no mostrados). Por otro lado, la hormona E2 promovió la proliferación de las células MCF-7 de cáncer de mama luminal, efecto que fue regulado negativamente por una vía proteosomal, ya que el inhibidor proteosomal MG132 restauró la inducción proliferativa del E2 (**Fig. 1a**). La proliferación celular de la variante de MCF- resistente a TMX (R-TMX) y las células triple negativas (MDA-MB-231) fue estimulada por la IL-6 pero no por el E2 (datos no mostrados). Estos efectos proliferativos fueron inhibidos por G15 (**Fig. 1b**), el antagonista del GPR30, y la toxina *pertussis* (PTX) (**Fig. 1c**), indicando que el GPR30 regula la proliferación inducida por E2 e IL-6 en células de cáncer de mama.
Figura 1. El GPR30 regula la proliferación inducida por E2 en células de cáncer de mama luminal. La proliferación de las células MCF-7 fue evaluada a las 24 h de tratamiento mediante ensayos de exclusión de azul tripano. Vehículo (DMSO al 0.005% y etanol al 0.05%), E2 (10 nM), IL−6 (50 ng/mL), MG132 (0.3 µM) en forma **a)** individual y en conjunto con **b)** G15 (0.625 µM) y **c)** PTX (100 ng/mL). Cada barra muestra la media de tres experimentos independientes ± SE. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de los tratamientos (ANOVA de una vía y post hoc Tukey, $p \leq 0.05$). n.s. = no significativo.
Por otro lado, se ha reportado que la IL-6 promueve la TEM en células de cáncer de mama luminal, por lo que se evaluó los niveles de citoqueratina 18 (marcador epitelial) y vimentina (marcador mesenquimal) en células MCF-7 y R-TMX. La citocina incrementó los niveles de

vimentina en células MCF-7 (**Fig. 2a**). Además, GPR30 regula este incremento debido a que su inhibición con G15 y PTX restauró los niveles basales de vimentina en estas células (**Fig. 2a**). El mismo efecto fue observado en las células R-TMX (datos no mostrados). Asimismo, los niveles de citoqueratina 18 disminuyeron levemente y los inhibidores restauraron sus niveles basales (datos no mostrados). Además, los niveles intracelulares del receptor GPR30 (basales o estimulados por IL-6) fueron regulados por G15 y PTX en las células MCF-7 (**Fig. 2b**) y R-TMX (datos no mostrados), siendo incluso mayores que los de las células MCF-7.

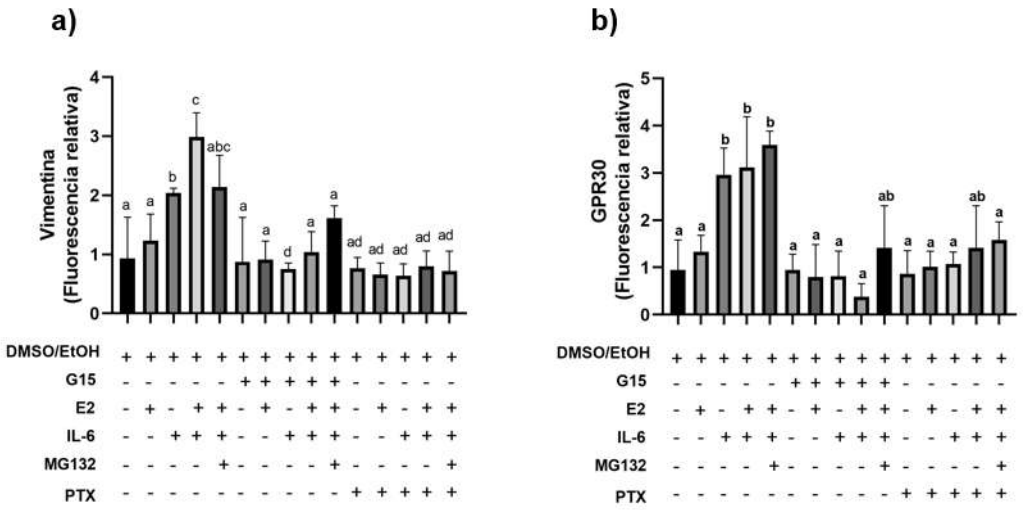


Figura 2. *Expresión de vimentina y niveles intracelulares de GPR30 regulados por IL-6 en células de cáncer de mama. Los niveles de* ***a****) vimentina y* ***b****) GPR30 de las células MCF-7 fueron evaluados mediante citometría de flujo a las 48 h de exposición al vehículo (DMSO al 0.005% y etanol al 0.05%), E2 (10 nM), IL−6 (50 ng/mL), MG132 (0.3 μM) en forma individual y en conjunto con G15 (0.625 μM) y PTX (100 ng/mL). Cada barra muestra la media de tres experimentos independientes ± SE. Se colectaron 10,000 eventos. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de los tratamientos (ANOVA de una vía y post hoc Tukey, p ≤ 0.05). n.s. = no significativo.*

Es conocido que el aumento en los niveles de vimentina se relaciona con la migración e invasión celular, por lo que estas propiedades fueron evaluadas en las diferentes líneas celulares. La IL-6 promovió la migración (**Fig. 3a**) y la invasión (**Fig. 3b**) de las células MCF-7; sin embargo, estos efectos fueron revertidos por la inhibición del GPR30. Se observó un comportamiento similar en las células R-TMX y MDA-MB-231, mientras que las células MCF-12 no mostraron cambios ante ningún tratamiento (datos no mostrados).

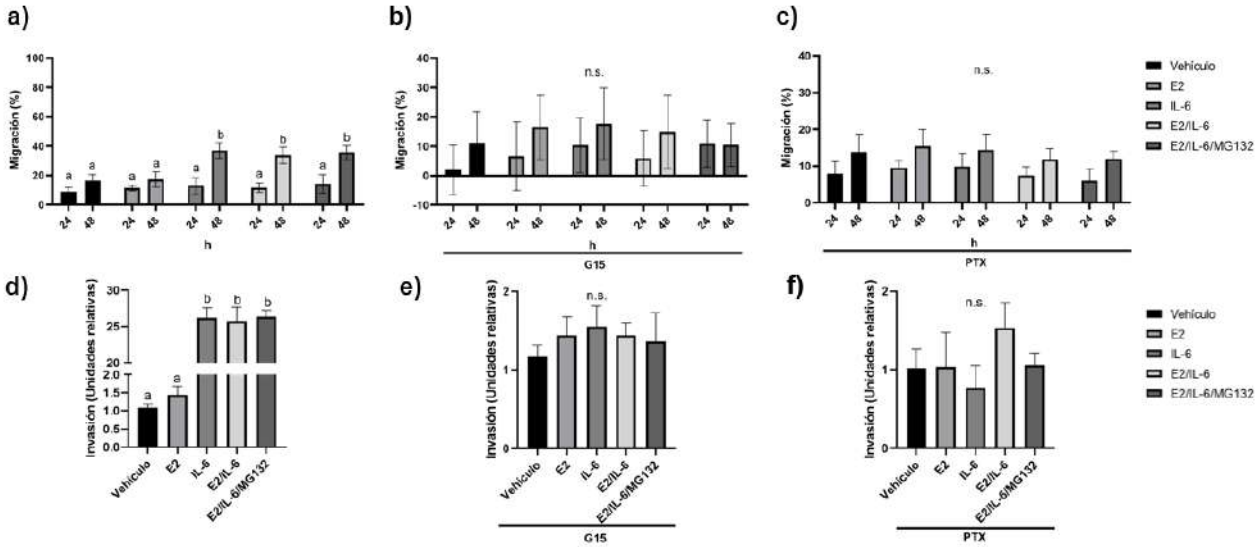


***Figura 3**. El GPR30 regula la migración e invasión inducidas por IL-6 en células de cáncer de mama luminal. Las células MCF-7 fueron expuestas al vehículo (DMSO al 0.005% y etanol al 0.05%), E2 (10 nM), IL−6 (50 ng/mL), MG132 (0.3 μM) en forma individual y en conjunto con G15 (0.625 μM) y PTX (100 ng/mL) por 48 h. Se evaluó la migración celular por ensayo de cierre de herida (**a,b y c**). La invasión celular fue evaluada a las 24 h (**d, e, f**) mediante cámaras Transwell. Cada barra muestra la media de tres experimentos independientes ± SE. Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de los tratamientos. ANOVA de dos vías (migración) y ANOVA de una vía (invasión) post hoc Tukey, p ≤ 0.05. n.s. = no significativo.*

CONCLUSIONES. Los resultados indican que el receptor GPR30 regula la migración y la invasión celular inducidas por IL-6 en las células de cáncer de mama luminal MCF-7.

REFERENCIAS.

1. Globocan. (2024). GLOBOCAN 2022: Estimated cancer incidence, mortality, and prevalence worldwide in 2020. Recuperado el 25 de agosto de 2024, de https://gco.iarc.fr/today/en/dataviz/pie?mode=cancer&group_populations=1
2. Dittmer, A. & Dittmer, J. (2020). Carcinoma-associated fibroblasts promote growth of sox2-expressing breast cancer cells. Cancers. 12(11):3435. Doi: 10.3390/cancers12113435
3. Hanahan, D. (2022). Hallmarks of cancer: New dimensions. Cancer Discovery. 12(1):31-46. Doi: 10.1158/2159-8290.CD-21-1059.
4. Tirado-Garibay, A.C., Falcón-Ruiz, E.A., Ochoa-Zarzosa, A. & López-Meza, J.E. (2023). GPER: An estrogen receptor key in metastasis and tumoral microenvironments. International Journal of Molecular Sciences. 24(19):14993. Doi: 10.3390/ijms241914993.
5. Tsoi, H., Man, E.P.S., Chau, K.M. & Khoo, U.S. (2021). Targeting the IL-6/STAT3 signaling cascade to reverse tamoxifen resistance in estrogen receptor positive breast cancer. Cancers. 13, 1511. Doi: 10.3390/cancers13071511
6. Xu, S., Yu, D., Dong, L. & Lee, T. (2019). G protein-coupled estrogen receptor: A potential therapeutic target in cancer. Frontiers Endocrinology. 10, 725. Doi: 10.3389/fendo.2019.00725.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524128

IDENTIFICACIÓN DE MOLÉCULAS CITOTÓXICAS DEL EXTRACTO LIPÍDICO DE LA SEMILLA DE AGUACATE NATIVO MEXICANO

María Guadalupe Pérez Esquivel[1], Marisol Báez Magaña[1], Alejandra Ochoa Zarzosa[1], Alejandra Hernández García[1], Rafael Salgado Garciglia[2] y Joel E. López Meza[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; CMEB, FMVZ 2330749b@umich.mx, mbaez@umich.mx, alejandra.ochoa@umich.mx, elmeza@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; IIQB, alejandra.hernandez@umich.mx, Rafael.salgado@umich.mx

Palabras Clave: Cáncer, aguacate, acetogeninas, melanoma.

RESUMEN. El cáncer en una las principales causas de mortalidad a nivel mundial, y en México es la tercera causa de muerte. Este grupo de enfermedades es tratado principalmente con cirugía, quimioterapia, radioterapia o inmunoterapia; sin embargo, estas estrategias presentan un índice terapéutico bajo y efectos secundarios severos. Por lo anterior, es importante la búsqueda de nuevos compuestos con actividad citotóxica mejorada y dirigida a las células cancerosas. Previamente, el grupo de trabajo ha reportado las actividades citotóxicas de un extracto lipídico de la semilla del aguacate nativo mexicano (LEAS). Este extracto es rico en ácidos grasos y sus derivados, principalmente acetogeninas; no obstante, se desconoce cuál es la molécula responsable de la actividad citotóxica. Este trabajo pretende identificar la(s) molécula(s) responsable(s) de los efectos citotóxicos del extracto. LEAS se obtuvo de la semilla de aguacate mediante una extracción Soxhlet con hexano. Posteriormente, LEAS se fraccionó mediante cromatografía en una columna de sílice utilizando una fase móvil con hexano, acetato de etilo, isopropanol y ácido acético en una proporción de 40:20:5:1. Las fracciones se analizaron mediante cromatografía en capa fina y se identificaron cuatro bandas con factores de retención (RF) de 0.80, 0.68, 0.53, y 0.40. A continuación, se evaluó la citotoxicidad de estas fracciones en la línea celular de melanoma murino B16-F0 mediante ensayos de exclusión por azul tripano. Los efectos más significativos se observaron en la fracción 3 (RF 0.53) a 60 µg/ml, ya que la viabilidad celular disminuyó 50% a las 24 h. De acuerdo al valor de RF de la fracción 3, este resultado sugiere que la citotoxicidad podría atribuirse a las acetogeninas C17. La composición química de la fracción 3 se está determinando mediante GC-MS.

INTRODUCCIÓN. El cáncer es un término utilizado para designar a un amplio grupo de enfermedades, las cuales pueden afectar a cualquier parte del cuerpo. Las células cancerosas se caracterizan principalmente por la multiplicación descontrolada y la capacidad invasiva conocida como metástasis (OMS, 2022). El cáncer se ha transformado en una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial. En México los tumores malignos son la tercera causa de muerte, siendo el cáncer de mayor incidencia el cáncer de mama, colon y pulmón (GLOBOCAN, 2022). Este grupo de enfermedades es tratado principalmente con tratamientos convencionales como la cirugía, quimioterapia y radioterapia; sin embargo, estos provocan efectos secundarios adversos. Debido a esto se ha incrementado la importancia de obtener nuevos compuestos con actividad citotóxica

mejorada y dirigida a las células cancerosas (NIH, 2022). En este sentido, las plantas han sido una fuente importante en la búsqueda de metabolitos bioactivos contra el cáncer, debido a la diversidad de compuestos presentes en ellas. El aguacate (Persea americana Mill.) es una planta tropical que pertenece a la familia Lauraceae, en la cual se han reportado propiedades citotóxicas. Las actividades anticancerosas del aguacate se han asociado con más de 20 grupos de compuestos bioactivos, entre ellos moléculas lipídicas de cadena larga, como los ácidos grasos (AG) y sus derivados de cadena larga (DAG) (avocatinas, pahuatinas, persinas y alcoholes grasos polihidroxilados) (Ochoa et al., 2021).

ANTECEDENTES. Recientemente se ha reportado que un extracto lipídico de la semilla del aguacate nativo mexicano (LEAS) tiene propiedades citotóxicas en diferentes líneas celulares cancerosas: Caco-2 (IC50 = 28 µg/mL), MCF-7 (IC50 =33.09 µg/mL), D17 (IC50= 15.5 µg/mL) y B16-F0 (IC50=40.85 µg/mL) (Lara-Márquez et al., 2020; Solís, 2021; Padilla-Arellanes et al., 2021). Además, se reportó que la administración de LEAS a una concentración de 0.2 mg/g de peso corporal en ratones inhibió el crecimiento tumoral de melanoma en más del 50% (Garnica, 2023). No obstante, hasta el momento se desconoce cuál es la molécula de LEAS responsable de la actividad citotóxica.

OBJETIVO. Determinar si las acetogeninas son las moléculas responsables de la actividad citotóxica del extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) sobre la línea celular B16-F0 de melanoma murino.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Línea celular. En este trabajo se utilizó la línea celular de melanona de ratón B16-F0. Las células se cultivaron de acuerdo a lo reportado por el grupo de trabajo (Lara-Márquez *et al.,* 2020).

Extracto lipídico de la semilla de aguacate (LEAS). Los frutos de aguacate mexicano (*P. americana* var. drymifolia) se recolectaron en estado de madurez fisiológica en Tingambato, Michoacán, México. Para la obtención de LEAS se trituraron las semillas de aguacate congeladas y se hizo una extracción Soxhlet con hexano. El extracto se filtró y se enfrió durante 12 h a -18°C para obtener los cristales de LEAS. Los cristales se resuspendieron en dimetilsulfóxido 20% (Lara-Márquez *et al.,* 2020).

Fraccionamiento del extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano. El fraccionamiento de LEAS se realizó mediante cromatografía en columna. Se empaquetó una columna de vidrio de 1 x 24 pulgadas con 30 g de gel de sílice y se equilibró con hexano, acetato de etilo, isopropanol y ácido acético (40:20:5:1). Las condiciones de corrida fueron: Velocidad de goteo: 60 gotas/min, volumen inicial: 70 mL. Se recuperaron fracciones de 2 mL y se analizaron mediante cromatografía de capa fina (TLC) utilizando la mezcla de disolventes anteriormente descrita. El revelado de la TLC se realizó usando iodo sublimado.

Ensayos de viabilidad celular. Los efectos citotóxicos de las fracciones de LEAS se determinaron a través del ensayo de azul tripano. Se cultivaron 3,000 células/pozo B16-F0 en cajas de 96 pozos y fueron expuestas a las fracciones colectadas, el rango de concentración se determinó experimentalmente. Las células se recolectaron mediante desprendimiento con tripsina. La suspensión celular obtenida se mezcló 1:1 con azul tripano y se contó el número de células viables y muertas utilizando un hemocitómetro. Los resultados de viabilidad celular se reportaron como el porcentaje de células viables con

respecto a las células tratadas con el vehículo. La IC_{50} se calculó mediante análisis de regresión utilizando Excel (Microsoft).

RESULTADOS.

El extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano es citotóxico para la línea celular B16-F0 de melanoma murino. LEAS se obtuvo mediante una extracción de Soxhlet con hexano a 60 °C por 14 h. A partir de 400 g de semilla se recuperaron cristales ricos en AG y DAG con un rendimiento del 0.2%. El efecto citotóxico de LEAS se determinó mediante ensayos de MTT en la línea celular cancerosa B16-F0 de melanoma murino. Las células fueron tratadas con LEAS: 5, 10, 15, 20, y 30 µg/mL, el vehículo (DMSO 0.1%) y actinomicina D a 2.5 µM. Los resultados mostraron que LEAS fue citotóxico para las células B16-F0. Mediante un análisis de regresión lineal se calculó una concentración inhibitoria media (IC_{50}) de 23.9 µg/mL y 12.4 µg/mL a las 24 y 48, respectivamente.

Fraccionamiento del extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano. El fraccionamiento de LEAS se realizó mediante cromatografía en columna como se describe en materiales y métodos. Las fracciones recuperadas fueron analizadas por una cromatografía en capa fina o TLC (Fig. 1). Se identificaron 4 fracciones con diferente factor de retención RF. (0.80, 0.68, 0.53, y 0.40), las cuales corresponden a las bandas principales presentes en el extracto.

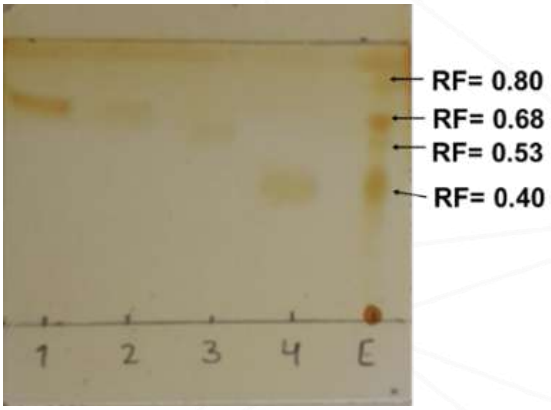


Figura 1. Fraccionamiento del extracto lipídico de la semilla de aguacate. *Se realizó una cromatografía en columna y las fracciones recuperadas fueron analizadas por TLC. Se utilizó una mezcla de solventes hexano, acetato de etilo, isopropanol y ácido acético (40:20:5:1). Se muestra una fotografía representativa de las fracciones recuperadas con sus respectivos RF. Los números corresponden al número de la fracción. E= extracto LEAS. Las placas fueron reveladas con iodo sublimado.*

Las fracciones del extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano disminuyen la viabilidad e inhiben la proliferación celular de células B16-F0. El efecto de las 4 fracciones de LEAS sobre la viabilidad y la proliferación celular de las células B16-F0 se evaluó mediante ensayos de exclusión por azul tripano a las 24 h. Las células fueron tratadas con las fracciones 1 y 2 (10, 20, 30, 40, 50 y 60 µg/mL) y las fracciones 3 y 4 (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 µg/mL). Los resultados mostraron que la fracción 1 no afectó la viabilidad (Fig. 2a). Respecto a la fracción 2, esta disminuyó un 30% la viabilidad a una concentración de 60 µg/mL (Fig. 2b). Los efectos más significativos se observaron en las fracciones 3 (Fig. 3c) y 4 (Fig. 3d), determinando una IC_{50} de 62 µg/mL para la fracción 3 y una IC_{50} de 61 µg/mL para la fracción 4. Además, las fracciones 3 (Fig. 4a) y 4 (Fig 4b) provocaron una disminución en el número total de células con respecto al vehículo, lo cual sugiere que inhiben la proliferación celular.

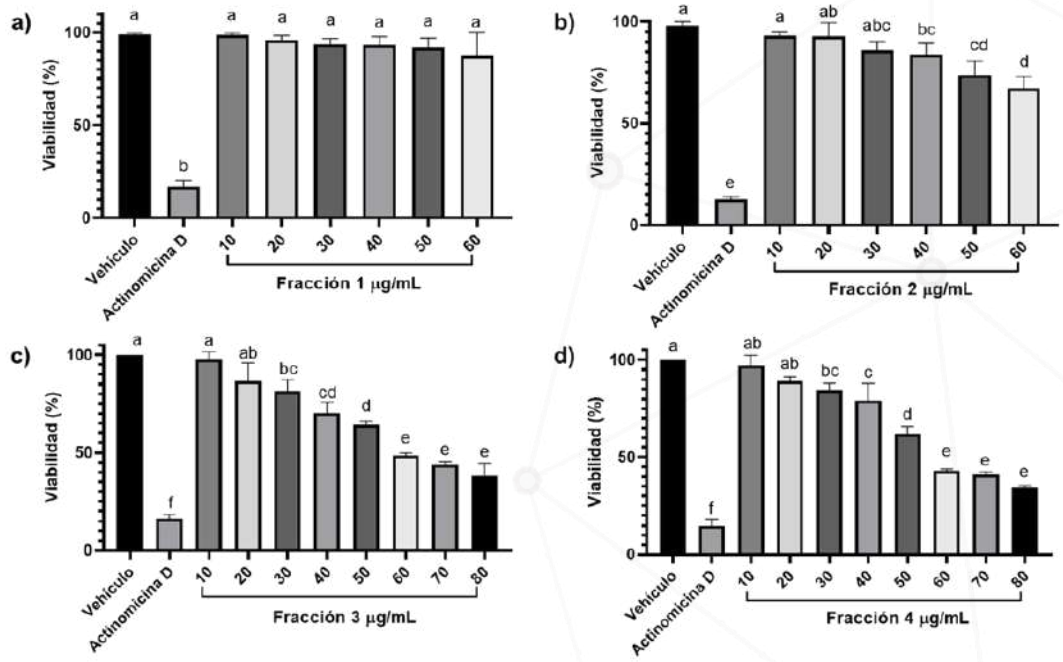


Figura 3. Efecto citotóxico de las fracciones de LEAS en las células B16-F0. *Las células fueron tratadas con la fracción 1 (**a**), 2 (**b**), 3 (**c**) y 4 (**d**) de LEAS. Se utilizó como vehículo DMSO 0.05% y etanol 0.05%, y como control positivo de muerte celular actinomicina D. El efecto citotóxico fue evaluado mediante ensayos de exclusión con azul tripano a las 24 h. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas. ANOVA de una vía, post hoc Tukey (p ≤ 0.05). n=3.*

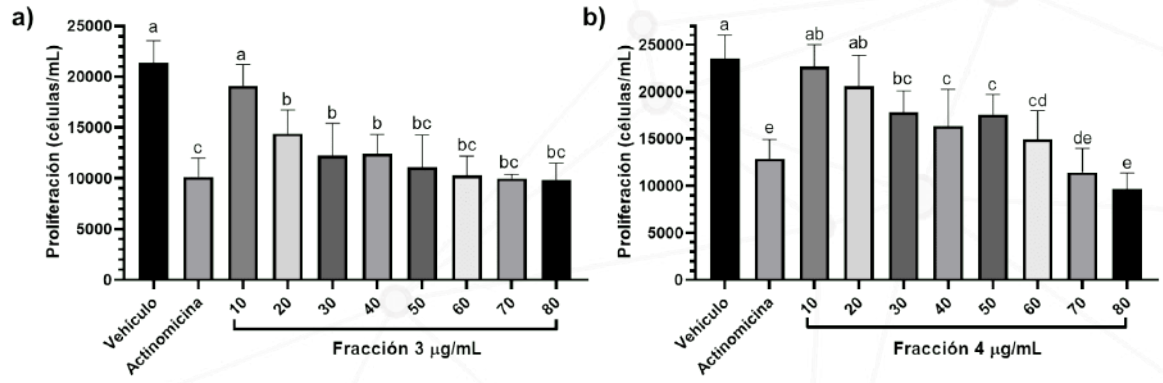


Figura 4. Las fracciones de LEAS inhiben la proliferación de las células B16-F0. *Las células fueron tratadas con la fracción 3 (**a**) y 4 (**b**) de LEAS. Se utilizó como vehículo DMSO 0.05% y etanol 0.05% y como control positivo de muerte celular actinomicina D. El efecto fue evaluado mediante ensayos de exclusión con azul tripano a las 24 h. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas. ANOVA de una vía, post hoc Tukey (p ≤ 0.05). n=3.*

CONCLUSIONES. Las fracciones 3 (RF:0.53) y 4 (RF: 040) del extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano disminuyen la viabilidad e inhiben la proliferación celular de la línea celular cancerosa de melanoma de ratón B16-F0. De acuerdo al valor de

RF de las fracciones, este resultado sugiere que la citotoxicidad podría atribuirse a las acetogeninas.

REFERENCIAS.

1. Garnica-Velázquez D. (2023). Efecto antitumoral de un extracto rico en lípidos de la semilla de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) en un modelo in vivo de melanoma murino. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
2. GLOBOCAN (2022). Global Cancer Observatory. International Agency for Research on Cancer. https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/cancers/39-All-cancers-fact-sheet.pdf
3. Lara-Márquez, M., Báez-Magaña, M., Raymundo-Ramos, C., Spagnuolo, P. A., Macías-Rodríguez, L., Salgado-Garciglia, R., Ochoa-Zarzosa, A., & López-Meza, J. E. (2020). Lipid-rich extract from Mexican avocado (Persea americana var. drymifolia) induces apoptosis and modulates the inflammatory response in Caco-2 human colon cancer cells. Journal of Functional Foods, 64(103658), 103658.
4. NIH, (2022). Radiation therapy to treat cancer. https://www.cancer.gov/about-cancer/treatment/types/radiation-therapy
5. Ochoa-Zarzosa, A., Báez-Magaña, M., Guzmán-Rodríguez, J. J., Flores-Alvarez, J., Lara-Márquez, M., Zavala-Guerrero, B., Salgado-Garciglia, R., López-Gómez, R. & López-Meza, J. E. (2021). Bioactive molecules from native mexican avocado fruit (Persea americana var. drymifolia): A Review. Plant Foods for Human Nutrition (76(2), 133–142.
6. OMS. (2022). Cáncer. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer
7. Padilla-Arellanes, S., Salgado-Garciglia, R., Báez-Magaña, M., Ochoa-Zarzosa, A., & López-Meza, J. E. (2021). Cytotoxicity of a lipid-rich extract from native Mexican avocado seed (Persea americana var. drymifolia) on canine osteosarcoma D-17 cells and synergistic activity with cytostatic drugs. Molecules (Basel, Switzerland), 26(14), 4178.
8. Solís-Avilés, D. P. 2021. Citotoxicidad de un extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) sobre la línea celular MCF-7 de cáncer de mama. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Morelia. Morelia México. 63pp

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524130

EFECTO HIPOLIPEMIANTE Y ANTIOXIDANTE DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS DE MEDIANA POLARIDAD DE *Potentilla indica* EN UN MODELO EXPERIMENTAL DE DIABETES TIPO 2

Silvia Lizbeth Vega Rodríguez[1], Cinthia Itzel Landa Moreno[2], Marina Murillo Villicaña[2], Francisco Alfredo Saavedra Molina[2]

1 Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH. 1900145f@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH.1419561g@umich.mx; 0850421k@umich.mx; francisco.saavedra@umich.mx

Palabras Clave: Potentilla indica, antioxidante, corazón.

RESUMEN. Se ha demostrado que los pacientes diabéticos en presencia de comorbilidades como las dislipidemias, tienen un aumento de la liberación de ácidos grasos libres lo cual, eventualmente estimula la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno en el corazón, principalmente a nivel mitocondrial. Esto compromete al sistema antioxidante enzimático, conllevando a los cardiomiocitos a un estado de estrés oxidante (EO), lo que aumenta el riesgo de desarrollar enfermedad arterial coronaria (EAC), complicación macrovascular asociada a la diabetes. La EAC representa la principal causa de mortalidad en los pacientes diabéticos a nivel mundial. Es por ello, que surge la necesidad de buscar novedosos tratamientos que se dirijan a la disminución de la dislipidemia y el EO desencadenado. Los metabolitos secundarios provenientes de plantas medicinales representan una fuente natural de compuestos con propiedades farmacológicas capaces de mejorar la condición diabética. Potentilla indica es una planta nativa de Asia ampliamente utilizada en la medicina tradicional debido a sus efectos terapéuticos. Se evaluó la actividad antioxidante in vitro (anti-DPPH) de los metabolitos secundarios de mediana polaridad presentes en Potentilla indica. Así mismo, se determinó su efecto sobre el perfil lipídico en suero y sobre la actividad de la enzima antioxidante mitocondrial superóxido dismutasa (SOD2) en corazón de ratas con diabetes tipo 2, tras su tratamiento oral durante 60 días.

INTRODUCCIÓN. La Diabetes Mellitus (DM) es un grupo de alteraciones metabólicas que se caracteriza por hiperglucemia crónica, debido a un defecto en la secreción de la insulina, a un defecto en la acción de la misma, o a ambas (Rojas, Molina, & Rodríguez, 2012). Se ha demostrado que los pacientes diabéticos en presencia de comorbilidades como las dislipidemias, tienen un aumento de la liberación de ácidos grasos libres lo cual, compromete la producción excesiva de especies reactivas de oxígeno en el corazón, y disminuye el sistema antioxidante enzimático, principalmente a nivel mitocondrial, conllevando a los cardiomiocitos a un estado de estrés oxidante (EO). Por tanto, aumenta el riesgo de desarrollar enfermedad arterial coronaria (EAC), siendo esta la principal causa de muerte cardiovascular en pacientes diabéticos (Baena & Grau Magaña, 2017). Los trastornos lipídicos son un hallazgo frecuente en la DM 2. Existen evidencias, que demuestran que los pacientes diabéticos presentan una incidencia significativa de

hipertrigliceridemia y dislipidemia habitual que se caracteriza por una disminución de colesterol HDL-c, (y por consiguiente un aumento de la relación colesterol total / colesterol HDL) (Pollak, Arteaga, & Serrano, 2007). Los antioxidantes de la dieta juegan un papel importante en la defensa frente al envejecimiento y frente a las enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, el cáncer y la enfermedad cardiovascular. Estas sustancias inactivan los radicales libres implicados en el estrés oxidativo e impiden su propagación. La suplementación con antioxidantes naturales podría tener un efecto beneficioso por mejorar la morbimortalidad de los pacientes diabéticos, de tal forma que podrían prevenir y retrasar el desarrollo de complicaciones crónicas de la diabetes (Cuerda, y otros, 2011).

ANTECEDENTES. Potentilla indica es una planta perteneciente a la familia Rosaceae, comúnmente conocida como “falsa fresa” o “fresa de la India”. Es nativa del Asia del Este, sin embargo, se encuentra ampliamente distribuida en Asia, Europa y América, es una planta herbácea perenne de 10 cm de altura, el follaje es semicaducifolio con flores amarillas y sus frutos son rojos, los cuales son ovoides o globosos de 1 a 1.5 cm de diámetro y de largo y se parecen a las fresas (Landa C., 2021). Los extractos de las especies de Potentilla se han aplicado en la medicina tradicional y exhiben propiedades antioxidantes, hipoglucemiantes, antiinflamatorias, antitumorales y antiulcerogénicas, pero se sabe poco sobre la diversidad de fitoquímica y farmacología de este género. Se ha demostrado que los extractos de Potentilla ssp poseen ácidos fenólicos y flavonoides con una potente actividad antioxidante (Wang, Wang, Jun , & Wu, 2013). En un estudio de nuestro grupo de investigación, el extracto de acetato de etilo de Potentilla indica presentó un efecto protector sobre mitocondrias de riñón de ratas diabéticas, debido a la presencia de fenoles extraídos (Landa C., 2021), por lo que es de nuestro interés evaluar el efecto de la fracción hidroalcohólica de dicho extracto sobre el perfil lipídico, y la enzima mitocondrial SOD de corazón en un modelo de diabetes tipo 2.

OBJETIVO. Evaluar el efecto hipolipemiante y antioxidante de los metabolitos secundarios de mediana polaridad de Potentilla indica in vitro y en ratas diabéticas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Evaluar la actividad antioxidante in vitro (anti-DPPH) de los metabolitos secundarios de mediana polaridad de Potentilla indica. Evaluar el perfil lipídico sérico en ratas diabéticas tras un tratamiento oral de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica. Evaluar la actividad de la enzima antioxidante superoxido dismutasa (SOD) en mitocondrias de corazón de ratas con diabetes tipo 2 con tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS. El material vegetal (hojas y tallos de P. indica) se recolectaron del Cherán Michoacán. La fracción hidroalcohólica de la planta fue obtenida mediante la maceración en frío con acetato de etilo en. Posteriormente, se fraccionó con agua:metanol, y se prosiguió a concentrar en un rotavapor al vacío. Se determinó la actividad antioxidante in vitro (anti-DPPH) de los metabolitos secundarios de mediana polaridad de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica con base en la capacidad de neutralizar el radical libre 2,2-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH.) siguiendo el método descrito por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones. Como material biológico se emplearon ratas Wistar machos con un peso promedio de 350 g. Se siguió el protocolo de cuidado y manejo de animales de experimentación expedido por la Secretaria de Agricultura (NOM-062-ZOO1999). Este proyecto también fue aprobado por el Comité de Bioética y Bioseguridad

del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Las ratas fueron distribuidas en 4 grupos: a) control normoglucémico, b) control diabético, c) normoglucémico tratado con la fracción, d) diabético tratado con la fracción. Los grupos diabéticos fueron alimentados con dieta alta en grasas, mientras que los grupos normoglucémicos con dieta estándar para roedores. La inducción de la diabetes se realizó mediante una sola inyección intraperitoneal de estreptozotocina (STZ) a una dosis baja. Los grupos tratados, fueron administrados con la fracción hidroalcóholica de etilo de P. indica diariamente durante 60 días. Los grupos normoglucémicos únicamente recibieron el vehículo vía oral. Al término del tratamiento, se extrajo el suero y se realizó el perfil lipídico. A través de una incisión vertical se extrajo el órgano de interés (corazón). Se registró el peso de los corazones. Las mitocondrias de corazón fueron aisladas siguiendo el método descrito por Moreno y Hansford (1988) con algunas modificaciones. Se llevó a cabo determinación de cantidad de proteína mitocondrial por el método de Biuret (Layne, 1957), y se determinó la actividad de la enzima antioxidante Superóxido dismutasa.

RESULTADOS.

Actividad antioxidante *in vitro* de la fracción hidroalcohólica de *Potentilla indica*. Se calculó la concentración inhibitoria mínima necesaria para neutralizar el 50% de los radicales DPPH presentes en el ensayo (IC50) en la cual, se evaluaron diferentes concentraciones de la fracción, Cabe mencionar, que entre más bajos sean los valores de IC50, mayor es la capacidad del antioxidante de neutralizar a los radicales DPPH. Por lo tanto, se observó una potente actividad antioxidante in vitro ya que se obtuvo un IC50 de 94.85 µg/mL (Figura 1).

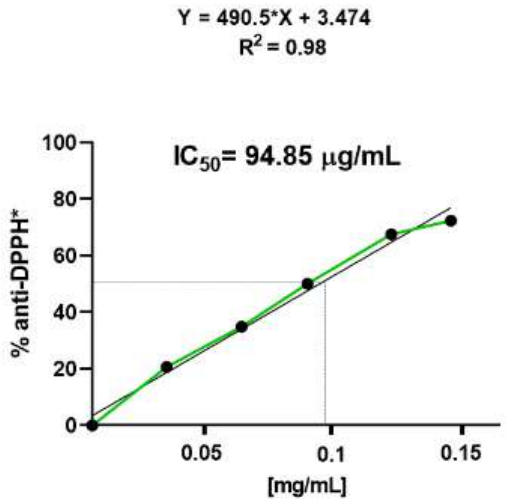


***Figura 1**.- Efecto de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica sobre la actividad antioxidante in vitro (anti-DPPH) de los MSMP Pi. Resultados expresados como la media ± DS. ANOVA, post hoc Tukey. Letras diferentes significan diferencia significativa entre grupos, p<0.05.*

Efecto de la fracción hidroalcohólica de *Potentilla indica* sobre el perfil lipídico en suero. Los parámetros que se evaluaron en el perfil lipídico fue, Colesterol total, colesterol HDL-c, LDL-c, triacilglicéridos y el índice aterogénico. Según el análisis estadístico, podemos observar que en todos los parámetros con excepción en el colesterol HDL,

observamos una diferencia estadística en el grupo diabético tratado con fracción hidroalcohólica de *Potentilla indica* donde estos valores disminuyeron, respecto a el control diabético, además de no encontrarse una diferencia significativa respecto a los grupos, control normoglucémico y normoglucémico tratado, por otro lado el colesterol HDL se observó un aumento en el grupo diabético tratado, comparándolo con el control diabético, además de no haber diferencia estadística entre estos tres grupos.

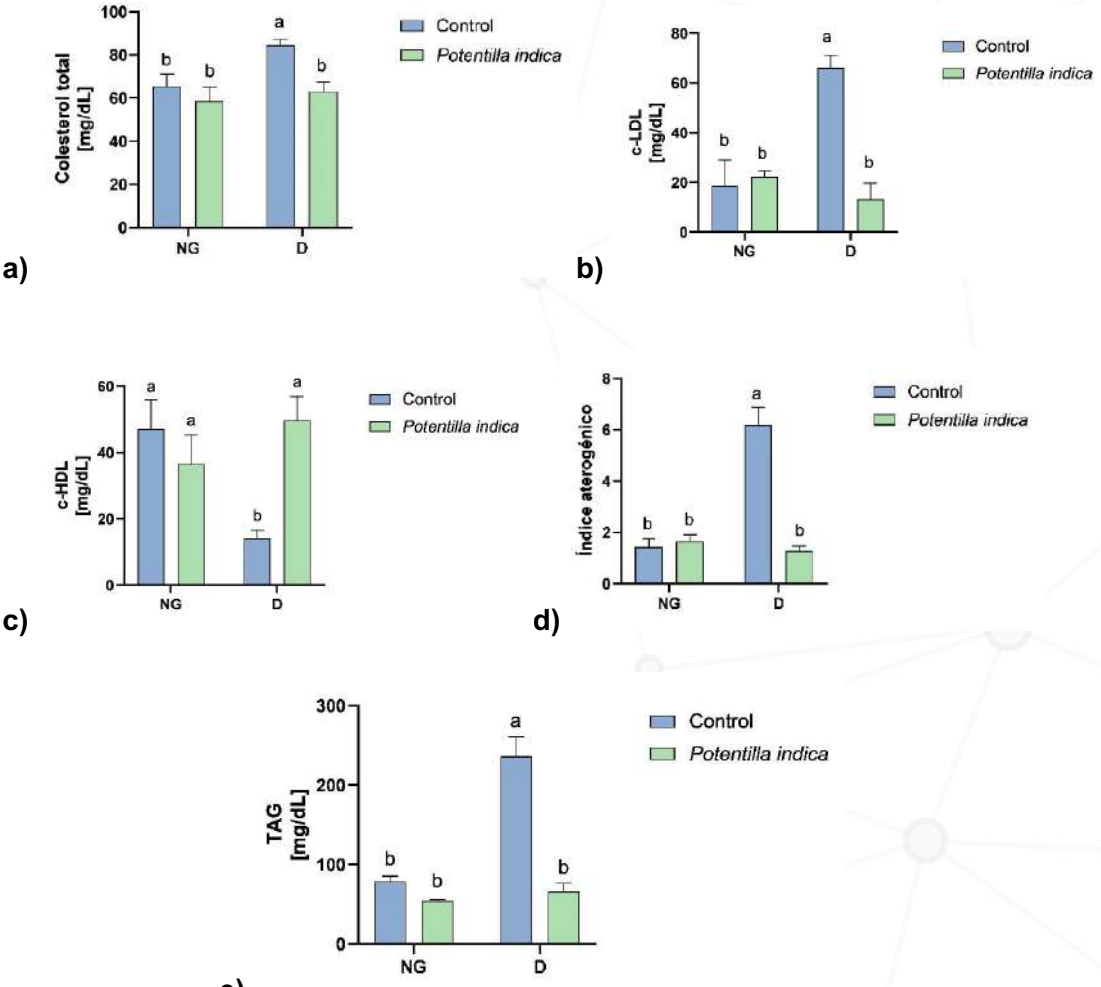


Figura 2.- *Efecto de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica sobre el perfil lipídico en suero. a) Colesterol Total, b) c-HDL, c) C-LDL, d) Índice aterogénico, e) Triacilglicéridos . Resultados expresados como la media ± DS. Tratamiento oral durante 60 dias. n=4. ANOVA de dos vías, post hoc Tukey. Letras diferentes significan diferencia significativa entre grupos, p<0.05. NG: normoglucémico, D: diabético*

Efecto de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica sobre la actividad de la enzima antioxidante SOD. El grupo diabético tratado se ve una diferencia estadística significativa de la actividad SOD, respecto al control diabético, además de ser estadísticamente similares comparado con el grupo control normoglucémico y el grupo normoglucémico tratado.

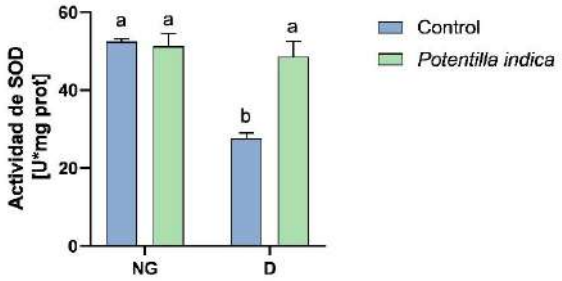


Figura 4.- *Efecto de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica sobre la actividad de la enzima antioxidante SOD. Resultados expresados como la media ± DS. Tratamiento oral durante 60 dias. n=4. ANOVA de dos vías, post hoc Tukey. Letras diferentes significan diferencia significativa entre grupos, p<0.05. NG: control normoglucémico, D: control diabético*

Efecto de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica sobre el peso del corazón. Se reportaron los pesos del corazón de los diferentes grupos, observándose una hipertrofia cardiaca en el control diabético ya que los pesos de los grupos normoglucémico, normoglucémico tratado y diabético tratado, son inferiores a los del control diabético.

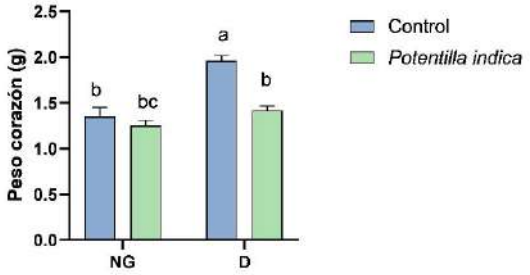


Figura 5.- *Efecto de la fracción hidroalcohólica de Potentilla indica sobre el peso del corazón. Resultados expresados como la media ± DS. Tratamiento oral durante 60 dias. n=4. ANOVA de dos vías, post hoc Tukey. Letras diferentes significan diferencia significativa entre grupos, p<0.05. NG: control normoglucémico, D: control diabético*

CONCLUSIONES. La fracción hidroalcohólica de Potentilla indica presenta una potente actividad anti-DPPH*, aumenta la actividad de la enzima antioxidante superoxido dismutasa en las mitocondrias de corazón de ratas con diabetes tipo 2 y disminuye la dislipidemia en suero en ratas con diabetes tipo 2.

REFERENCIAS.

1. Baena, J. M., & Grau Magaña, M. (2017). Causas de muerte en las personas con diabetes. Diabetes práctica, 174-178.
2. C., L., Trejo-Hurtado, Lemus-de la Cruz, J., Peña-Montes, D., Huerta-Cervantes, M., Manzo-Avalos, S.,& Saavedra-Molina, A. (2021). Antioxidant Activity of the Ethyl Acetate Extract of Potentilla indica on Kidneys of Streptozotocin-Induced Diabetic Rats FASEB J., 35.
3. Cuerda, C., Luengo, L., Valero, M., Vidal, A., Burgos, R., Calvo, F., & Martínez, C. (2011). Antioxidantes y diabetes mellitus: revisión de la evidencia. Nutrición Hospitalaria.
4. Pollak, F., Arteaga, A., & Serrano, V. (2007). Dislipidemia y diabetes mellitus tipo 2. Asociación Latinoamericana de Diabetes.

5. Rojas, E., Molina, R., & Rodríguez, C. (10 de 2012). Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1690-31102012000400003
6. Wang, S., Wang, D.-M., Jun, W., & Wu, D. (2013). Phytochemical profiles, antioxidant and antimicrobial activities of three Potentilla species. BMC Medicina alternativa y complementaria.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524131

PREVALENCIA DE DETERIORO COGNITIVO LEVE EN PACIENTES MAYORES DE 65 AÑOS DE EDAD

Dulce Beatriz Maldonado Barrón[1], Juan David Reyes Hernández[2], Claudia Guadalupe Álvarez Huante[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; duluce0594@gmail.com

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; reyesgeriatra@gmail.com

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pride_7@gmail.com

Palabras Clave: Geriatría, Estado mental, Prevalencia.

RESUMEN. La cognición en términos generales se entiende como el funcionamiento intelectual que nos permite interactuar con el medio en el que nos desenvolvemos. (2) El deterioro cognitivo se define como la perdida de las funciones cognitivas (memoria, comprensión, cálculo, juicio, lenguaje, reconocimiento visual, conducta y personalidad), sin necesidad de que se afecte la funcionalidad del paciente. (3)

INTRODUCCIÓN. De ellas se destacan los siguientes cambios en el envejecimiento, algunos son morfológicos: Pérdida de volumen y adelgazamiento de la corteza frontal que tiene un desempeño fundamental en la atención y funciones ejecutivas. Disminución del volumen neuronal el cual no es uniforme, cambios sinápticos y en las extensiones dendríticas de las células piramidales que disminuyen en número y tamaño. Disminución en neurotransmisores y disminución del número de receptores sobre todo en enfermedades neurodegenerativas. Disminución del flujo sanguíneo cerebral y el consumo de oxígeno en arterosclerosis, pero permanecen invariables en el envejecimiento en el paciente sano. (4). Dependiendo de los criterios utilizados por distintos autores, la prevalencia en mayores de 75 años se encuentra entre el 3 y el 20 %. Otros autores, tras analizar diversos estudios en diferentes países, informan sobre una prevalencia entre el 3 y el 19 % en población general de mayores y una incidencia del 8 a 58 por cada 1.000 personas/año. (5) Algunos estudios indican que entre el 15 y el 41 % de pacientes evolucionan a demencia en un seguimiento de 1 año. En un estudio a 4 años de seguimiento el grado de progresión anual se establece en el 11 %. (6) La fisiopatología de los trastornos de la memoria asociados a la edad parece ser multifactorial. Se pueden observar cambios neurodegenerativos (es decir, déficits sinápticos y pérdida neuronal) y alteraciones histopatológicas (es decir, aumento de la producción de β-amiloide que conduce a placas extracelulares que contienen amiloide y formación de tau hiperfosforilada intracelular, ovillos de proteínas). También se ha informado de alteración del metabolismo cerebral de la glucosa en regiones del cerebro relacionadas con la memoria, disfunción mitocondrial, en términos de función reducida de las enzimas mitocondriales y aumento del estrés oxidativo. (7). Existen distintas baterías de cribaje, sin embargo, el test de Minimental se está avalado a nivel internacional como uno de los, por su fácil aplicación, sensibilidad de hasta 94% y especificad de hasta 90% para detección de deterioro cognitivo leve de causas crónico degenerativas y vasculares. Es fundamental establecer si las quejas cognitivas representan deterioro cognitivo significativo

y calificar la gravedad de deterioro en la evaluación clínica. (8). Mini-Mental State Examination (MMSE) de Folstein de cribado que suele utilizarse con frecuencia para detectar el deterioro cognitivo. Examina de forma rápida un conjunto de funciones cognitivas que pueden encontrarse afectadas en población anciana (orientación, memoria, atención y cálculo, lenguaje y construcción, praxias y razonamiento). La puntuación que se obtiene en esta prueba suele utilizarse como índice global del estado del funcionamiento cognitivo de la persona en cuestión. El punto de corte se sitúa, para personas mayores de 65 años y con un nivel educativo medio (tres años), en 27 y 23 puntos de un total de 30 puntos. (9)

ANTECEDENTES. El término deterioro cognitivo leve fue introducido en 1988 por Reisberg y definido en 1991 por Flicker como una situación de disfunción cognitiva, que no alcanza el grado de demencia en el contexto clínico inicial de la Enfermedad de Alzheimer.
En el 2011, el National Institute on Aging y la Alzheimer's Association (NIA-AA) reevaluaron los criterios de deterioro cognitivo leve dentro del espectro de la enfermedad de Alzheimer. Coincidiendo con los criterios del Grupo Internacional de Trabajo en deterioro cognitivo, incluyen la posible existencia de alteraciones en las actividades de la vida diaria que no precisan de ayuda/supervisión de tercera persona y que permiten al sujeto realizar una vida independiente en la sociedad. (1)

OBJETIVO. Determinar la prevalencia de pacientes mayores de 65 años con deterioro cognitivo leve de la consulta externa de Geriatría en el HGR1 Morelia.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Tipo de estudio. Observacional, transversal, prospectivo.
Universo de trabajo, lugar y tiempo. Adultos mayores de 65 años de edad con queja cognitiva en la consulta externa de geriatría del hgr1 morelia, en un periodo de abril 2024 a junio 2024.
Población de estudio. Se incluirán en el estudio adultos mayores de 65 años de sexo femenino y masculino con queja de memoria.

RESULTADOS. Respecto a la edad de los adultos mayores, la media de la edad fue de $\bar{x}$.79.1.

	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	18	33.3
Mujer	36	66.7
Total	54	100.0

Tabla 1. *Sexo del adulto mayor.*
Nota: 54 adultos mayores HGR1.

Respecto a la tabla 1, los 54 adultos mayores encuestados 33.3% (18) corresponden a hombres y con un 66.7% (36) son mujeres.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sin escolaridad	20	37.0	37.0	37.0
Primaria	23	42.6	42.6	79.6
Secundaria	3	5.6	5.6	85.2
Bachillerato	3	5.6	5.6	90.7
Carrera técnica	3	5.6	5.6	96.3
Licenciatura	2	3.7	3.7	100.0
Total	54	100.0	100.0	

Tabla 2. *Escolaridad del adulto mayor.*

Nota: 54 adultos mayores HGR1.
Respecto a la tabla 3. El 37% (20) corresponden a adultos mayores sin escolaridad, 42.6% (23) cursaron la primaria, 5.6% (3) realizaron la secundaria, 5.6% (3) terminaron el bachillerato, 5.6% (3) hicieron carrera técnica y 3.7% (2) realizaron licenciatura completa.
De los 54 pacientes, 51.9% (28) corresponden a personas sin diabetes mellitus tipo 2, 38.1% (26) viven con diabetes mellitus tipo 2.
El 81.5% (44) no presentaban antecedentes de evento vascular cerebral, 18.5% (10) tenían antecedentes de evento vascular cerebral.
El 37% (20) no contaban con antecedentes de hipertensión arterial sistémica, 63% (34) si contaban con el antecedente de hipertensión arterial sistémica.
Del total de la población de adultos mayores, el 100% (54) no tenía antecedente de infarto agudo al miocardio.
El 77.8% (42) no contaban con antecedentes de tabaquismo, 22.2% (12) si tenían antecedentes de tabaquismo.
El 68.7% (42) no tienen antecedentes de alcoholismo, 31.5% (17) si tenían antecedentes de alcoholismo.
El siguiente resultado se presenta la media de acuerdo a la puntuación de las categorías que evalúa el estado mínimo mental para presentar deterioro cognitivo, la media se presentó de 24 puntos.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sin deterioro cognitivo	30	55.6	55.6	55.6
Deterioro cognitivo leve	15	27.8	27.8	83.3
Deterioro cognitivo moderado-grave	9	16.7	16.7	100.0
Total	54	100.0	100.0	

Tabla 9. *Clasificación de deterioro cognitivo.*

Respecto al puntaje del Minimental, se obtuvo un 55.6% (30) sin deterioro cognitivo, 27.8% con deterioro cognitivo leve (15) y un 16.7% (9) con deterioro cognitivo moderado-grave.

REFERENCIAS.

0. Eric G. Tangalos. Mild Cognitive Imprairment. Clin Geriatr Med. 2018. Clínica Mayo.
1. Harvey PD. Domains of cognition and their assessment[SEP]. Dialogues Clin Neurosci. 2019 Sep;21(3):227-237.
2. DeCarli C. Mild cognitive impairment: prevalence, prognosis, etiology, and treatment. Lancet Neurol 2003;2(1):15–21
3. Raz N, Gunning-Dixon FM, Head D, Dupuis JH, Acker JD. Neuroanatomical correlates of cognitive aging: evidence from structural magnetic resonance imaging. Neuropsychology 1998;12(1):95-11
4. Jia X, Wang Z, Huang F, Su C, Du W, Jiang H, Wang H, Wang J, Wang F, Su W, Xiao H, Wang Y, Zhang B. A comparison of the Mini-Mental State Examination (MMSE) with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) for mild cognitive impairment screening in Chinese middle-aged and older population: a cross-sectional study. BMC Psychiatry. 2021 Oct 4;21(1):485.
5. Golomb J, Kluger A, Ferris SH. Mild cognitive impairment: historical development and summary of research. Dialogues Clin Neurosci. 2004 Dec;6(4):351-67.
6. Roberts RO, Knopman DS, Mielke MM y col. Mayor riesgo de progresión a demencia en casos de deterioro cognitivo leve que vuelven a la normalidad. Neurología. 2014; 82 : 317–325.
7. Guía de práctica clínica. Diagnóstico y tratamiento del deterioro cognitivo en el adulto mayor en el primer nivel de atención. 2012. GPC IMSS-144-08.
8. Arevalo-Rodriguez I. Mini-Mental State Examination (MMSE) for the early detection of dementia in people with mild cognitive impairment (MCI). Cochrane Database Syst Rev. 2021 Jul 27;7(7):CD010783.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524132

EFECTO DEL D-LIMONENO, ÁCIDO P- CUMÁRICO, ÁCIDO GÁLICO Y ÁCIDO ELÁGICO SOBRE LOS VALORES MORFOMÉTRICOS Y SÉRICOS EN RATAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA HIPERCALÓRICA

Luis Alberto Ayala Ruiz[1], Joel Edmundo López Meza[2], Patricia Ríos Chavez[3]
1UMSNH;1232816g@umich.mx
2UMSNH; elmeza@umich.mx
3UMSNH; patricia.rios@umich.mx

Palabras Clave: Compuestos naturales, radicales libres, antioxidantes, terpenos, fenoles.

RESUMEN. La ingesta de dietas hipercalóricas conduce a una acumulación del tejido adiposo y se relaciona con patologías como la obesidad, la resistencia a la insulina y la enfermedad cardiovascular. Las dietas hipercalóricas desencadenan diversas vías de señalización que aumentan el estrés oxidante y la inflamación en diferentes células, lo que afecta la función celular. Los terpenos y fenoles son compuestos bioactivos que se encuentran en las plantas. Callistemon citrinus pertenece a la familia Myrtaceae, la cual tiene una alta concentración de dichos compuestos. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del d-limoneno, ácido p-cumárico, ácido gálico y ácido elágico en la función del hígado de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica. 60 ratas Wistar macho se dividieron aleatoriamente en diez grupos (n=6). El grupo I fue el control (Rodent Chow Purina®); El grupo II fue HFD (63.0% Rodent Chow Purina®, 41.66% de grasa vegetal INCA®, 41.66% de manteca de cerdo y 16.66% de sacarosa). Los grupos III a IX fueron alimentados con HFD y se les administró por vía oral diferentes compuestos, grupo III (metformina, 20 mg/kg), grupo IV (C. citrinus, 200 mg/kg), grupo V (d-limoneno, 0.43 mg/kg), grupo VI (ácido elágico, 74.3 µg/kg), grupo VII (ácido gálico, 6.94 µg/kg), grupo VIII (ácido p-cumárico, 0.47 µg/kg) y grupo IX (d-limoneno, 0.43 mg/kg, ácido elágico, 74,3 µg/kg, ácido gálico, 6.94 µg/kg y ácido p-cumárico, 0.47 µg/kg), el grupo X (fue alimentado con HFD y el vehículo (aceite de maíz)), durante 23 semanas. Los fenoles y terpenos de C. citrinus no afectaron los niveles normales de las enzimas AST (aspartato aminotransferasa), ALT (alanina aminotransferasa), γ-GT (Gamma glutamil transferasa), además de los triacilglicéridos y el peso del hígado. En los niveles de glucosa, peso corporal e ingesta de alimento solo el ácido p-cumárico no afectó los niveles normales de estos. El d-limoneno fue el único que ayudó en la disminución de grasa visceral.

INTRODUCCIÓN. La ingesta excesiva de calorías por dietas hipercalóricas o altas en grasas repercute en un incremento de ácidos grasos y expansión del tejido adiposo, lo cual es un factor de riesgo en patologías como la obesidad, la diabetes, la enfermedad hepática grasa asociada a disfunción metabólica y la resistencia a la insulina. Además, los niveles plasmáticos de triacilglicéridos, glucosa, AST, ALT y γ-GT son indicadores de estas patologías (Unger et al., 2014), y se ha encontrado que la correlación entre los niveles de triacilglicéridos y glucosa es crucial para diagnosticar condiciones como la resistencia a la

insulina, la obesidad, la diabetes y el MAFLD en humanos (Hernández-Vite et al., 2015). Existen compuestos derivados de plantas con actividades antiobesogénicas que carecen de efectos secundarios. El extracto de C. citrinus posee propiedades anticancerosas, antioxidantes, antiinflamatorias y antiobesogénicas (Ortega-Pérez et al., 2022; López-Mejía et al., 2021); sin embargo, se desconoce la molécula a la cual se le atribuye la actividad antiobesogénica. Por ello, el objetivo del proyecto fue evaluar el efecto de los compuestos mayoritarios del extracto etanólico de C. citrinus (d-limoneno, ácido p-cumárico, ácido gálico y ácido elágico) sobre los valores morfométricos y séricos de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica.

ANTECEDENTES. A nivel mundial existen personas con diferentes hábitos alimenticios, en algunos países se tienen tendencias a consumir alimentos ricos en grasas con bajo valor nutricional. Las dietas altas en grasas aumentan la ingesta de alimentos y por consecuencia producen una mayor cantidad de energía, que conllevan a la expansión de tejido adiposo. Por lo antes mencionado se ha reportado una relación entre el aumento del tejido adiposo con la prevalencia de patologías como la obesidad, las dislipidemias, enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes mellitus tipo II (Kesh et al., 2016). Hoy en día, se cuenta con una amplia variedad de medicamentos con potencial antiobesogénico; no obstante, cuentan con efectos secundarios no deseados. Debido a esto, ha surgido la necesidad de identificar plantas que contengan compuestos con propiedades biológicas (Arredondo-Espinoza, 2011). Callistemon citrinus es una planta de la familia Myrtaceae originaria de Australia. En recientes estudios se han demostrado varios de sus beneficios, entre ellos, el extracto etanólico de la hoja redujo el tamaño de los tumores en un modelo de cáncer de colon (López-Mejía et al., 2021). Además, funcionó como antiobesogénico en un modelo de obesidad a través de la inhibición de la lipasa pancreática. En ese estudio se evaluaron los terpenos mayoritarios de C. citrinus y se demostró que el limoneno, 1,8- cineol y el α-terpineol tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antiobesogénicas (Ayala-Ruiz et al., 2022). Se ha determinado el potencial antiobesogénico que tiene el limoneno en dosis bajas, disminuyendo los niveles de glucosa, triacilglicéridos, índice de adiposidad, índice de Lee y peso corporal (Sousa et al., 2020). En otros estudios se ha demostrado que el limoneno mejora la resistencia a la insulina durante la alimentación con una dieta hipercalórica a una dosis del 2% en un modelo en ratas (Victor et al., 2012). Asimismo, se han reportado que el ácido elágico reduce la resistencia a la insulina en ratas hembra diabéticas a una dosis de 50 mg/kg de peso. Además, después de la administración de ácido elágico, se han observado efectos en la disminución de ácidos grasos libres (Aishwarya et al., 2021). El ácido gálico tiene acciones antiadipogénicas, antioxidantes y antiinflamatorias que juegan un papel vital en la obesidad, disminuyendo los niveles de glucosa, triacilglicéridos, índice de adiposidad, índice de Lee y peso corporal (Bernal et al., 2023). Se ha evidenciado que el ácido p-cumárico presenta diversas funciones biológicas, como actividades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas. Reduce la absorción intestinal de carbohidratos de la dieta, regula enzimas relacionadas con el metabolismo de la glucosa, mejora la función de las células β y la acción de la insulina (Bahadoran et al., 2013).

OBJETIVO. Determinar el efecto del d-limoneno, ácido p-cumárico, ácido gálico y ácido elágico sobre los valores morfométricos y séricos de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó el modelo experimental de Ayala-Ruiz *et al.,* (2022). Se usaron 60 ratas Wistar, divididas en 10 grupos con una *n*=6 para cada grupo, con una edad de ocho semanas desde su gestación. La duración del modelo experimental fue 23 semanas, los grupos experimentales quedaron conformados de acuerdo con la fig. 1.

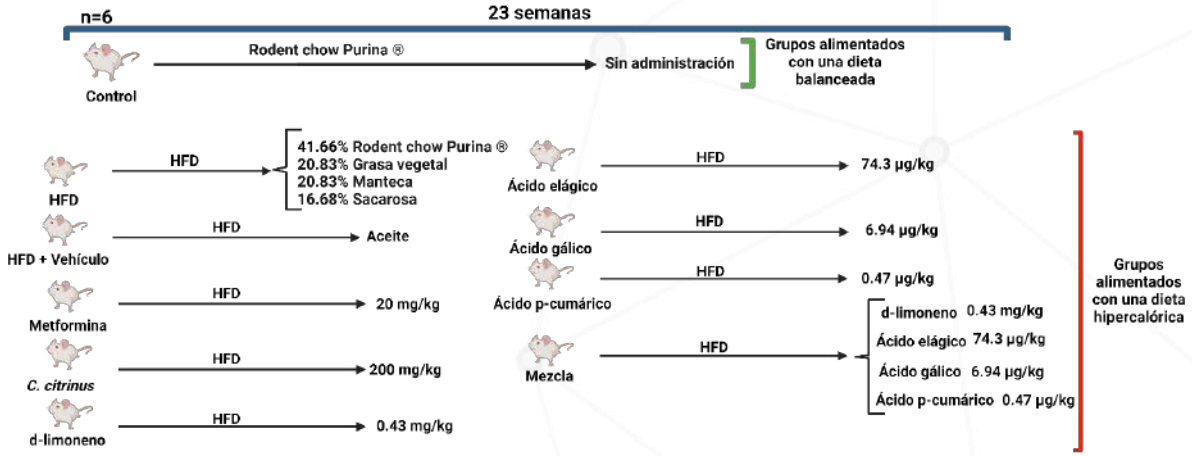


Figura 1. *Modelo experimental*

Parámetros morfométricos. Para los parámetros morfométricos se determinó el índice de Lee y la adiposidad de Lima *et al*. (2021). Para obtener el índice de Lee se usó la formula [Índice de Lee= 3 √BM (g)/NAL (cm) × 1000]; MB = cuerpo masa; NAL = longitud naso-anal. El índice de adiposidad se calculó utilizando la siguiente fórmula: VAI = [Tejido adiposo visceral /BM] × 100. VAT (g)], se determinó utilizando los siguientes constituyentes del tejido adiposo: epidídimo + retroperitoneal + omental + perirrenal (denota el almacenamiento de grasa intraabdominal).

Parámetros bioquímicos y niveles de las enzimas ALT, AST, γ-GT. Al término del experimento, se determinaron los niveles de triacilglicéridos y glucosa con un monitor sanguíneo Accutrend Plus® utilizando tiras de la misma marca. Mientras que, para la ALT, AST, γ-GT se extrajo el suero y se usó kits comerciales de métodos enzimáticos colorimétricos SPINREACT®.

RESULTADOS. Los resultados se muestran en la fig. 2. Al principio del experimento ninguno de los grupos presentó diferencias en el peso. Sin embargo, transcurridas las 23 semanas se observó un aumento de peso en los grupos HFD y HFD + vehículo, mientras que en los grupos metformina, d-limoneno, ácido elágico, ácido gálico y la mezcla este disminuyó. Cabe mencionar que en los grupos de ácido p-cumárico y *C. citrinus* también se presentó una ligera reducción del peso. Respecto a las actividades enzimáticas, los niveles de la AST están aumentados en los grupos de HFD y HFD + vehículo, mientras que en los grupos metformina, *C. citrinus*, d-limoneno, ácido elágico, ácido gálico, mezcla y ácido p-cumárico son similares a los del grupo control. Para los niveles de la ALT se observó que en todos los grupos está disminuida la actividad de esta enzima, con excepción de los grupos HFD y HFD + vehículo. En la enzima γ-GT se observó un aumento en los grupos HFD y HFD + vehículo, mientras que los demás grupos presentaron bajos niveles. Asimismo, los valores de triacilglicéridos en sangre tuvieron un incremento en los grupos HFD y HFD + vehículo, mientras que en los otros grupos disminuyeron a valores cercanos al grupo control. Siendo los mejores tratamientos el d-limoneno, ácido gálico y *C.*

citrinus. En relación con los niveles de glucosa, esta se encontró elevada en los grupos HFD, HFD + vehículo y ácido p- cumárico. Sin embargo, los grupos d-limoneno y ácido elágico presentaron una disminución de los niveles de glucosa semejantes al grupo control. Por otro lado, en los grupos ácido gálico y mezcla los niveles de glucosa fueron menores al grupo control. El índice de Lee relaciona el peso del individuo y la distancia, este es exclusivo para ratas y si el valor es igual o mayor de 300, se considera que el individuo presenta obesidad. En este sentido, los grupos HFD y HFD + vehículo presentaron obesidad, mientras que en los grupos metformina, *C. citrinus*, d-limoneno, ácido elágico, ácido gálico, ácido p-cumárico y mezcla se observó un índice similar al del grupo control.
Respecto al índice de adiposidad, se determinó que en todos los grupos hay un aumento de la grasa visceral; sin embargo, en el grupo de la HFD y HFD + vehículo existe un aumento superior en comparación del resto de los tratamientos. Además, el grupo del d-limoneno mostró una disminución del índice de adiposidad, siendo similar a la del grupo control.

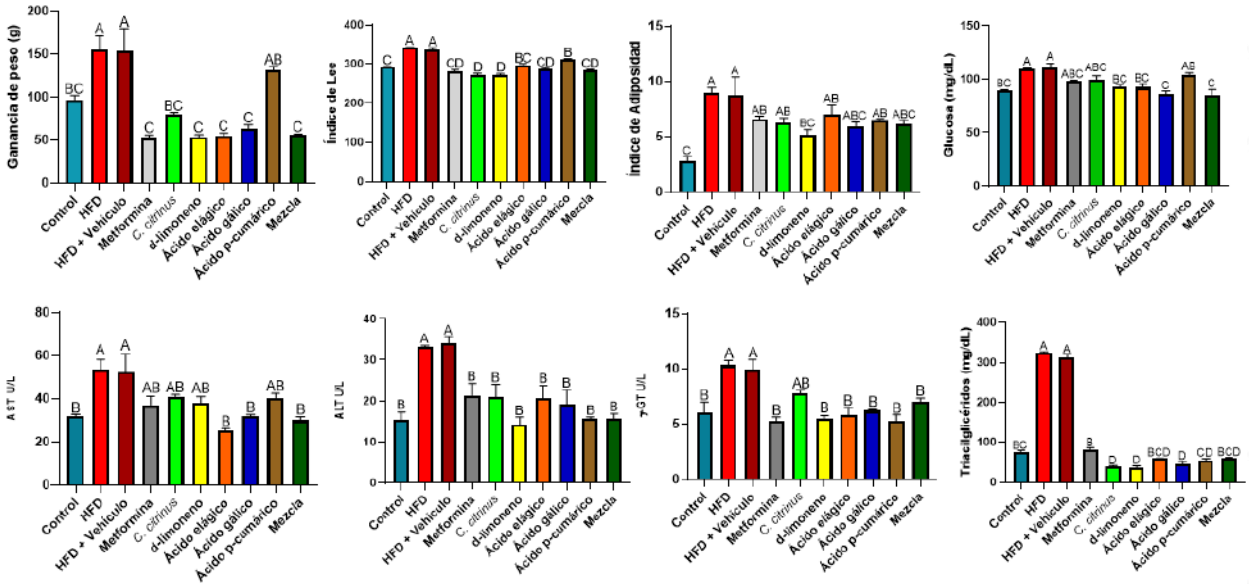


Figura 2. *Índice de adiposidad, Lee, ganancia de peso, niveles de triacilglicéridos, glucosa, AST, ALT y γ-GT a las 23 semanas de las ratas control (no tratadas) y tratadas con HFD (dieta hipercalórica) con los diferentes tratamientos experimentales. Los valores se representan con media ± error estándar (ANOVA de una vía, seguido de Tukey, p<0.05). Letras diferentes indican diferencias estadísticas. n=6.*

CONCLUSIONES. Los compuestos mayoritarios de C. citrinus regulan los niveles de AST, ALT, γ-GT y triacilglicéridos de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica. Respecto a los niveles de glucosa y peso corporal, solo el ácido p-cumárico no ayudó en la regulación de éstos. El d-limoneno fue el único que favoreció una disminución de grasa visceral.

REFERENCIAS.

1. Aishwarya, V., Solaipriya, S., & Sivaramakrishnan, V. (2021). Role of ellagic acid for the prevention and treatment of liver diseases. Phytotherapy Research, 35(6), 2925-2944.
2. Arredondo-Espinoza, E. U. 2011. Evaluación del efecto anticancerígeno y citotóxico in vitro de la porfirina no simétrica A3B NS1 en el compuesto HS01 de la planta Hibiscus sabdariffa y la proteína quimérica E2-IL-18. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.

3. Ayala-Ruiz, L. A., Ortega-Pérez, L. G., Piñón-Simental, J. S., Magana-Rodriguez, O. R., Meléndez-Herrera, E., & Rios-Chavez, P. (2022). Role of the major terpenes of Callistemon citrinus against the oxidative stress during a hypercaloric diet in rats. Biomedicine & Pharmacotherapy, 153, 113505.
4. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., & Azizi, F. (2013). Dietary polyphenols as potential nutraceuticals in management of diabetes: a review. Journal of diabetes & metabolic disorders, 12, 1-9.
5. Behera, P. K., Devi, S., & Mittal, N. (2023). Therapeutic potential of gallic acid in obesity: considerable shift!. Obesity Medicine, 37, 100473.
6. Bernal-Reyes, J. M., Remes-Troche, L. A., & Chi-Cervera, M. (2020). Prevalencia y características clínico-epidemiológicas de una población mexicana con MAFLD (Metabolic Associated Fatty Liver Disease): un estudio en población abierta. Rev Gastroen-terol México, 85.
7. Hernández-Vite, Y., Elizalde-Barrera, C. I., Flores-Alcántar, M. G., Vargas-Ayala, G., & Loreto-Bernal, M. L. (2015). Asociación entre el índice triglicéridos/colesterol HDL y la glucosa alterada en ayuno en pacientes normotensos con obesidad y sobrepeso. Medicina Interna de México, 31(5), 507-515.
8. Kesh, S. B., Sarkar, D. E. B. A. S. H. R. E. E., & Manna, K. R. I. S. H. N. E. N. D. U. (2016). High-fat diet-induced oxidative stress and its impact on metabolic syndrome: a review. Asian J Pharm Clin Res, 9(1), 47-52.
9. Leopoldo, A. S., Lima-Leopoldo, A. P., Nascimento, A. F., Luvizotto, R. A. M., Sugizaki, M. M., Campos, D. H. S., ... & Cicogna, A. C. (2016). Classification of different degrees of adiposity in sedentary rats. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 49(4), e5028.
10. López-Mejía, A., Ortega-Pérez, L. G., Magana-Rodriguez, O. R., Ayala-Ruiz, L. A., Pinón-Simental, J. S., Hernández, D. G., & Rios-Chavez, P. (2021). Protective effect of Callistemon citrinus on oxidative stress in rats with 1, 2-dimethylhydrazine-induced colon cancer. Biomedicine & Pharmacotherapy, 142, 112070.
11. Ortega-Pérez, L. G., Piñón-Simental, J. S., Magaña-Rodríguez, O. R., Lopéz-Mejía, A., Ayala-Ruiz, L. A., García-Calderón, A. J., ... & Rios-Chavez, P. (2022). Evaluation of the toxicology, anti-lipase, and antioxidant effects of Callistemon citrinus in rats fed with a high fat-fructose diet. Pharmaceutical Biology, 60(1), 1384-1393.
12. Simson, E. L., & Gold, R. M. (1982). The lee obesity index vindicated?. Physiology & behavior, 29(2), 371-376.
13. Sousa, J. N., Paraíso, A. F., Andrade, J. M. O., Lelis, D. F., Santos, E. M., Lima, J. P., ... & Santos, S. H. S. (2020). Oral gallic acid improve liver steatosis and metabolism modulating hepatic lipogenic markers in obese mice. Experimental Gerontology, 134, 110881.
14. Unger, G., Benozzi, S. F., Perruzza, F., & Pennacchiotti, G. L. (2014). Índice triglicéridos y glucosa: un indicador útil de insulinorresistencia. Endocrinología y Nutrición, 61(10), 533-540.
15. Victor Antony Santiago, J., Jayachitra, J., Shenbagam, M., & Nalini, N. (2012). Dietary d-limonene alleviates insulin resistance and oxidative stress–induced liver injury in high-fat diet and L-NAME-treated rats. European journal of nutrition, 51, 57-68.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524133

SISTEMA DE APOYO PARA LA DETECCIÓN DEL CÁNCER DE PIEL MEDIANTE REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

***Mario Salvador Castro Zenil*[1], *Carlos Alberto Trejo Seráfico*[1], *Alicia Campos Hernández*[1]**
1 Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro

Palabras Clave: Cáncer de piel, Redes Neuronales, Procesamiento de Imágenes.

RESUMEN. El cáncer de piel es una de las formas de cáncer más prevalentes a nivel mundial, y su incidencia está en constante aumento. La detección temprana es fundamental para mejorar las tasas de supervivencia y reducir las complicaciones asociadas con esta enfermedad. Actualmente, el diagnóstico de cáncer de piel se basa principalmente en la inspección visual y la experiencia del dermatólogo, lo que puede dar lugar a diagnósticos tardíos o incorrectos. Para abordar esta problemática, este proyecto propone el desarrollo de un sistema automatizado de detección de cáncer de piel mediante el uso de redes neuronales convolucionales (CNNs). El sistema utiliza CNNs para analizar imágenes de lesiones cutáneas, identificando y clasificando características tanto benignas como malignas. Se ha recopilado un extenso conjunto de datos de imágenes dermatológicas, que incluye diversos tipos de cáncer de piel como el melanoma, el carcinoma de células basales, y otras condiciones benignas de la piel. El proceso de preprocesamiento de imágenes involucra técnicas de normalización, segmentación y aumento de datos, con el objetivo de mejorar la calidad del entrenamiento del modelo. Este sistema automatizado no solo tiene el potencial de asistir a los dermatólogos en el diagnóstico temprano y preciso del cáncer de piel, sino que también puede contribuir significativamente a la reducción de los costos y tiempos de diagnóstico. Este proyecto destaca el papel emergente de la inteligencia artificial en la medicina y su capacidad para mejorar la atención al paciente a través de soluciones innovadoras y accesibles.

INTRODUCCIÓN. El cáncer de piel es una de las formas de cáncer más comunes en el mundo, y su incidencia ha aumentado considerablemente en las últimas décadas debido, en gran parte, a la mayor exposición a los rayos ultravioleta y al envejecimiento de la población (Organización Mundial de la Salud, 2020). La detección temprana es esencial para mejorar las tasas de supervivencia, ya que el diagnóstico en las primeras etapas de la enfermedad permite intervenciones menos invasivas y reduce el riesgo de complicaciones (American Cancer Society, 2021). Sin embargo, el diagnóstico del cáncer de piel sigue dependiendo principalmente de la inspección visual por parte de dermatólogos, lo cual, a pesar de su eficacia, puede ser susceptible a errores humanos y subjetividad. Ante este desafío, las tecnologías emergentes basadas en inteligencia artificial (IA) están transformando el panorama de la medicina diagnóstica. Las redes neuronales convolucionales (CNNs) se han destacado por su capacidad para analizar y clasificar imágenes médicas, ofreciendo resultados comparables, e incluso superiores, a los de especialistas en diversas áreas (Esteva et al., 2017). Este proyecto propone el desarrollo de un sistema automatizado para la detección del cáncer de piel mediante el uso de CNNs, con el objetivo de mejorar la precisión y velocidad del diagnóstico, así como de reducir los

costos asociados. El sistema que se plantea no solo tiene la capacidad de asistir a los dermatólogos en el diagnóstico temprano de lesiones cutáneas malignas como el melanoma y el carcinoma de células basales, sino que también puede extender su uso a áreas con recursos médicos limitados, democratizando el acceso a diagnósticos avanzados. Además, el uso de un extenso conjunto de datos de imágenes dermatológicas en combinación con técnicas avanzadas de preprocesamiento y aumento de datos garantiza la eficacia del modelo en la clasificación precisa de lesiones benignas y malignas. Así, este proyecto pretende subrayar el creciente impacto de la IA en la medicina y su papel en la mejora de la atención al paciente a través de soluciones innovadoras y accesibles.

ANTECEDENTES. El cáncer de piel es una de las formas más comunes de cáncer a nivel global. Entre las variedades más peligrosas se encuentran el melanoma y el carcinoma de células basales, los cuales se desarrollan debido a la exposición prolongada a los rayos ultravioleta (UV) del sol o de fuentes artificiales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), cada año se diagnostican millones de casos de cáncer de piel en todo el mundo, y su prevalencia está en constante aumento debido a factores ambientales y demográficos. La detección temprana del cáncer de piel es crucial para mejorar las tasas de supervivencia. Diversos estudios han demostrado que el diagnóstico en las etapas iniciales puede reducir significativamente las complicaciones y la mortalidad asociada a esta enfermedad (American Cancer Society, 2021). Sin embargo, el diagnóstico tradicional basado en la inspección visual y la experiencia del dermatólogo puede ser subjetivo y estar sujeto a errores humanos, lo que puede llevar a diagnósticos tardíos o incorrectos (Esteva et al., 2017). En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta prometedora para la detección temprana de enfermedades. En particular, las redes neuronales convolucionales (CNNs), una arquitectura de IA diseñada para el procesamiento de imágenes, han demostrado un gran potencial en la clasificación de imágenes médicas (LeCun et al., 2015). Las CNNs son capaces de aprender patrones complejos y diferenciar entre lesiones benignas y malignas en imágenes de la piel, ofreciendo un nivel de precisión comparable al de los dermatólogos experimentados (Tschandl et al., 2020). El proceso de entrenamiento de una CNN implica la utilización de un conjunto de datos de imágenes dermatológicas que representan diferentes tipos de cáncer de piel. Estas imágenes pasan por un preprocesamiento que incluye la normalización, segmentación y técnicas de aumento de datos, que tienen como objetivo mejorar la calidad del modelo y su capacidad de generalización (Liu et al., 2020). Estos avances no solo promueven la detección temprana, sino que también posicionan a la inteligencia artificial como un agente transformador en la medicina moderna.

OBJETIVO. El objetivo general es desarrollar un sistema automatizado de detección y clasificación de cáncer de piel utilizando redes neuronales convolucionales (CNNs), con el fin de mejorar el diagnóstico temprano, reducir los costos y el tiempo de análisis, y aumentar la precisión en la identificación de lesiones cutáneas malignas y benignas. Uno de los objetivos específicos es implementar un modelo basado en CNNs capaz de analizar imágenes dermatológicas y diferenciar entre lesiones benignas y malignas, incluyendo melanoma y carcinoma de células basales.

MATERIALES Y MÉTODOS. El conjunto de datos utilizado en esta investigación consistirá en imágenes dermatológicas obtenidas de fuentes públicas como ISIC (International Skin

Imaging Collaboration) y la generación de imágenes extraidas de secuencias de video tomadas a lesiones benignas y malignas. Estas imágenes incluirán casos de melanoma, carcinoma de células basales y lesiones benignas de piel. El conjunto de datos será dividido en tres subconjuntos: entrenamiento (70%), validación (15%) y prueba (15%). Para garantizar la calidad del entrenamiento del modelo, las imágenes serán preprocesadas utilizando las siguientes técnicas:

- Normalización: Se ajustarán los valores de los píxeles para que tengan un rango uniforme, mejorando la estabilidad del modelo.
- Segmentación: Se aplicarán algoritmos de segmentación para aislar las lesiones cutáneas del fondo, eliminando ruido y elementos no relevantes.
- Aumento de Datos: Para mejorar la capacidad de generalización del modelo, se utilizarán técnicas de aumento como rotación, traslación, escalado y espejado de las imágenes, incrementando así la diversidad del conjunto de entrenamiento.

El modelo de CNN se basará en una arquitectura estándar, adaptada para la clasificación de imágenes dermatológicas. Se utilizarán capas de convolución para extraer características de bajo y alto nivel de las imágenes, seguidas de capas de agrupamiento y totalmente conectadas para realizar la clasificación final. El modelo se entrenará utilizando el algoritmo de optimización Adam y la función de pérdida entropía cruzada, que es comúnmente utilizada para tareas de clasificación. El entrenamiento del modelo se llevará a cabo en un entorno de programación basado en Python, utilizando librerías como TensorFlow y Keras. El proceso de entrenamiento implicará múltiples épocas, con ajustes continuos en la tasa de aprendizaje y el tamaño del lote para maximizar la precisión del modelo. Se utilizará la técnica de regularización L2 y dropout para prevenir el sobreajuste del modelo.
Una vez entrenado, el modelo será evaluado utilizando el conjunto de datos de prueba. Se calcularán las siguientes métricas:

- Precisión: La proporción de predicciones correctas en relación con el total de predicciones.
- Sensibilidad (recall): La capacidad del modelo para identificar correctamente las lesiones malignas.
- Especificidad: La capacidad del modelo para identificar correctamente las lesiones benignas.
- Área bajo la curva (AUC): Una medida global del rendimiento del modelo en la clasificación binaria.

RESULTADOS. Una de las partes importantes del proceso es la arquitectura de la CNN, se construye una CNN con varias capas de Conv2D seguidas de capas de MaxPooling2D para reducir las dimensiones de las imágenes y extraer características importantes. La última capa es una Dense con una función de activación sigmoide para una clasificación binaria. Se entrena el modelo utilizando el generador de imágenes con aumento de datos, con 20 épocas como límite. Esto podemos observarlo en las Fig. 1 y Fig. 2.

```python
# Definir la arquitectura de la CNN
model = Sequential()

# Primera capa de convolución
model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(150, 150, 3)))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
model.add(BatchNormalization())

# Segunda capa de convolución
model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
model.add(BatchNormalization())

# Tercera capa de convolución
model.add(Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
model.add(BatchNormalization())

# Aplanar las capas
model.add(Flatten())
```

Figura 1. *Capas de la CNN*

```python
# Capa de salida (clasificación binaria)
model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))

# Compilar el modelo
model.compile(optimizer='adam', loss='binary_crossentropy', metrics=['accuracy'])

# Definir callbacks para evitar sobreajuste
early_stopping = EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=5)
model_checkpoint = ModelCheckpoint('best_model.h5', save_best_only=True, monitor='val_loss'

# Entrenamiento del modelo
history = model.fit(
    train_generator,
    steps_per_epoch=train_generator.samples // train_generator.batch_size,
    epochs=20,
    validation_data=validation_generator,
    validation_steps=validation_generator.samples // validation_generator.batch_size,
    callbacks=[early_stopping, model_checkpoint]
)

# Cargar el mejor modelo (según la validación)
model.load_weights('best_model.h5')

# Evaluar el modelo en el conjunto de prueba
loss, accuracy = model.evaluate(validation_generator)
print(f'Precisión en validación: {accuracy:.4f}')
```

Figura 2. *Entrenamiento de la CNN*

CONCLUSIONES. El sistema bajo entrenamiento esta dando buenos resultados, lo que nos motiva a continuar el trabajo incrementando la cantidad de imágenes para el entrenamiento, en la búsqueda de mejorar los resultados, además de llevarlo a la validación de expertos, y con pacientes que deseen participar para tener pruebas en campo. Como trabajo futuro el sistema desarrollado incluirá una interfaz gráfica que permitirá a los usuarios cargar imágenes dermatológicas para su análisis. La interfaz será construida utilizando Flask, facilitando la interacción entre el modelo de CNN y los usuarios finales. El sistema generará un diagnóstico automatizado, proporcionando al usuario una indicación clara de si la lesión cutánea es probable que sea benigna o maligna, junto con un nivel de confianza basado en la probabilidad estimada por el modelo.

REFERENCIAS.

1. American Cancer Society. (2021). *Skin Cancer Prevention and Early Detection*. https://www.cancer.org/healthy/be-safe-in-sun/skin-cancer-prevention-and-early-detection.html
2. Brinker, T. J., Hekler, A., Enk, A. H., Berking, C., Haferkamp, S., Hauschild, A., ... & von Kalle, C. (2019). Deep learning outperformed 136 of 157 dermatologists in a head-to-head dermoscopic melanoma image classification task. *European Journal of Cancer*, *113*, 47-54. https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.04.001
3. Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, *542*(7639), 115-118. https://doi.org/10.1038/nature21056
4. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, *521*(7553), 436-444. https://doi.org/10.1038/nature14539
5. Liu, Y., Jain, A., Eng, C., Way, D. H., Lee, K., Bui, P., ... & Lee, J. (2020). A deep learning system for differential diagnosis of skin diseases. *Nature Medicine*, *26*(6), 900-908. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0842-3
6. Organización Mundial de la Salud. (2020). *Cáncer de piel*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/skin-cancers
7. Tschandl, P., Rinner, C., Apalla, Z., Argenziano, G., Codella, N., Halpern, A., ... & Kittler, H. (2020). Human–computer collaboration for skin cancer recognition. *Nature Medicine*, *26*(8), 1229-1234. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0942-0

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524134

ALTERACIONES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y LARVARIO POR EFECTO SUBLETAL DEL NITRATO DE SODIO DEL AJOLOTE DE PÁTZCUARO (Ambystoma dumerilii)

Andrea Huerta Gil[1], Aram Josué García Calderón[2], Daniel Hernández Godínez[3], Patricia Ríos Chávez[4], Martha Patricia Chávez Moctezuma[5], Asdrúbal Aguilera Méndez[6]

1,2,3,4,5,6 IIQB. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1587626d@umich.mx,1208935x@umich.mx, daniel.godinez@umich.mx, patricia.rios@umich.mx, martha.chavez@umich.mx, amendez@umich.mx.

Palabras Clave: Neurodegeneración, Estrés oxidativo, Nutracéuticos.

RESUMEN. Las enfermedades neurodegenerativas (EN) son enfermedades complejas que se caracterizan por daño neuronal y progresivo de diferentes regiones del cerebro. Se ha demostrado que algunos nutracéuticos, como la biotina y el ácido lipoico, presentan efectos farmacológicos positivos en diversas EN. En este estudio, se investigó el efecto de la biotina y el ácido lipoico sobre la neurodegeneración en un modelo de ratas Wistar. Las ratas se dividieron en cinco grupos (n=5): 1) Control; 2) Neurodegenerativo (Ng), (AlCl3); 3) Neurodegenerativo + biotina (Ng+B), AlCl3 y biotina; 4) Neurodegenerativo + ácido lipoico (Ng+AL), AlCl3 y ácido lipoico; 5) Neurodegenerativo + biotina + ácido lipoico (Ng+C). Los resultados mostraron que los grupos Ng+B, Ng+AL y Ng+C tuvieron una atenuación de los síntomas de neurodegeneración y una mejora en la actividad de la catalasa. Los nutracéuticos demostraron efectos benéficos en la motricidad y cognición, además de reducir el estrés oxidativo cerebral en las ratas.

INTRODUCCIÓN. Las enfermedades neurodegenerativas son enfermedades complejas del sistema nervioso central, que se caracterizan por daño neuronal y progresivo de diferentes regiones del cerebro que afectan funciones como la cognición y la motricidad1. Aunque aún no se conoce la etiología precisa de estas enfermedades, se sabe que están involucrados factores como el estrés oxidante (EO)2. El EO es el desequilibrio entre la generación de especies reactivas de oxígeno (ERO), nitrógeno (ERN) y los mecanismos antioxidantes, lo que contribuye al daño celular y de macromoléculas como carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos3. Debido a las desventajas de los fármacos convencionales para estas enfermedades, se ha empezado a visibilizar el uso de nutracéuticos, que son componentes de un alimento que en presentación de fármaco y a dosis farmacológicas, aparte de sus propiedades nutricionales, proveen beneficios para la salud, entre los que se encuentran vitaminas, como la biotina y antioxidantes, como el ácido lipoico4.La biotina es una vitamina hidrosoluble la cual es cofactor de cinco carboxilasas, las cuales participan en el metabolismo de glucosa, aminoácidos y ácidos grasos5. El requerimiento diario de biotina va desde 5 ug/ día hasta 35 µg/día según la edad6. Sin embargo, se ha demostrado que a dosis farmacológicas (5-20 mg/día), tiene efectos positivos en distintas enfermedades crónico degenerativas5. El ácido lipoico (AL) es una molécula esencial para el crecimiento celular, oxidación de carbohidratos y aminoácidos y de igual manera, tiene un importante poder antioxidante, así como mejorando la actividad

antioxidante de otros antioxidantes endógenos7. El consumo requerido es de 200-600 mg/día y también se ha reportado que ha concentraciones farmacológicas (1200-1800 mg/día) está implicado en diferentes funciones biológicas y presenta efectos terapéuticos en diversas enfermedades crónico degenerativas8.

ANTECEDENTES. Se ha reportado en estudios preclínicos que la suplementación con biotina (10mg/kg) mejora las habilidades cognitivas, se encontró un menor número de placa AB e incrementó el número de supervivencia neuronal en hipocampo, en un modelo murino de Alzheimer9. Por otra parte, también se ha reportado la acción de la biotina (100mg/día) en estudios clínicos en pacientes con esclerosis múltiple, en donde se observó que esta vitamina revirtió los síntomas de la enfermedad10. En el caso del AL, en estudios preclínicos (100mg/kg/día) se observó que las neuronas tratadas con este antioxidante, tuvieron una morfología normal en comparación con el grupo neurodegenerativo11. En otro estudio clínico, se observó que la administración del AL (1,200 mg/día), disminuyó el estrés oxidante e inflamación en la enfermedad de esclerosis múltiple12.

OBJETIVO. Determinar el efecto neuroprotector y sobre el estrés oxidante de los nutraceúticos biotina y ácido lipoico en un modelo la neurodegeneración con ratas Wistar.

OBJETIVOS PARTICULARES. Establecer un modelo con neurodegeneración en ratas Wistar. Determinar el efecto neuroprotector de los nutracéuticos mediante pruebas en la memoria, aprendizaje, motricidad y anhedonia. Determinar el efecto de los nutracéuticos sobre la respuesta antioxidante en cerebros de ratas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se usaron ratas macho de la cepa Wistar con peso de 280-320g y se mantuvieron en condiciones de temperatura de 25° C y ciclo de luz- oscuridad de 12 h, alimentadas con croquetas para roedores (Nutricubos, Purina). El cuidado y manejo de las ratas estuvieron apegados a la Norma Oficial Mexicana: NOM-062-ZOO-1999. Se obtuvieron 5 grupos (n=5): 1) Control (Ctrl), sin tratamiento; 2) Neurodegenerativo (Ng), Cloruro de aluminio (AlC_3) 100 mg/kg vía oral; 3) Neurodegenerativo + biotina (Ng+B), $AlCl_3$ y biotina 5mg/kg, vía intraperitoneal (I.P.); 4) Neurodegenerativo + ácido lipoico (Ng +AL), $AlCl_3$ y ácido lipoico (50 mg/kg) I.P.; 5) Neurodegenerativo + biotina + ácido lipoico (Ng + C), $AlCl_3$ y la combinación de biotina con ácido lipoico. Los tratamientos duraron 8 semanas.

4.2. Laberinto en Y (memoria de trabajo espacial y memoria a corto plazo). Se colocaron a las ratas en los brazos del laberinto y se midió el tiempo de exploración. Se nombró a cada uno de los brazos del laberinto como A, B y C, respectivamente. El experimento se dividió en tres partes: 1) habituación, 2) exploración y 3) prueba.

4.3. Objeto novedoso (memoria a corto y largo plazo). Se colocaron a las ratas en una caja donde se encontraban diferentes objetos y se midió el tiempo de interacción con los objetos. La prueba consistió en cuatro fases: 1) habituación, 2) familiarización, 3) interacción y 4) interacción a largo plazo.

4.4. Fuerza de agarre (motricidad). Se colocaron a las ratas en la rejilla de metal de su caja y se le tomaron de la cola con gentileza, creando un ángulo de alrededor de 45° y dejando que se sostenga con sus patas delanteras de la rejilla durante 10s con tres repeticiones.

4.5. Evaluación en campo abierto (actividad locomotora y ansiedad). Se uso una caja de madera dividida en cuatro cuadrantes en la base (I, II, IIII, IV). En donde se colocaron las

ratas y se evaluó el tiempo que pasaban en cada cuadrante. Consistió de 2 fases: 1) habituación y 2) prueba.

4.6. Catalasa (CAT). Se realizó la eutanasia por decapitación. Posteriormente, del cerebro se extrajeron las estructuras: hipotálamo, corteza prefrontal e hipocampo y se homogenizaron en *buffer* de fosfatos (0.01M) pH 7.4. Se centrifugó la a 13000 rpm y 4°C por 15 min. Por último, se recolectó el sobrenadante. En la mezcla se agregaron 470 µL de buffer de fosfatos (50 mM) pH 7.0, 10 µL de muestra, 20 µL de H_2O_2 (30 mM) como sustrato y se midió su absorbancia a 240 nm cada 30 s durante 3 min.

RESULTADOS.

Laberinto en Y. El porcentaje de alternancias en el laberinto Y (Fig. 1a) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (P<0.05). En el número de entradas al brazo "C" (Fig. b), el grupo Ng+B muestró un mayor número de entradas con respecto al grupo Ng (P=0.0152).

Objeto novedoso. El grupo Ng+B y Ng+AL fueron diferentes estadísticamente (P=0.0170 y P= 0.0203, respectivamente) con respecto al grupo Ng (Fig. 1c). A las 24 h (Fig. 1d), no hubo diferencia significativa en el tiempo de exploración entre los grupos.

Fuerza de agarre. Se observó que existen diferencias estadísticamente significativas con los grupos Ng+B (P=0.001), Ng+AL (P< 0.0001) y Ng+C (P<0.0001), con respecto al grupo Ng (Fig. 1e).

Prueba de campo abierto. Se observó que el número de cuadrantes cruzados fue mayor en el grupo NG+B representó valores estadísticamente significativos del grupo Ng+B (P=0.0418) con respecto al grupo Ng (Fig. 1f).

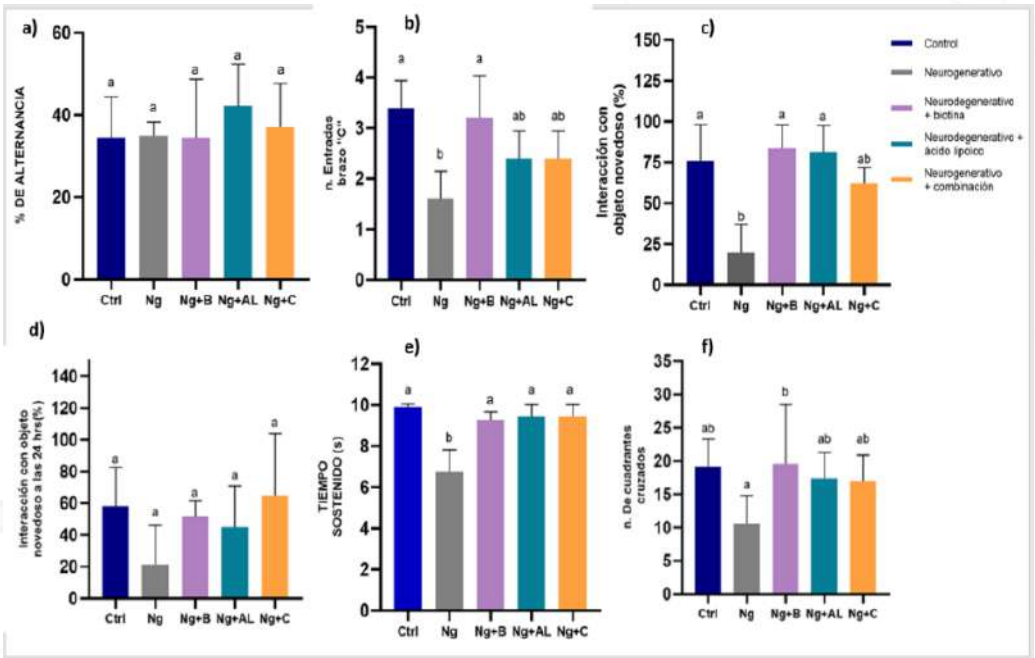


Figura 1. *Pruebas conductuales. a) Prueba de memoria de trabajo. b) Prueba de memoria a corto plazo. c) Prueba de memoria a corto plazo. d) Prueba de memoria a largo plazo. e) Prueba de motricidad. f) Prueba de memoria espacial. Los valores representan la media y error estándar, n=5, P=0.05. Se realizó un ANOVA de dos vías seguido de una prueba post hoc de Tukey.*

Catalasa (CAT)

La actividad de la catalasa presentó diferencias estadísticamente significativas entre el grupo Ctrl y el grupo Ng (P=0.0014) y entre el grupo Ctrl y Ng+AL (P=0.0404) (Fig. 2).

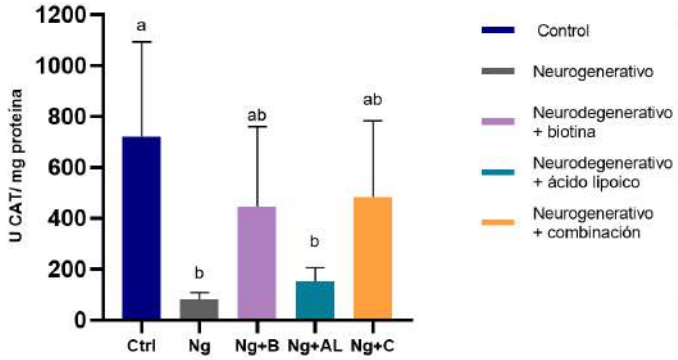


*Figura 2. Actividad de la catalasa en cerebros de rata. Los valores representan la media de la actividad de la catalasa (n=5), *P<0.05. Se realizó un ANOVA de dos vías seguido de una prueba de Tukey.*

CONCLUSIONES. Los nutracéuticos biotina, ácido lipoico y la combinación de ambos, tienen un efecto en la atenuación en algunos síntomas de la neurodegeneración como lo son el declive de la motricidad, locomoción, memoria y fuerza de los individuos. De igual manera, estos nutracéuticos disminuyeron el estrés oxidativo en el cerebro de ratas.

REFERENCIAS.

1. Agnello, L., & Ciaccio, M. (2022). Neurodegenerative Diseases: From Molecular Basis to Therapy. International journal of molecular sciences, 23(21), 12854. https://doi.org/10.3390/ijms232112854.
2. Temple S. (2023). Advancing cell therapy for neurodegenerative diseases. Cell stem cell, 30(5), 512–529. https://doi.org/10.1016/j.stem.2023.03.017
3. Chen, Z., Zhong, C. Oxidative stress in Alzheimer's disease (2014). Neurosci. Bull. 30, 271–281. https://doi.org/10.1007/s12264-013-1423-y.
4. Chandra, S., Saklani, S., Kumar, P., Kim, B., & Coutinho, H. D. M. (2022). Nutraceuticals: Pharmacologically Active Potent Dietary Supplements. BioMed research international, 2022, 2051017. https://doi.org/10.1155/2022/2051017
5. Karachaliou, C. E., & Livaniou, E. (2024). Biotin Homeostasis and Human Disorders: Recent Findings and Perspectives. International journal of molecular sciences, 25(12), 6578. https://doi.org/10.3390/ijms25126578.
6. Saleem, F., & Soos, M. P. (2023). Biotin Deficiency. In StatPearls. StatPearls Publishing.
7. Solmonson, A., & DeBerardinis, R. J. (2018). Lipoic acid metabolism and mitochondrial redox regulation. The Journal of biological chemistry, 293(20), 7522–7530. https://doi.org/10.1074/jbc.TM117.000259.
8. Anthony, R. M., MacLeay, J. M., & Gross, K. L. (2021). Alpha-Lipoic Acid as a Nutritive Supplement for Humans and Animals: An Overview of Its Use in Dog Food. Animals: an open access journal from MDPI, 11(5), 1454. https://doi.org/10.3390/ani11051454.
9. Almasi, S., Jafarzadeh Shirazi, M. R., Rezvani, M. R., Ramezani, M., Salehi, I., Pegah, A., & Komaki, A. (2024). The protective effect of biotin supplementation and swimming training on cognitive impairment and mental symptoms in a rat model of Alzheimer's disease: A behavioral, biochemical, and histological study. Heliyon, 10(13), e32299. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32299.
10. Tourbah A, Lebrun-Frenay C, Edan G, et al. MD1003 (high-dose biotin) for the treatment of progressive multiple sclerosis: A randomised, double-blind, placebo-controlled study. Multiple Sclerosis Journal. 2016;22(13):1719-1731. doi:10.1177/1352458516667568.
11. Ahmed H. H. (2012). Modulatory effects of vitamin E, acetyl-L-carnitine and α-lipoic acid on new potential biomarkers for Alzheimer's disease in rat model. Experimental and toxicologic pathology : official journal of the Gesellschaft fur Toxikologische Pathologie, 64(6), 549–556. https://doi.org/10.1016/j.etp.2010.11.012.
12. Khalili, M., Soltani, M., Moghadam, S. A., Dehghan, P., Azimi, A., & Abbaszadeh, O. (2017). Effect of alpha-lipoic acid on asymmetric dimethylarginine and disability in multiple sclerosis patients: A randomized clinical trial. Electronic physician, 9(7), 4899–4905. https://doi.org/10.19082/4899.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524135

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES ANTIOXIDANTES Y ANTIOBESIGÉNICAS DE UNA TORTILLA ELABORADA A BASE DE MAÍZ NEGRO

Mercedes Victoria Urquiza Martínez[1], Estefanía Farías Gaytán[1,2], Floriberta Martínez Villalobos[1], Paola García Delgado, Luz Torner[4], Omar Guzmán Quevedo1*.

*1Laboratorio de Neuronutrición Experimental e Ingeniería de Alimentos, Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro. Tacámbaro, Michoacán. #Lnmurquiza@live.com, &19940130@itstacambaro.edu.mx, *omar.gq@tacambaro.tecnm.mx*

2Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas (opción en Biotecnología Molecular), UMSNH, Morelia, Michoacán. %0675152j@umich.mx

3Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tecnológico Nacional de México (TECNM) / Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro. Puruándiro, Michoacán. paugardel001@gmail.com

4Centro de Investigación Biomédica de Michoacán, Instituto Mexicano del Seguro Social. Morelia, Michoacán. luz_torner@yahoo.com

Palabras Clave: obesidad, capacidad antioxidante, antocianinas.

RESUMEN. La obesidad, principal causa de morbimortalidad en México y el mundo, se desarrolla por un alto consumo de calorías comparado a su gasto. Hasta ahora, las estrategias de tratamiento han sido poco efectivas. Debido a ello, ha aumentado el interés en explorar los efectos de los alimentos funcionales, como alternativa, en esta patología. El maíz negro debe su color a las antocianinas, un tipo de flavonoides con efectos comprobados sobre la salud. Objetivo: estudiar las propiedades antioxidantes y antiobesogénicas de una tortilla elaborada a base de maíz negro en ratones obesos alimentados con una dieta hiperlipídica (HFD). Metodología: Se elaboraron dos tipos de tortillas a base de maíz negro nixtamalizado en estufa solar, una con maíz negro únicamente (RC) y la otra con 70% maíz negro adicionada con lenteja, nopal, semilla de aguacate y amaranto (BCL). Se realizaron determinaciones de cantidad de fenoles (Folin-Ciocalteu) y capacidad antioxidante (DPPH). Posteriormente, se administraron (4 semanas) a ratones con obesidad inducida con una dieta hiperlipídica (HFD) y se midió su efecto en su peso, consumo de alimento y eficiencia alimentaria (EA). Los grupos experimentales (n=5-6) fueron: 1) con dieta estándar (CHOW), 2) dieta estándar con RC (CHOW+RC), 3) dieta estándar con BCL (CHOW+BCL), 4) con HFD, 5) HFD+RC y 6) HFD+BCL. Los resultados mostraron una cantidad alta en polifenoles y capacidad antioxidante en ambas tortillas. Ratones del grupo HFD+RC como el HFD+BCL mostraron una pérdida de peso significativa vs HFD. Respecto al consumo de alimento se mantuvo similar entre grupos lo que se tradujo en la disminución de la EA (p=0.001 y 0.003 vs HFD). Conclusión: el maíz negro, rico en antioxidantes y fenoles, mostró efecto significativo en la disminución del peso corporal sugiriendo su uso como medida alimenticia coadyuvante en el tratamiento de la obesidad.

INTRODUCCIÓN. Méxi La obesidad es definida como una acumulación anormal y excesiva de tejido adiposo que puede ser perjudicial para la salud. Afecta a cerca de un tercio de la población adulta en todo el mundo (WHO, 2016). Las comorbilidades relacionadas a la

obesidad, entre las que destacan las enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, esteatosis y diabetes mellitus tipo 2, conforman la primera causa de morbi-mortalidad en nuestro país (Silverio-Murillo et al., 2023). La obesidad es causada por un desbalance en el consumo/gasto de energía, que se da por el consumo calórico en los alimentos vs el gasto en forma de actividad física, metabolismo basal o termogénesis. Estudios han mostrado que una dieta alta en grasas saturadas causa inflamación alterando la regulación del balance energético en el sistema nervioso central, puntualmente, en el hipotálamo. Además, se presenta un aumento en las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, causando estrés oxidativo (Kreutzer et al., 2017). Pese a la alta prevalencia de la obesidad, aún no se han encontrado tratamientos efectivos a largo plazo que sean accesibles a la mayoría población. Debido a ello, el interés en estudiar a los alimentos funcionales como coadyuvantes en su tratamiento ha aumentado (Cao et al., 2022). Los alimentos funcionales son definidos como aquellos que son benéficos a la salud más allá de su aporte nutricio cuando son consumidos en manera habitual. Éstos, además, son accesibles, de bajo costo y pueden diseñarse a partir de productos agroalimentarios que se desechan. Estudios han comprobado que son ricos en antioxidantes y compuestos fenólicos con potencial para tratar esta patología. Las antocianinas presentes en alimentos que presentan coloraciones en el rango de rojo, morado, azul o negro son representantes de estos alimentos funcionales. El maíz, como producto altamente consumido en nuestro país, se consume en su mayoría en las variedades blanco y amarillo. Debido a ello, surge el objetivo de estudiar la capacidad antioxidante y potencial uso para el tratamiento de la obesidad de una tortilla elaborada con maíz negro, para dar promoción al diseño y consumo de alimentos elaborados a partir de él.co

ANTECEDENTES. El estudio de alimentos funcionales ha despertado gran interés debido a la coyuntura que se presenta entre la fisiología de su funcionamiento en la salud, la producción agrícola y la industria alimentaria. Siendo una opción atractiva para su diseño y consumo y así, ofrecer al consumidor productos que beneficien su salud. Estudios previos señalan la efectividad de las antocianinas de maíz pigmentado en la regulación del peso corporal (Xu et al., 2021); en el equipo de trabajo, se ha mostrado la eficacia de algunos alimentos funcionales en el tratamiento de la obesidad. Entre ellos destaca: el uso de nopal deshidratado como antiinflamatorio hipotalámico (Urquiza-Martínez et al., 2020), el efecto agudo y crónico de kaempferol como promotor del gasto energético (Romero-Juárez et al., 2023), el uso potencial de flavonoides en alteraciones metabólicas (Gouveia et al., 2022), el uso de un desecho agroindustrial como la semilla de aguacate fuente de polifenoles a manera de estrategia en el tratamiento de la obesidad (Velázquez-González et al., 2023).

OBJETIVO. Estudiar las propiedades antioxidantes y antiobesogénicas de una tortilla elaborada a base de maíz negro.

OBJETIVO ESPECÍFICOS:
Elaborar una tortilla a base de maíz negro y otra suplementada con lenteja, nopal deshidratado, semilla de aguacate y amaranto, usando energía sustentable para su nixtamalización.
Realizar determinación de contenido fenólico y capacidad antioxidante en ambas tortillas.
Evaluar el efecto del consumo de las tortillas sobre el peso corporal, consumo de alimento y eficiencia alimentaria en ratones con obesidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. *Elaboración de la tortilla*

Se elaboraron dos tipos de tortillas a base de maíz negro. La tortilla con solo maíz negro (RC) y la tortilla adicionada con nopal, semilla de aguacate, lenteja y amaranto (BCL). Para la nixtamalización se puso en una estufa solar agua potable a calentar por 90 min, se agregaron 60g de cal y se dejó 30min calentando. Mientras tanto, se seleccionó el maíz, se lavó con agua y se agregó al agua con cal. Permaneció 1.5h y después se movió del rayo solar para que se enfriara en la misma estufa hasta el día siguiente. Se lavó y enjuagó varias veces para deshacerse del hollejo y el exceso de cal. Se dejó secar y se deshidrato 2h a 50°C, para pulverizarse después. Los demás ingredientes también se pulverizaron, se prepararon tortillas agregando agua, aceite y sal Posteriormente se hornearon a 100°C por 20 min. Se hicieron comparaciones con tortilla hecha a partir de maíz blanco. Todas las pruebas se hicieron por triplicado.

Pruebas antioxidantes. Se realizó un extracto hidrometanólico de las tortillas para medir su cantidad de fenoles totales y para probar su capacidad antioxidante. Para ello, 2g de muestra (tortilla molida) se mezclaron con 20mL de hexano para remover la parte lipídica de la muestra. Posteriormente, se agregó una solución de metanol:agua (% v/v, 80:20) y se incubó 24h a 45°C. Se centrifugó a 3500rpm durante 15min, repitiendo 3 veces. El sobrenadante fue recuperado y rotoevaporado para concentrar el extracto y se filtró (econofiltros de 45µm). Los fenoles totales fueron determinados usando la técnica de Folin-Ciocalteu. Ésta consistió en mezclar el reactivo Folin-Ciocalteu, extracto de la muestra y una solución de bicarbonato de sodio al 10%. Se dejó reposar 20min y la absorbancia fue medida en un espectrofotómetro UV/VIS a 700nm. La concentración de fenoles fue determinada usando una curva estándar de ácido gálico. La actividad antioxidante fue determinada usando la técnica de DPPH (Bondet *et al*., 1997). En esta técnica, el DPPH vira de color púrpura a amarillo al entrar en contacto con compuestos antioxidantes. En este caso utilizamos a la Quercetina para realizar la curva patrón y determinar la concentración aproximada de compuestos antioxidantes en el extracto de las tortillas.

Pruebas in vivo. Se eligió al ratón C57Bl/6j debido a la respuesta metabólica que tiene para la inducción a obesidad con una dieta hiperlipídica (HFD) y los efectos similares que presenta con el ser humano. Se emplearon 32 ratones adultos macho (8 semanas de edad). Se administró una dieta normal (CHOW) a 15 de ellos y a 17 se les proporcionó una HFD (dieta con 60% de sus calorías provenientes de manteca de cerdo) durante 16 semanas para inducir la obesidad. Posteriormente, se dividieron en tres grupos cada uno de los grupos para recibir las siguientes dietas: CHOW (n=5), CHOW+RC (n=5) y CHOW+BCL (n=5), HFD (n=5), HFD+RC (n=6) y HFD+BCL (n=6). Los ratones fueron mantenidos en condiciones controladas de luz (12/12h luz/oscuridad) y temperatura (22±2°C), con acceso a agua y alimento *ad libitum*. Semanalmente se obtuvo su peso y consumo de alimento para calcular su eficiencia alimentaria, es decir, su capacidad de transformar en masa corporal las kcal consumidas en el alimento.

Análisis estadístico. Las determinaciones en las tortillas se hicieron por triplicado y se presentan como media ± DE. Los resultados obtenidos en los ratones se muestran como media ± error estándar. Se empleó el paquete estadístico GraphPad Prism 8.0.2 (La Joya, California) para los análisis. Se comparó con ANOVA de una o dos vías con un *poshoc* de Bonferroni. Se considero como significativo el resultado con una p≤0.05.

RESULTADOS.

Pruebas antioxidantes. Tanto en la determinación de fenoles totales, como en la capacidad antioxidante y el % de inhibición de DPPH se muestra que hay una cantidad similar en los tres tipos de tortilla **(Fig 1)** y que está es relevante (Mashau *et al*., 2020).



Figura 1. *Determinación de fenoles totales (A), Capacidad antioxidante (B) y % de inhibición de DPPH (C). Se realizaron por triplicado en tortillas blancas, de maíz negro (RC) y maíz adicionado con lenteja, nopal, semilla de aguacate y amaranto (BCL).*

Administración en modelo animal. Se observó en la **Fig 2** una pérdida de peso en los ratones que consumieron las tortillas de maíz negro, inicialmente, la tortilla BCL tuvo un efecto a partir de la 2a semana mientras que en la tortilla RC se observa a partir de la 3a. El consumo de energía fue mayor en el grupo con HFD+RC y, pese a ello, se tuvo una eficiencia alimentaria negativa en este grupo y el que consumió tortilla BCL. Los ratones normopesos que la consumieron no tuvieron alteraciones de peso o consumo de energía vs el control.

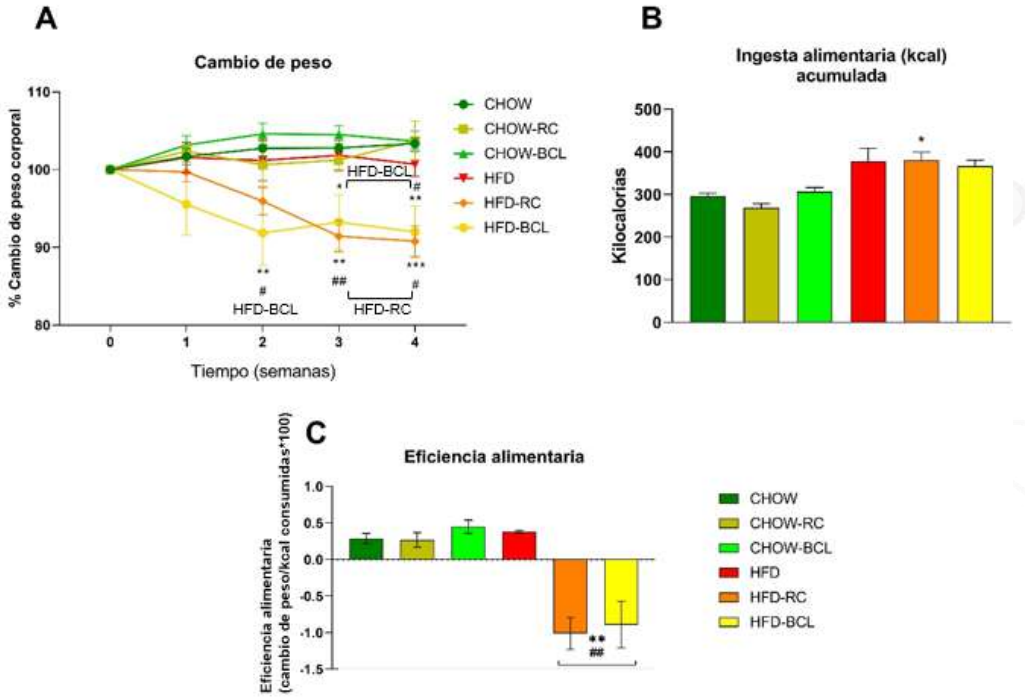


Figura 2. *Balance energético en un modelo de obesidad en ratón con tortilla elaborada con maíz negro únicamente o adicionado con lenteja, nopal, semilla de aguacate y amaranto. A) Cambio de peso en las 4 semanas de tratamiento, B) Ingesta acumulada de kcal y C) Eficiencia alimentaria. Grupos: CHOW (n=5), CHOW+RC (n=5), CHOW+BCL (n=5), HFD (n=5), HFD+RC (n=6) y HFD+BCL (n=6). ANOVA de una o dos vías, poshoc Bonferroni, p<0.05 vs *CHOW o #HFD.*

CONCLUSIONES. Los efectos observados no son atribuidos a la capacidad antioxidante, ya que fue la misma en las diferentes tortillas. Los efectos observados obtenidos del

consumo de las antocianinas del maíz negro pueden corresponder a la capacidad de los flavonoides para aumentar el gasto energético a través del sistema de la tiroides y regular el metabolismo lipídico vía AMPK (da Silva et al., 2007; Xu et al., 2021). Sin embargo, más estudios son necesarios para probar esta hipótesis. Los estudios permitirán promover el consumo de este maíz, el cual es inferior al 1%, como una estrategia en contra de la obesidad.

REFERENCIAS.

1. Cao, Y., Han, S., Lu, H., Luo, Y., Guo, T., Wu, Q., & Luo, F. (2022). Targeting mTOR Signaling by Dietary Polyphenols in Obesity Prevention. In Nutrients (Vol. 14, Issue 23). https://doi.org/10.3390/nu14235171
2. da-Silva, W. S., Harney, J. W., Kim, B. W., Li, J., Bianco, S. D., Crescenzi, A., Christoffolete, M. A., Huang, S. A., & Bianco, A. C. (2007). The small polyphenolic molecule kaempferol increases cellular energy expenditure and thyroid hormone activation. Diabetes, 56(3), 767–776. https://doi.org/10.2337/db06-1488
3. Gouveia, H. J. C. B., Urquiza-Martínez, M. V., Manhães-de-Castro, R., Costa-de-Santana, B. J. R., Villarreal, J. P., Mercado-Camargo, R., Torner, L., de Souza Aquino, J., Toscano, A. E., & Guzmán-Quevedo, O. (2022). Effects of the Treatment with Flavonoids on Metabolic Syndrome Components in Humans: A Systematic Review Focusing on Mechanisms of Action. In International Journal of Molecular Sciences (Vol. 23, Issue 15). https://doi.org/10.3390/ijms23158344
4. Kreutzer, C., Peters, S., Schulte, D. M., Fangmann, D., Türk, K., Wolff, S., ... & Laudes, M. (2017). Hypothalamic inflammation in human obesity is mediated by environmental and genetic factors. Diabetes, 66(9), 2407-2415.
5. Mashau, M. E., Mabodze, T., Tshiakhatho, O. J., Silungwe, H., & Ramashia, S. E. (2020). Evaluation of the content of polyphenols, antioxidant activity and physicochemical properties of tortillas added with bambara groundnut flour. Molecules, 25(13). https://doi.org/10.3390/molecules25133035
6. Romero-Juárez, P. A., Visco, D. B., Manhães-de-Castro, R., Urquiza-Martínez, M. V., Saavedra, L. M., González-Vargas, M. C., Mercado-Camargo, R., Aquino, J. de S., Toscano, A. E., Torner, L., & Guzmán-Quevedo, O. (2023). Dietary flavonoid kaempferol reduces obesity-associated hypothalamic microglia activation and promotes body weight loss in mice with obesity. Nutritional Neuroscience, 26(1). https://doi.org/10.1080/1028415X.2021.2012629
7. Silverio-Murillo, A., Balmori De La Miyar, J. R., & Martínez-Alfaro, A. (2023). Non-COVID-19 deaths in times of pandemic. Journal of Public Health (United Kingdom), 45(2). https://doi.org/10.1093/pubmed/fdac115
8. Urquiza-Martínez, M., Eduardo Martínez-Flores, H., Guzmán-Quevedo, O., Elisa Toscano, A., Manhães de Castro, R., Torner, L., Mercado-Camargo, R., Elena Pérez-Sánchez, R., & Carmen Bartolome-Camacho, M. (2020). Addition of Opuntia ficus-indica Reduces Hypothalamic Microglial Activation and Improves Metabolic Alterations in Obese Mice Exposed to a High-fat Diet. Journal of Food and Nutrition Research, 8(9). https://doi.org/10.12691/jfnr-8-9-4
9. Velázquez-González, F. G., Urquiza-Martínez, M. V., Manhães-de-Castro, R., Romero-Juárez, P. A., Bedolla-Valdez, Z. I., Ponce-Pérez, J. M., Farías-Gaytán, E., Vázquez-Garcidueñas, M. S., Vázquez-Marrufo, G., Toscano, A. E., Torner, L., Pérez-Villarreal, J., & Guzmán-Quevedo, O. (2023). Chronic consumption of avocado seed (Persea americana) promotes a negative energy balance and body weight reduction in high-fat diet exposed mice: Implications for functional foods. Journal of Functional Foods, 108. https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105751
10. WHO. (2016). Obesity and overweight: Fact sheet. WHO Media Centre, June.
11. Xu, H., Liu, M., Liu, H., Zhao, B., Zheng, M., & Liu, J. (2021). Anthocyanins from purple corn ameliorated obesity in high fat diet-induced obese mice through activating hepatic AMPK. Journal of Functional Foods, 84, 104582.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524136

EXPRESIÓN DE BCL-2 Y LA RELACIÓN DE STAT3 CON SOCS3 EN EL PRONÓSTICO DE PACIENTES CON LEUCEMIA AGUDA

Karla Ivette Camacho Álvarez[1], Sergio Gutiérrez Castellanos2, Genesis García Téllez[1], Corintia Alejandra Bautista Verduzco[1], Anel Gómez Garcí[2], Sandra Guadalupe Sánchez-Ceja[3], Eloy Pérez Rivera[4], Luz Yadira Zúñiga Quijano Eurídice Ulloa[4]

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS; sergio.gutierrezc@imss.gob.mx , anel.gomez @imss.gob.mx

3Laboratorio de Citopatología Molecular, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", UMSNH; sergio.gutierrezc@imss.gob.mx, sandra.sanchez @umich.mx

4Servicio de Oncohematología, Hospital Infantil de Morelia Eva Sámano de López Mateos, Morelia, Mich., México; Eloyperezrivera@yahoo.com.mx, Lyadi.2106 @gmail.com, Ulloa: eu_salaices @hotmail.com

Palabras Clave: Leucemia aguda, SOCS3, BCL-2, pacientes.

RESUMEN. La leucemia aguda es una neoplasia maligna que se caracteriza por proliferación clonal de precursores hematopoyéticos inmaduros que infiltran la médula ósea. Existen dos subtipos de leucemia aguda la mieloblástica (LMA) y la linfoblástica (LLA). El factor pronóstico de los pacientes se basa en la edad al diagnóstico, cantidad de leucocitos, alteraciones moleculares y la presencia de enfermedad mínima residual. Aunque se ha avanzado en el tratamiento de los pacientes, aún se presentan complicaciones para curarla. Por ello la investigación se ha enfocado en moléculas que tienen importancia en el cáncer por su capacidad de proliferación e inhibición de la apoptosis. Objetivo general: Analizar la expresión génica de SOCS3 y BCL-2 con la asociación a factores pronóstico en pacientes diagnosticados con leucemia aguda de novo. Se trabajó con un banco de RNA de muestras de pacientes pediátricos y adultos con leucemia aguda, se realizó RT-qPCR para cuantificar la expresión de SOCS3 y BCL-2; además, se buscaron asociaciones entre la expresión de los genes con factores pronóstico de la enfermedad. Hasta el momento se han analizado 41 muestras de pacientes con LLA y 16 pacientes con LMA. Se pudo observar que la expresión de SOCS3 no fue significativa en ningún grupo de pacientes; sin embargo, mostró diferencias estadísticamente significativas respecto STAT3α en pacientes pediátricos y adultos con LLA (p=0.0093 y p=0.0051, respectivamente). La expresión de BCL-2 no tuvo significancia estadística en ninguno de los grupos de pacientes.

INTRODUCCIÓN. La leucemia aguda es caracterizada por una desregulación en la proliferación de precursores hematopoyéticos, conocidos como blastos, que infiltran a la medula ósea en una proporción superior al 20% de la celularidad total. Los dos subtipos principales son la leucemia mieloblástica aguda y la leucemia linfoblástica aguda, así mismo, ciertas alteraciones como por ejemplo en la edad, conteo inicial de leucocitos, entre otros puede afectar al pronóstico del paciente. Es importante que la investigación se enfoque en moléculas que puedan ayudar a mejorar el factor pronostico del paciente, como por ejemplo BCL-2 y la relación de STAT3 con SOCS3.

ANTECEDENTES. La leucemia aguda (LA) se caracteriza por ser una neoplasia en la que se produce una proliferación clonal de precursores hematopoyéticos inmaduros, conocidos como blastos, que infiltran la MO en una proporción superior al 20% de la población celular total. La evolución de esta enfermedad es altamente progresiva, lo que conduce a la aparición de síntomas debido a la insuficiencia medular y a la infiltración de tejidos no hematopoyéticos. Los progenitores hematopoyéticos pueden dividirse en dos características principales: linaje mieloide y linaje linfoide, lo que dará a la leucemia linfoblástica y mieloblástica aguda (LLA y LMA respectivamente) (García et al., 2016). En esta enfermedad existen ciertas proteínas que desempeñan gran importancia al transmitir señales desde la membrana celular hacia el núcleo, lo que resulta en la activación de la transcripción génica como las STAT. Además, la familia STAT desempeña un rol esencial en la regulación de procesos celulares normales como la diferenciación, apoptosis, proliferación, supervivencia y también contribuyen a la organización epigenética de las células del sistema inmunitario, esto por su principal vía de señalización JAK/STAT (Waele et al, 2020). Existen ciertos reguladores de esta vía de señalización, uno de ellos es SOCS3 que emerge como un elemento de gran importancia en la vía de señalización JAK2/STAT3. Esta vía constituye un regulador central en la transducción de señales celulares que afectan la proliferación y la supervivencia celular. Aunque su papel como regulador negativo de esta vía es conocido, la relación específica entre SOCS3 y la leucemia linfoblástica aguda (LA) es un campo aún poco explorado (Morris et al., 2018). Por otra parte, BCL-2 tiene implicaciones importantes en la apoptosis intrínseca; la sobreexpresión de esta proteína puede evitar la resistencia a la apoptosis y a tratamientos como la quimioterapia (Wei et al., 2020). BCL-2 codifica una proteína mitocondrial que tiene como función inhibir el inicio de la apoptosis inducida, por falta de factores de crecimiento o por agentes citotóxicos (Zhou et al., 2019).

OBJETIVO. Analizar la expresión génica de SOCS3, STAT3, BCL-2 y su asociación a factores de mal pronóstico en pacientes diagnosticados con leucemia aguda de novo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar el nivel de expresión de SOCS3 y BCL-2 en pacientes con leucemia aguda de novo. Evaluar la relación de SOCS3 y BCL-2 con las características clínicas de los pacientes con leucemia aguda de novo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se incluyeron 54 pacientes de un banco de ARN del laboratorio de citopatología molecular tanto pacientes pediátricos como adultos con diagnóstico de leucemia aguda de *novo* que ingresaron a los Servicios de Oncología Pediátrica y Hematología del Hospital Regional No. 1 del IMSS-Morelia, el Hospital Infantil de Morelia “Eva Sámano de López Mateos”, el Hospital Civil “Dr. Miguel Silva” y el Hospital de alta especialidad del ISSSTE de Morelia, Michoacán. Se analizaron muestras de sangre periférica y médula ósea.

Aislamiento de leucocitos. Se lisaron los eritrocitos con NH_4Cl A 1x, se incubó, se centrifugó y se lavó con PBS 1x 3 veces. Por último, se contabilizaron las células en cámara de neubauer utilizando azul de tripano para también conocer la viabilidad.

Extracción de ARN. La extracción de ARN se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones del fabricante “Invitrogen”, se agregó cloroformo, se incubó, posteriormente se centrifugó, la fase acuosa se transfirió a un tubo estéril. Para precipitar el ARN se añadió isopropanol y se incubo, posteriormente se centrifugó y se eliminó el sobrenadante. Se añade etanol al

75%, se centrifugó y se eliminó sobrenadante. El botón de ARN se homogeniza con agua estéril. Finalmente se cuantifica en Nanodrop.

Tratamiento con DNAsa. Se realizó un tratamiento con DNAsa para descartar cualquier posible contaminación de ADN genómico presente en las muestras de ARN extraídas. Se siguieron las recomendaciones del fabricante RQ1 (RNA-Qualified) RNase-Free de Promega. Posteriormente para la inactivación de la enzima se realizaron cambios en el protocolo de purificación de RNA de Invitrogen™ TRIzol™ .

RT-qPCR. Se sintetizó ADNc a partir de ARN mensajero (ARNm) utilizando transcriptasa inversa, Para la realización de ADNc se siguieron las recomendaciones del fabricante M-MLV Reverse Transcriptase de Promega. Teniendo ADNc se procede a hacer qPCR con los primers de los genes de interés, en este caso *SOCS3* y *BCL-2*. Las temperaturas utilizadas; pre- desnaturalización 95°C por 3 min, desnaturalización 95°C por 5 seg, alineación 60°C por 30 seg, curva de desnaturalización 55-95°C

RESULTADOS. Un total de 41 pacientes con diagnostico confirmado de LLA de los cuales los pacientes pediátricos (n=21) pertenecen al 51% mientras que el grupo de los adultos (n=20) pertenece al 49%. La edad de los pacientes fue de 1 a 16 años en el caso del grupo pediátrico, en adultos, la edad fue de los 18 a los 65 años al momento del diagnóstico. En el caso de los pacientes con LMA, el grupo de los adultos fueron 13 pacientes de con edades de los 18 a los 88 años, en los pediátricos solo fueron 3 pacientes con edad de 1 mes a 11 años.

Expresión de SOCS3 y BCL-2 en pacientes pediátricos con LLA-B y LLA-T. En los casos de LLA-B y LLA-T en relación con el grupo control no sé se encontró significancia estadística en la expresión de *SOCS3* y *BCL-2* (Fig. 1).

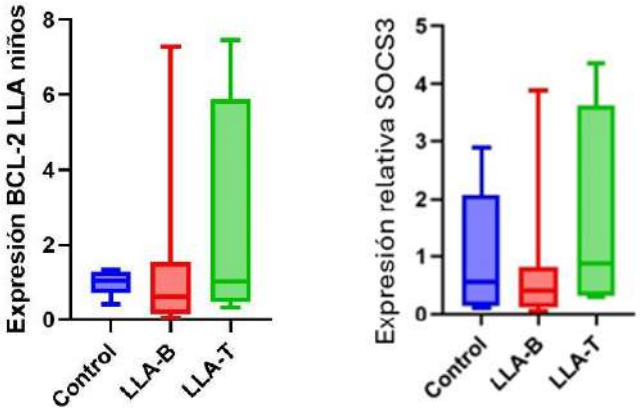


***Figura 1**. Expresión de los genes SOCS3 y BCL-2 en LLA-B y LLA-T en pacientes pediátricos, se presentan en medianas y desviación estándar*

Pacientes con Leucemia Mieloide Aguda. En los casos de pacientes con LMA no hubo significancia estadística entre el control y la expresión de los genes de *SOCS3* Y *BCL-2* (Fig. 2).

Relación de la expresión entre STAT3α y SOCS3 en pacientes con leucemia aguda. En la relación de la expresión entre *STAT3α* y *SOCS3*, se encontró significancia estadística en el grupo de LLA-B (p=0.009), de igual forma se encontró significancia estadística de *STAT3* con *SOCS3* en pacientes adultos con LLA (p=0.005), por último, también se

encontró significancia estadística entre *STAT3α* y *SOCS3* en pacientes adultos con LMA (p= <0.0001) (Fig. 3).

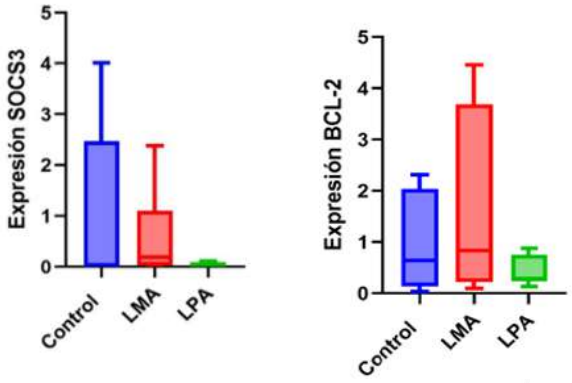


Figura 2. *SOCS3 y BCL-2 en LMA y LPA en pacientes adultos, se presentan en medianas y desviación estándar.*

Asociación de factores pronóstico con la expresión de *SOCS3 y BCL-2* en el pronóstico de pacientes con leucemia aguda. En pacientes pediátricos y adultos con LLA y LMA no se observó alguna asociación entre la expresión de *SOCS3* y *BCL-2* con el factor pronostico como el riesgo por edad, riesgo por conteo de leucocitos y enfermedad mínima residual (Tabla 1).

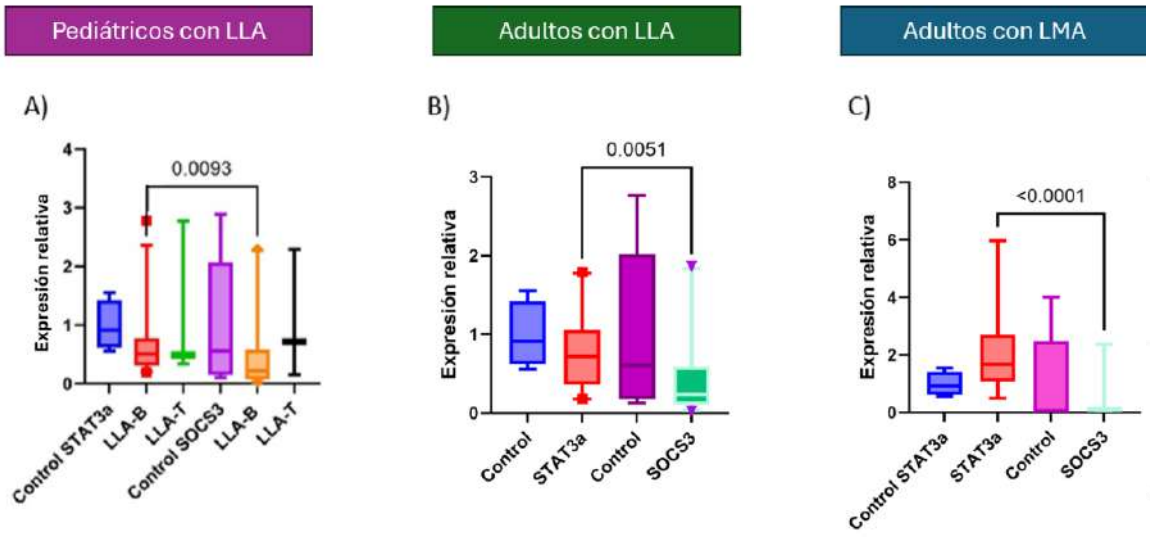


Figura 3*. A) Relación de STAT3a y SOCS3 en LLA-B y LLA-T en pacientes pediátricos, B) Relación de STAT3a y SOCS3 en pacientes adultos con LLA, C) Relación de STAT3a y SOCS3 en pacientes adultos con LMA, se presentan en medianas y desviación estándar.*

		Pacientes pediátricos		***Pacientes adultos***	
	Gen	Chi-cuadrada	*Valor de p*	Chi-cuadrada	*Valor de p*
Riesgo por edad					
	SOCS3	1.335	0.248	0.067	.795
	BCL-2	0.115	0.735	3.300	0.069
Riesgo por conteo de leucocitos					

	SOCS3	0.010	0.920	2.400	0.121
	BCL-2	.403	.526	0.267	0.606
Enfermedad mínima residual					
	SOCS3	2.395	0.302	2.701	0.259
	BCL-2	1.174	0.556	0.327	0.849

Tabla 1*. Asociación entre la expresión de genes SOCS3 y BCL-2 con riesgo por edad, riesgo por conteo de leucocitos y respuesta de la enfermedad mínima residual (EMR) por la prueba estadística chi-cuadrada en pacientes con LLA.*

CONCLUSIONES. No hubo expresión estadísticamente significativa en SOCS3 y BCL-2, lo cual explicaría que SOCS3 no está regulando negativamente la vía de señalización de JAK/STAT, existen otras moléculas que regulan a esta vía como PIAS y PTP´S por lo cual se tendría que investigar más sobre dichas moléculas.

REFERENCIAS.

1. García, L., Cabrero, M., & Del Cañizo, C. (2016). Leucemias agudas. Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 12(21), 1201-1212. DOI: 10.1016/j.med.2016.10.011
2. Waele, J., Quatannens, D., Deben, C., Prenen, H., Pauwels, P., Trinh, X. B., Wouters, A., Smits, E. L. J., Lardon, F., & van Dam, P. A. (2020). The potential and controversy of targeting STAT family members in cancer. Seminars in cancer biology, 60, 41–56. https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2019.10.002.
3. Morris, R., Kershaw, N. J., & Babon, J. J. (2018). The molecular details of cytokine signaling via the JAK/STAT pathway. Protein science: a publication of the Protein Society, 27(12), 1984–2009. https://doi.org/10.1002/pro.3519.
4. Wei, Y., Cao, Y., Sun, R., Cheng, L., Xiong, X., Jin, X., He, X., Lu, W., & Zhao, M. (2020). Targeting Bcl-2 Proteins in Acute Myeloid Leukemia. Frontiers in oncology, 10, 584974. https://doi.org/10.3389/fonc.2020.584974
5. Zhou, Jd., Zhang, Tj., Xu, Zj. et al. Sobreexpresión de BCL2 : implicaciones clínicas y conocimientos biológicos en la leucemia mieloide aguda. Diagnóstico Pathol 14 , 68 (2019). https://doi.org/10.1186/s13000-019-0841-1

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524139

REVIVIENDO LA SABIDURÍA VERDE: EVALUACIÓN DEL USO Y LA INTEGRACIÓN DE LA HERBOLARIA EN LA FITOTERAPIA MODERNA

Wendy Vanessa Lara Huerta, Elba Andrea Falcón Ruiz
1 Universidad Virtual del Estado de Michoacán; al201996@univim.edu.mx
2 Universidad Virtual del Estado de Michoacán; eafalcon@univim.edu.mx

Palabras Clave: herbolaria, medicina tradicional, hierbas funcionales.

RESUMEN. La herbolaria, una práctica ancestral que emplea plantas medicinales para promover la salud y tratar enfermedades, juega un papel crucial en la medicina tradicional mexicana. Esta tradición se basa en el uso de hierbas y remedios naturales que han sido transmitidos a través de generaciones y están profundamente arraigados en la cultura indígena y popular del país. El objetivo de esta investigación es examinar el estado actual de la herbolaria y la fitoterapia en México, evaluando su impacto en la salud y las barreras para su integración en la atención médica moderna. Se utilizó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, para obtener una visión completa de las prácticas de herbolaria y su aplicación en la fitoterapia. La investigación incluyó a 124 participantes, tanto usuarios como no usuarios de herbolaria y fitoterapia. Se realizaron encuestas y entrevistas estructuradas para recopilar datos sobre la frecuencia de uso, los tipos de plantas empleadas y las percepciones sobre la eficacia de estas prácticas. Los hallazgos mostraron una diversificación significativa en el uso de herbolaria, influenciada por la globalización y una mayor apertura a diferentes conocimientos. También se observó un cambio en las prioridades de salud, con un aumento en la atención hacia la conexión emocional y espiritual con estas prácticas. El estudio resalta la importancia de mantener prácticas de investigación éticas y transparentes, subrayando la confianza de la comunidad en estos métodos. Se recomienda abordar la globalización como un factor relevante y fomentar iniciativas educativas equilibradas. En resumen, la investigación destaca la adaptabilidad y el dinamismo de las prácticas de herbolaria, enfatizando la necesidad de preservar la autenticidad cultural y promover la ética en la investigación para fortalecer y mantener estas prácticas en la comunidad estudiada.

INTRODUCCIÓN. En la comunidad de Huaniqueo de Morales, Michoacán, florece un valioso tesoro de sabiduría ancestral: la medicina herbaria tradicional. A lo largo de generaciones, nuestros antepasados han utilizado plantas para sanar y proteger a sus familias. En el contexto actual de rápidos avances en la atención médica, resulta fundamental preservar y honrar este legado. Como señala Gómez (s.f.), "En el mundo de la atención médica en rápido avance de hoy, es crucial defender y respetar este legado". Partiendo de esta premisa, nuestra investigación se propone ahondar en el conocimiento de la medicina herbaria tradicional de nuestra comunidad. Buscamos explorar su potencial para revolucionar la atención médica, fomentando una sinergia entre estas prácticas ancestrales y la medicina moderna, con el fin último de mejorar el bienestar familiar.

ANTECEDENTES. En Huaniqueo, el valioso conocimiento ancestral sobre plantas medicinales se encuentra en riesgo de extinción. Con el fin de salvaguardar este importante patrimonio cultural, se llevó a cabo un estudio exhaustivo para evaluar el conocimiento y las creencias de la comunidad en torno al uso de estas plantas, se implementó una encuesta detallada que se aplicó a una muestra representativa de 100 residentes de Huaniqueo, con edades comprendidas entre los 18 y 65 años. Esta metodología nos permitió obtener una evaluación precisa del nivel de conocimiento y las creencias relacionadas con el uso de plantas medicinales en la región. La comprensión profunda de los conocimientos y prácticas de la comunidad que se deriva de este estudio es fundamental. Nos proporciona una base sólida para desarrollar estrategias efectivas y culturalmente apropiadas para proteger este valioso patrimonio. Además, nos permite promover el uso sostenible de las plantas medicinales, contribuyendo así a la salud y el bienestar de la comunidad a largo plazo.

OBJETIVO. Evaluar la familiaridad y utilización de plantas medicinales en la comunidad de Huaniqueo de Morales, Michoacán. Identificar las plantas medicinales utilizadas con frecuencia y sus usos en la comunidad. Evaluar la importancia de conservar la sabiduría ancestral sobre la flora curativa en la población local.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para investigar el uso y las percepciones de la comunidad sobre las plantas medicinales, se llevó a cabo un estudio exhaustivo en las principales vías de Huaniqueo. Se implementó una metodología mixta, que combinó técnicas cuantitativas y cualitativas, para obtener una comprensión holística de las prácticas y creencias de la comunidad en relación con la medicina herbal. Se realizó una encuesta a una muestra representativa de 100 residentes, seleccionados mediante un muestreo aleatorio simple. El cuestionario se diseñó para evaluar:

1. El nivel de conocimiento sobre plantas medicinales
2. La frecuencia y patrones de uso
3. Los beneficios percibidos
4. Los riesgos potenciales identificados por los usuarios
5. Las opiniones sobre la eficacia de los remedios herbales

Complementando el enfoque cuantitativo de las encuestas, se llevaron a cabo entrevistas en profundidad con 20 participantes seleccionados. Estas entrevistas semiestructuradas permitieron explorar en detalle:

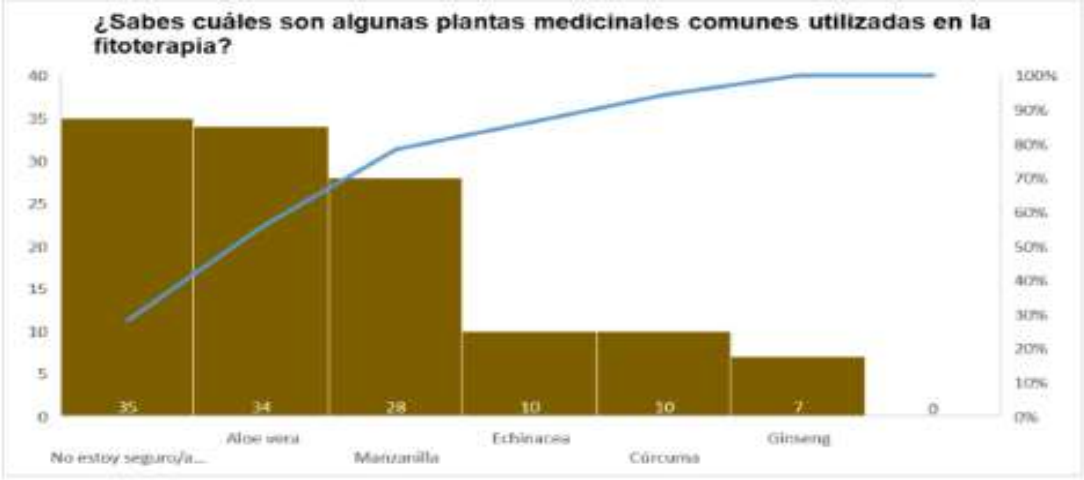
- La frecuencia y contextos de uso de plantas medicinales
- Los criterios de selección de plantas para diferentes afecciones
- La influencia de la tradición familiar y cultural en las prácticas de medicina herbal
- Las percepciones sobre la integración de la medicina tradicional y moderna

La combinación de datos cuantitativos y cualitativos proporcionó una visión integral del papel de las plantas medicinales en la comunidad de Huaniqueo. Esta metodología ha generado un compendio de información valioso para comprender la importancia y el arraigo de las prácticas de medicina herbal en Huaniqueo, sentando las bases para futuras intervenciones y políticas de salud pública que integren este conocimiento tradicional.

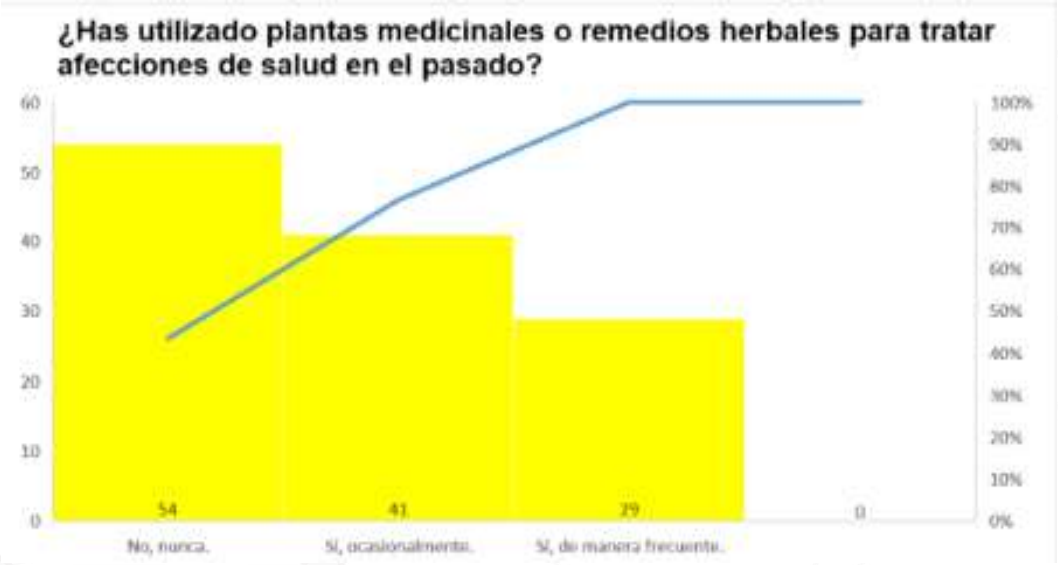
RESULTADOS.

Percepción del uso de las plantas medicinales. El estudio sobre la percepción y el uso de plantas medicinales en la comunidad ha arrojado hallazgos significativos que merecen

un análisis detallado. Los resultados revelan una compleja interacción entre el reconocimiento de la importancia de estas prácticas tradicionales y una cautela persistente en su aplicación.



Comprensión y actitudes. Se observó una conciencia generalizada sobre la relevancia de un uso responsable de las plantas medicinales. Sin embargo, esta comprensión coexiste con una actitud de prudencia en su utilización, lo que sugiere una brecha significativa entre el conocimiento teórico y la experiencia práctica en la comunidad.



Barreras para el uso de plantas medicinales, de acuerdo a la población. Las principales barreras para una adopción más amplia y responsable de las plantas medicinales incluyen:

1. Preocupaciones sobre la seguridad de su uso
2. Dudas acerca de su eficacia en comparación con la medicina convencional
3. Falta de información confiable y accesible
4. Limitada experiencia práctica en la preparación y aplicación de remedios herbales

CONCLUSIONES. Después de la investigación realizada, es evidente que abordar la percepción y el uso de las plantas medicinales en Huaniqueo es un asunto importante que merece atención y acción. La falta de comprensión y educación sobre el uso apropiado y exitoso de estas plantas presenta una oportunidad para mejorar la salud y el bienestar en la región. Como investigadora, me dedico a los esfuerzos continuos encaminados a encontrar una solución viable para fomentar el uso consciente y eficiente de las plantas medicinales. Mi aspiración es qué los hallazgos de este estudio motiven a otros a colaborar para mejorar la salud y el bienestar dentro de nuestra comunidad.

REFERENCIAS.

1. Gómez, P. (s. f.). *La medicina tradicional como medicina ecocultural*. https://www.ugr.es/~pwlac/G21_10Alfonso_Aparicio_Mena.html
2. *La importancia de las plantas en la salud - CMED*. (s. f.). https://www.cmed.es/actualidad/la-importancia-de-las-plantas-en-la-salud_788.html

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524140

EFECTOS DEL USO COMBINADO DE ACEITES ESENCIALES Y HIERBAS FRESCAS DE LA FAMILIA DE LA MENTA EN LA FUNCIÓN COGNITIVA Y LOS NIVELES DE ANSIEDAD

Socorro Hernández Cruz[1], Elba Andrea Falcón Ruiz[2]
1 Universidad Virtual del Estado de Michoacán; al160002@univim.edu.mx
2 Universidad Virtual del Estado de Michoacán; eafalcon@univim.edu.mx

Palabras Clave: herbolaria, medicina tradicional, hierbas funcionales.

RESUMEN. El deterioro cognitivo asociado con el envejecimiento es un desafío creciente para la salud pública, afectando la calidad de vida de los adultos mayores y sus familias. Las hierbas de la familia de la menta (Lamiaceae) presentan propiedades prometedoras para abordar este problema. Compuestos como el ácido rosmarínico, presente en estas hierbas, han mostrado efectos neuroprotectores significativos. Por ejemplo, el ácido rosmarínico ha demostrado proteger contra la neurotoxicidad inducida por el péptido beta-amiloide y otros procesos nocivos, además de mejorar la memoria en modelos de ratón (Alkam et al., 2007). La pérdida de capacidades cognitivas en adultos mayores a menudo se asocia con niveles reducidos del neurotransmisor acetilcolina. Hierbas como la salvia, el romero y la lavanda tienen actividad inhibidora de la acetilcolinesterasa (AChE), lo que puede ayudar a mantener niveles más altos de acetilcolina y potencialmente mejorar la función cognitiva (Agatonovic-Kustrin et al., 2019). Incorporar hierbas frescas en la dieta y usar aceites esenciales ofrece varias ventajas como coadyuvantes en la salud mental: Accesibilidad (Son más asequibles que los tratamientos farmacológicos convencionales), seguridad (Tienen un perfil de seguridad favorable y menos efectos secundarios en comparación con muchos medicamentos), integración diaria (pueden incorporarse fácilmente en la rutina diaria de los adultos mayores), empoderamiento del paciente (ofrecen a los pacientes un mayor control sobre su salud, con beneficios psicológicos adicionales) y prevención (podrían jugar un papel en la prevención del deterioro cognitivo si se usan desde etapas tempranas). (Sadgrove et al. 2021). Es por lo anterior que la presente investigación sobre el uso de hierbas y aceites esenciales de la familia Lamiaceae representa una oportunidad prometedora y costo-efectiva para el manejo y prevención del deterioro cognitivo en adultos mayores, ofreciendo una alternativa viable a los tratamientos tradicionales.

INTRODUCCIÓN. Las plantas medicinales han desempeñado un papel crucial en la historia de la medicina humana. Desde las antiguas civilizaciones hasta la actualidad, diversas culturas han utilizado las propiedades fitomedicamentosas de las plantas para tratar enfermedades y promover la salud. En el siglo XXI, la investigación científica ha permitido identificar y comprender los compuestos activos presentes en estas plantas, validando muchos de sus usos tradicionales y descubriendo nuevas aplicaciones. La familia Lamiaceae, que incluye la menta y otras hierbas aromáticas, ha demostrado propiedades antiinflamatorias y desintoxicantes significativas. Esta investigación se centra en explorar el

potencial de estas plantas para abordar problemas de salud críticos en la población de adultos mayores en México.

Propiedades de las *Lamiaceae.* Las plantas de la familia Lamiaceae contienen diversos compuestos bioactivos con potenciales beneficios para la salud:

- Limoneno: Propiedades inmunomoduladoras, antiinflamatorias y antiproliferativas.
- Ácido Rosmarínico: Potente antioxidante con propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas, antibacterianas y antienvejecimiento.
- Ácido Caféico: Potencial para minimizar el estrés oxidativo y las respuestas inflamatorias en enfermedades cardiovasculares y daño cerebral.

Demografía y Salud de Adultos Mayores en México. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece los 60 años como la edad a partir de la cual se considera a una persona como adulta mayor. El envejecimiento es un proceso multidimensional que se manifiesta en tres aspectos principales:

Edad física: Involucra cambios físicos y biológicos que ocurren a ritmos distintos, influenciados por factores como el sexo, lugar de residencia, situación económica, cultura, hábitos alimenticios, tipo de actividades realizadas y estado emocional.

Edad psicológica: Se refiere a las transformaciones en emociones, sentimientos, pensamientos y la percepción personal de la vejez. Incluye cambios en procesos cognitivos como la memoria y el aprendizaje.

Edad social: Refleja los significados culturales de la vejez, que varían entre grupos humanos según su historia, cultura y organización social.

Estadísticas y Desafíos de Salud. Según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (Nueva Edición) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el segundo trimestre de 2022, México contaba con 17,958,707 personas de 60 años o más, representando el 14% de la población total del país (Lugo, 2023).

Esta población enfrenta diversos problemas de salud, incluyendo:

- Enfermedades crónico-degenerativas
- Cáncer
- Diabetes
- Hipertensión
- Enfermedades cerebrovasculares y cardiovasculares (principales causas de muerte)

Las mujeres adultas mayores son particularmente vulnerables:

- Padecen más enfermedades incapacitantes y por períodos más prolongados que los hombres.
- 3 de cada 10 mujeres experimentan dificultades en actividades cotidianas (comer, bañarse, caminar, preparar o comprar alimentos), en comparación con 2 de cada 10 hombres.

Además, aproximadamente un tercio de la población adulta mayor sufre de Alzheimer. Estudios recientes sugieren una conexión entre la diabetes y el desarrollo de Alzheimer, aunque esta relación requiere más investigación.

El aumento de la población de adultos mayores presenta desafíos significativos, como lo son: Mayor presión sobre el Sistema de Salud. cambios en la dinámica familiar y la organización del cuidado, incremento en la carga de trabajo de cuidados, principalmente asumida por mujeres (México, 2014).

Considerando que las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares son la principal causa de muerte en México, proponemos el uso de plantas de la familia Lamiaceae (mentas) como una intervención complementaria. Estas plantas ofrecen propiedades

beneficiosas que podrían ayudar a abordar algunos de los problemas de salud que enfrenta la población mexicana de 60 años y más.
Esta propuesta busca complementar los tratamientos convencionales y mejorar la calidad de vida de los adultos mayores, aprovechando recursos naturales accesibles y con potencial terapéutico.

ANTECEDENTES. México cuenta con más de 17 millones de adultos mayores de 60 años, representando el 14% de la población total. Las enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares son la principal causa de muerte en México, frecuentemente asociadas con procesos inflamatorios crónicos. Aproximadamente el 24% de la población mexicana sufre de diabetes, un factor de riesgo importante para el desarrollo de demencia, incluyendo la enfermedad de Alzheimer. El consumo excesivo de alimentos obesogénicos y la disbiosis intestinal contribuyen a la inflamación crónica, exacerbando problemas de salud en la población de edad avanzada. Por lo anterior es importante buscar estrategias que comprendan un beneficio para la salud de las personas, haciendo uso de elementos naturales, como lo son las hierbas medicinales.

OBJETIVO. Investigar el uso de plantas aromáticas de la familia Lamiaceae en aromaterapia médica y aceites esenciales para mitigar el deterioro cognitivo asociado al envejecimiento. Evaluar el potencial de estas hierbas para mejorar la función cognitiva y reducir los niveles de ansiedad en adultos mayores. Explorar el impacto de la incorporación de estas hierbas en la dieta y rutinas diarias de los adultos mayores sobre su salud general y calidad de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizarán diversas especies de la familia Lamiaceae, ricas en compuestos bioactivos como mentol, flavonoides (timonina), ácido cafeico y ácido rosmarínico. Los principios activos incluyen L-carvone, limoneno, beta-burboneno, cis y trans carvil acetato, cariofileno, y 1-8 cineol, entre otros. La investigación se centrará en las propiedades farmacológicas de estas plantas, incluyendo sus efectos antiespasmódicos, carminativos, antisépticos, antiinflamatorios, antibacterianos y antigripales.

RESULTADOS. Con la presente investigación se pretende tener un impacto significativo en la calidad de vida de algunos adultos mayores, teniendo principalmente:
1-Reducción de la inflamación y mejora en la desintoxicación del organismo en adultos mayores.
2- Potencial prevención o retraso en el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer.
3- Mejora general en la calidad de vida de los adultos mayores.

CONCLUSIONES. La incorporación de hierbas de la familia Lamiaceae en la dieta y cuidado de la salud de los adultos mayores presenta una oportunidad prometedora para reducir el gasto económico destinado al tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, aprovechar la disponibilidad y bajo costo de estas plantas en México, mejorar la calidad de vida en la vejez y disminuir la carga de cuidados, especialmente para las mujeres que suelen ser las principales cuidadoras.

REFERENCIAS.

1. Agatonovic-Kustrin, S., Kustrin, E., & Morton, D. W. (2019). Essential oils and functional herbs for healthy aging. Neural regeneration research, 14(3), 441-445. doi:10.4103/1673-5374.245467
2. Alkam, T., Nitta, A., Mizoguchi, H., Itoh, A., & Nabeshima, T. (2007). A natural scavenger of peroxynitrites, rosmarinic acid, protects against impairment of memory induced by Aβ25–35. Behavioural Brain Research, 180(2), 139-145.
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Estadísticas de mortalidad en México.
4. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Informe mundial sobre la diabetes.
5. Sadgrove, N. J., Gonçalves-de-Albuquerque, C. F., & Jones, G. L. (2021). Volatiles and polyphenols from sage-like culinary herbs and medicinal plants: bioactivities and implications for cognitive decline in ageing with relevance to SARS-CoV-2 and cancer. Biomolecules, 11(7), 976.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524141

ESTILO DE VIDA DE MADRES DE ESCOLARES CON OBESIDAD

Arianne Figueroa Garcia[1], Josefina Valenzuela Gandarilla[2], Ruth Esperanza Pérez Guerrero[3], Azucena Lizalde Hernández[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; arianne.figueroa@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; josefina.valenzuela@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ruth.perez@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; azucena.lizalde@umich.mx

Palabras Clave: Conducta Alimentaria, Cuidadores, Hábitos alimenticios.

RESUMEN. Introducción. El estilo de vida es un constructo que se ha usado de manera genérica, como equivalente a la forma en que se entiende el modo de vivir “estar en el mundo”, expresado en los ámbitos del comportamiento, fundamentalmente en las costumbres, también está moldeado por la vivienda, el urbanismo, la posesión de bienes, la relación con el entorno y las relaciones interpersonales. Objetivo. Evaluar el estilo de vida que tienen las madres de los niños con obesidad. Metodología. Estudio cuantitativo, descriptivo, transversal, observacional. Muestra no probabilística, muestreo por conveniencia. Se incluyeron madres de hijos con obesidad, se utilizó el instrumento Estilo de Vida Pender N.J. 1987 con 47 ítems y 4 opciones de respuesta con escalamiento tipo Likert, con una puntuación mínima de 47 y máxima 188, contando con seis dimensiones, auto actualización, responsabilidad en salud, ejercicio, nutrición, soporte intrapersonal, y manejo del estrés con alfa de Cronbach 0.808; así mismo, se realizó el análisis de datos con el programa SPSS, con estadística descriptiva e inferencia, significativo $p<0.05$. Resultados: la media de edad de las mujeres fue de 35 años, el 58% su estado civil con un 68% son separadas y la moda de su ingreso económico de cinco mil pesos mensuales. El 58.75% tienen un estilo de vida regularmente saludable, predominando en las cinco dimensiones. Conclusiones. La madre de familia está cada vez más consciente de la importancia de los hábitos saludables de vida, pero aún existe un largo proceso de concienciación donde todos los individuos conozcan los riesgos que conlleva y por tanto se trate de prevenir llevando un estilo de vida más saludable.

INTRODUCCIÓN. El estilo de vida es un constructo que se ha usado de manera genérica, como equivalente a la forma en que se entiende el modo de vivir “estar en el mundo”, expresado en los ámbitos del comportamiento, fundamentalmente en las costumbres, también está moldeado por la vivienda, el urbanismo, la posesión de bienes, la relación con el entorno y las relaciones interpersonales. La obesidad infantil es un problema de salud pública de talla mundial con especial relevancia en los países desarrollados, ya que en esta parte del mundo se ha convertido en la enfermedad nutricional más común en la infancia. De acuerdo la Organización Mundial de la Salud (OMS), “la obesidad y el sobrepeso son definidos como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud” y el indicador más frecuentemente utilizado es el índice de masa corporal (IMC) cuya fórmula es peso(kg)/talla(m2). El aumento actual de la obesidad en la población infantil mundial convierte esta cuestión en un problema que se debe abordar desde distintos

ámbitos a través de programas de promoción de la salud, de prevención con población vulnerable, y de intervención con la población que ya se encuentra afectada de forma directa. Con mucha frecuencia, se asocia la obesidad con únicamente cuestiones relacionadas con el aspecto físico y una imagen corporal que se aleja de los estándares de belleza "ideales" pero se pasan más por alto todas aquellas repercusiones para la salud que pueden existir. Este problema implica consecuencias en la mayor parte de los ámbitos de la vida de quien lo padece ya que depende del constructo del estilo de vida que la madre adopta afecta por efecto domino a la familia. Destacan como relevantes las consecuencias en el ámbito de la salud, como la diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares, hiperglucemia, trastornos del sueño, problemas respiratorios, algunos tipos de cáncer, hipertensión arterial, las consecuencias psicológicas, entre las que están la insatisfacción corporal y pobre imagen de uno mismo, baja autoestima, ansiedad y alta probabilidad de padecer un trastorno de la conducta alimentaria; y las consecuencias de tipo social, como una imagen estereotipada, aislamiento y exclusión social, menor aceptación en los grupos sociales o bajo rendimiento académico. Todas estas 4 consecuencias son aún más notorias y alarmantes si tienen lugar durante las primeras etapas de vida de la persona (Casas y Gómez, 2016).

ANTECEDENTES. El estilo de vida es definido por la OMS como una forma general de vida, basada en la interacción entre las condiciones y los patrones individuales de conducta, determinados por los factores socioculturales y las características personales. El estilo de vida incorpora una estructura social, definida por un conjunto de valores, normas, actitudes, hábitos y conductas que las determinan los integrantes que conforman una familia (OMS, 2019). Considerando que la alimentación y la nutrición son procesos influenciados por aspectos biológicos, ambientales y socioculturales y que durante la infancia contribuyen a un desarrollo y crecimiento óptimo, así como una maduración biopsicosocial, es necesario que los niños adquieran durante esta etapa hábitos alimentarios saludables. Sin embargo, para ello es necesario considerar factores de tipo fisiológicos, sociales y familiares, donde estos últimos ejercen una fuerte influencia en los patrones de consumo. No obstante, los hábitos alimentarios se han ido modificando por factores que alteran la dinámica familiar tales como la menor dedicación y falta de tiempo para cocinar y la pérdida de autoridad en cuanto a la cantidad y calidad de los alimentos que consumen los niños. (Macias, M, 2009). La obesidad es una enfermedad crónica, compleja, progresiva y multifactorial que ahora ha alcanzado proporciones epidémicas y es un grave problema de salud pública que amenaza muchos de los beneficios para la salud que promueven la longevidad en todo el mundo. El sobrepeso y la obesidad se caracterizan porque en la dieta diaria de los mexicanos se ha sustituido el consumo de frutas, verduras, cereales, granos integrales, legumbres y agua, y los cambios en los patrones alimentarios de la población han llevado a una acumulación corporal excesiva, grasas reemplazadas por alimentos procesados y comida rápida, que están más disponibles y son más asequibles que los alimentos saludables y los alimentos recién preparados, pero tienen un alto contenido de azúcar, grasas saturadas, sodio y harina refinada (Rivera et al., 2020). A nivel mundial según el Atlas mundial sobre obesidad Infantil, publicado por la Federación mundial de Obesidad, en 2020, 158 millones de niños y adolescentes sufrían obesidad en el mundo y se estima que para el 2030 esta cifra aumente hasta los 254 millones, se calcula el riesgo de obesidad en 191 países, pronostica que China (62 millones), India (27 millones) y Estados Unidos (16 millones) tengan el mayor número de niños que padezcan esta enfermedad a nivel mundial en términos absolutos

para 2030. En el caso de China, la cifra también resulta alarmante a nivel proporcional: se prevé que el 32% de los niños de 5 a 9 años en el país sean obsesos para entonces. El número de personas con sobrepeso y obesidad en México es cada vez mayor y aumenta conforme aumenta la edad. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018 revela problemas de sobrepeso y obesidad en 7 por ciento de las y los menores de cinco años y poco más de una quinta parte de esta población 22% está en riesgo de padecer sobrepeso. Una alta proporción 83 de cada 100 de niñas y niños consume de manera cotidiana desde temprana edad bebidas no lácteas endulzadas, seguido de la ingesta de botanas, dulces y postres 63%, lo que constituye un serio problema de salud pública debido a que estos productos de bajo valor nutricional y alto contenido de azúcares puede afectar su salud y aumentar el riesgo de padecer enfermedades crónico degenerativas que antes se consideraban exclusivos de la población adulta, como la diabetes tipo 2, hipertensión, cáncer y otros padecimientos cardiovasculares (Shamah, et al., 2019; Pérez y Cruz, 2019), pero que hoy también afectan a los menores en sus primeros años de vida. Además, de que compromete el desarrollo físico, cognitivo y socioemocional de las y los menores puesto que en esta etapa de la vida es fundamental una alimentación adecuada. El número de personas con sobrepeso y obesidad en México es cada vez mayor y aumenta conforme aumenta la edad. En 2018, 22% de las y los menores de cinco años estaba en riesgo de padecer sobrepeso. A estas edades una alta proporción (83 de cada 100) de niñas y niños consumen de manera cotidiana bebidas no lácteas endulzadas, seguido de la ingesta de botanas, dulces y postres, lo que constituye un serio problema de salud pública. El país ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil y el segundo en obesidad de adulto, en los últimos registros de la ENSANUT 2018 revelan que 33.2 % de los niños entre 6 y 11 años de edad presentan sobrepeso y obesidad, y en el caso de los adolescentes (12 a 19 años), el 36.3% presenta este problema. Si bien se trata de problemas que frecuentemente se originan en la primera infancia, el sobrepeso y la obesidad se hacen patentes en la vida del niño o la niña al llegar a la edad escolar. Los elevados niveles de sobrepeso y la obesidad constituyen el principal problema de nutrición en la niñez de 6 a 11 años de edad en México, ya que el país ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil y el segundo en obesidad de adultos. Los últimos registros de la ENSANUT 2016 revelan que 33.2 % de los niños en este rango de edad presentan sobrepeso y obesidad (5.7 millones de niños). En el caso de los adolescentes de 12 a 19 años, el 36.3% presenta este problema. (UNICEF, 2019). La sociedad ha experimentado un incremento en la prevalencia de sobrepeso en las niñas y niños menores de 5 años (de 8.3% en el 2006 a 9.7% en el 2012). La región norte registró una mayor prevalencia en el año 2012 con 12%, seguida de la región centro con 9.9% y la región sur con 9.6%, de esta manera se evidencia que los estados del norte tienen más tendencia a la obesidad y sobrepeso por el estilo de vida sedentario que llevan los estados fronterizos y la gran semejanza con el país vecino Estados Unidos de América.

Esta investigación favorecerá el desarrollo de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) Cuidado de enfermería, salud del trabajador y nutrición del CA-230-UMSNH Estilo de vida saludable y será posible realizarse el estudio ya que se tiene el acceso a la población la cual el problema de este presente trabajo está muy latente en las escuelas primarias públicas.

Por lo tanto, investigar sobre estilos de vida resulta fundamental en la medida que se ha encontrado que esta variable, si no se practica, contribuye a la aparición de sobrepeso y obesidad, lo que constituye un factor de riesgo para la aparición de enfermedades crónicas. En México, en el 2013; Córdova D y colaboradores., en su estudio “Relación del estilo de vida y estado de nutrición en estudiantes universitarios: estudio descriptivo de corte

transversal", evaluaron 404 estudiantes, el estado nutricional fue determinado con el índice de masa corporal, IMC, y a través del cuestionario FANTASTIC valoraron el estilo de vida en 10 diferentes aspectos, y encontraron que 88,1% de los estudiantes tiene un estilo de vida saludable y 65% fue clasificado como normal de acuerdo al IMC. Según los coeficientes de correlación lineal de Pearson ($p < 0,05$) ($r=0,141$) demostraron que sí existe una correlación significativa de 99% entre el estado de nutrición y estilo de vida. Sin embargo, esta correlación es débil porque al ser el estilo de vida un comportamiento en el que intervienen diferentes variables, se infiere que cada una de ellas aporta cierto nivel de importancia, pero no puede atribuírsele únicamente a una de ellas un impacto altamente significativo. Las madres desempeñan el rol de ser los primeros educadores nutricionales, y de los buenos hábitos que son los encargados de desarrollar un estilo de vida. Son los responsables de alimentarlos y de formar hábitos saludables, dado que los niños escolares no tienen la autonomía para decidir qué comer, en qué cantidad, cómo ni cuándo. Por lo tanto, son sus prácticas de alimentación las que influyen directamente en la conducta alimentaria y en el estado nutricional de sus niños. Estas prácticas se ven afectadas por la percepción de los padres respecto al estado de salud de sus hijos y los objetivos que tengan para ellos (Amaral, et al. 2017). Los niños escolares empiezan a desarrollar mayor autonomía debido a la interacción social con otros niños, sin el control directo de los padres. Entonces, esta edad es crucial para que los padres desarrollen estrategias de comunicación y educación respecto a los buenos hábitos con sus hijos. En países en vías de desarrollo como Morelia Michoacán, en las últimas décadas se observa una tendencia en el incremento del sobrepeso y obesidad infantil. Es necesario abordar el problema desde las escuelas, planteando el conocimiento de los buenos hábitos para mejorar el estilo de vida través de la educación dirigida a madres de familia. Por lo que el estudio será de utilidad para que el personal sanitario tenga un acercamiento a las percepciones que tienen las madres sobre el peso y las prácticas de alimentación dentro de la dinámica familiar de acuerdo con la OMS, para hacer frente a la obesidad en la etapa escolar.

En México D.F en 2010, Ponce Gómez y colaboradores en su estudio descriptivo, correlacional y transversal, fue conformado por 503 alumnos de 6 a 11 años la detección de sobrepeso y obesidad se tomó peso, talla, así como medición del Índice de Masa Corporal (IMC); se determinaron los estilos de vida a través de la aplicación de un instrumento elaborado por Ponce, Sotomayor, Bernal y Salazar (2007), el cual exploró básicamente tres áreas: alimentación, ejercicio - actividad física y recreación. Resultados: 14% del total de niños presenta. Hughes et al en el 2010 publicaron una investigación cualitativa llevada a cabo en Estados Unidos para entender las percepciones en madres de niños preescolares con sobrepeso. De las 21 madres entrevistadas, encontraron que la mayoría creen que la genética y los comportamientos de padres y familiares eran determinantes en el peso. Muchas estaban preocupadas por las consecuencias psicológicas de que molestaran a sus hijos por el exceso de peso. Las madres confiaban más en la talla de la ropa que en las medidas de peso y talla para determinar si el peso de sus hijos era saludable. En el 2014, en los EE. UU, Eli et al realizaron un estudio cualitativo para conocer las percepciones en padres y abuelos respecto al peso corporal de niños preescolares y la responsabilidad de los padres en el peso de los hijos, donde aplicaron 49 entrevistas semiestructuradas. Los autores reportaron que los familiares percibían que los niños presentaban exceso de peso. Sin embargo, veían a los percentiles altos de las curvas de crecimiento como algo positivo. Además, los padres de niños con exceso de peso indicaron que no había que preocuparse por ello debido a que los niños atraviesan por picos de crecimiento. También mencionaron que la obesidad era un problema que podía afectar

el futuro del niño, pero no el presente. Los participantes identificaron a los padres como los principales responsables de la alimentación y hábitos de actividad física del niño. Por otro lado, señalaron que el peso corporal es un tema sensible de discutir.

En Indonesia en el año 2017, Rachmi et al. condujeron un estudio cualitativo utilizando la teoría fundamentada. Se realizaron 12 grupos focales con 94 participantes con hijos preescolares y escolares que pertenecían a diferentes estratos socioeconómicos (bajo, medio y alto) donde se reportó que la mayoría de las madres de bajo y alto nivel socioeconómico coinciden con el término de que mientras más gordito, el niño es más saludable. Por otro lado, se halló que las madres conocen que la alimentación, la actividad física, los comportamientos sedentarios y el factor hereditario están asociados al sobrepeso. Algunas madres temen el bullying al que estarían expuestos sus hijos por su condición, además el temor de que presenten sobrepeso debido a las limitaciones para realizar algunas actividades escolares y los problemas de salud asociados a este problema.

Cada vez aparecen más estudios que demuestran que las prácticas y los estilos de alimentación empleados por los padres influyen en las preferencias dietéticas, comportamientos y patrones alimentarios de sus hijos. En el 2010, Ventura et al a través de un estudio mixto, utilizaron entrevistas semiestructuradas para describir las prácticas y estilos de alimentación utilizados por padres y abuelos de baja condición socioeconómica y diversidad racial/étnica con niños en edad preescolar de Pensilvania, Estados Unidos. Se reportó que a pesar de que los participantes pertenecían al mismo estrato socioeconómico, las prácticas de alimentación aplicadas eran diversas. Estas fueron determinadas por diferentes razones, entre ellas se pudo observar la influencia del ámbito cultural, estilos de crianza y las preocupaciones de salud. Se registraron prácticas tanto para promover como restringir y limitar el consumo de ciertos alimentos. Los padres asiáticos, hispanos y no hispanos eran menos controladores ya que empleaban prácticas más indulgentes que los padres negros; se encontró que los últimos supervisaron más la cantidad y los tipos de alimentos que sus hijos consumían. El estudio de Lindsay et al realizado en EE.UU en el 2011 buscó explorar las creencias y prácticas de madres latinas asociadas al peso, especialmente al exceso, y alimentación en niños preescolares. Para ello realizaron 6 grupos focales y 20 entrevistas a profundidad. Sus resultados indican que a las madres les preocupa que sus hijos pudieran tener sobrepeso. Ello influenció en el uso de prácticas de alimentación restrictivas para regular la cantidad de alimentos que consumían sus hijos. Por otro lado, las creencias culturales y personas como las abuelas también influyeron fuertemente en sus prácticas alimentarias y creencias sobre el peso. A través de un estudio cualitativo, Carnell et al. del 2011 buscaron comprender las conductas y motivaciones de las madres con niños de 3 a 5 años del Reino Unido. Se llevaron a cabo 22 entrevistas y se otorgaron diarios. Se halló que las madres utilizaban diferentes estrategias abiertas o encubiertas para fomentar o restringir la ingesta de alimentos en sus hijos, que en su mayoría eran motivados por el factor salud y porque consideraban que los patrones alimentarios del niño deben ajustarse al estilo de vida familiar y los horarios de los padres. Las madres establecieron reglas durante la comida, involucraron a sus hijos en la elección de los alimentos y realizaron algunas prácticas flexibles en la alimentación como permitir que en algunas ocasiones el niño pueda consumir algunos alimentos como golosinas.

Zhou et al en el 2015 llevaron a cabo un estudio cualitativo a fin de entender las prácticas asociadas a la alimentación en inmigrantes chinos que residían en Estados Unidos. Se realizaron 4 grupos focales en los que se identificaron 13 temas respecto a las prácticas alimentarias, de los cuales 9 habían sido reportados previamente. Se encontró que las madres presionan para comer, utilizan snacks no saludables como premios o castigos. Por

otro lado, se halló que promueven la participación del niño en la planificación de comidas y compra, llevan un registro de los alimentos no saludables y en general fomentan una alimentación balanceada y variada. Además, encontraron 4 prácticas que no han sido descritas anteriormente, lo que denota aspectos culturales como regular las rutinas de alimentación mediante hábitos, el “spoon feeding”, usan la comparación social para presionar al niño a comer y muchas se esfuerzan por preparar comidas que promuevan el consumo de ciertos alimentos.

OBJETIVO. Evaluar el estilo de vida que tienen las madres de los niños con obesidad.

OBJETIVO ESPECÍFICO. Analizar las características sociodemográficas de las madres con hijos con obesidad de una escuela primaria. Identificar categorizar el IMC de los escolares al igual que el de las madres. Comparar los estilos de vida que tienen las madres de familia, por medio del conocimiento de su percepción, responsabilidad en salud, ejercicio, nutrición y soporte interpersonal.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Enfoque. Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo. (Polit y Beck, 2018).
Diseño. Esta investigación fue estructurada un diseño no experimental, puesto que no se efectuará manipulación de variables, descriptivo y transversal y prospectivo. (Grove y Gray, 2019, p. 89; Polit y Beck, 2018,), puesto que únicamente se realizará una única medición en la población.
Universo. El universo de esta investigación estará conformado por 230 madres de familia de la escuela primaria Samir Tager Rame de la ciudad de Morelia Michoacán.
Unidad de observación. La unidad de observación de este proyecto fueron las madres de los escolares de la Escuela Primaria Samir Tager Rame.
Muestra y muestreo. El tamaño de la muestra fue de 80 madres de familia, no probabilística por conveniencia.
Variables. La variable independiente Estilo de vida I se define como, una forma general de vida basada en la interacción entre las condiciones de vida en un sentido amplio y los patrones individuales de conducta determinados por factores socioculturales y características personales. (OMS).
Las variables sociodemográficas para este proyecto serán edad, escolaridad, ocupación, Turno en el cual trabaja, estado civil, número de hijos e ingreso quincenal.
Criterios de selección. Se consideraron los siguientes criterios de selección.
Criterios de inclusión. Se incluyeron a las madres de niños con sobrepeso y obesidad inscritos de las Escuela Primaria Samir Tager Rame de Morelia, Michoacán, que deseen participar en el estudio.
Criterios de exclusión. Se excluyeron a las madres de niños con peso normal y no deseen participar en el proyecto de investigación.
Criterios de eliminación. Madre que al momento de la aplicación del instrumento no esté presente, al igual aquellas madres de familia que su instrumento no esté contestado mínimo un 60%.

Instrumentos
- Para fines de esta investigación se tomaron en cuenta dos cuestionarios
- El cuestionario "ESTILOS DE VIDA" diseñado por Pender N.J. en 1987, consta

- de 47 ítems con los siguientes indicadores:
- Auto actualización: Preguntas 3, 8, 9,12,16,17, 21, 23, 29. 34, 37 y 44 (12 ítem).
- Responsabilidad en salud: Preguntas 2, 7, 15, 20, 28, 32, 33, 42, 43 y 46 (10ítem).
- Ejercicio: Preguntas 4,13, 22, 30, y 38 (5 ítem)
- Nutrición: Preguntas 1, 5,14,19, 26 y 35 (6 ítem)
- Soporte interpersonal: Preguntas 10,18, 24, 25, 31, 39 y 47 (7 ítem)
- Manejo de estrés: Preguntas 6,11, 27, 36, 40, 41 y 45 (7 ítem)
- De acuerdo con la escala de Likert las respuestas tienen los siguientes significados
- a los cuales se les dio el siguiente valor: N.- Nunca= 1, V.-A veces = 2, F.-
- Frecuentemente = 3 y R.- Rutinariamente = 4.
- Posteriormente se sumarán los resultados que van de 47 a 188 puntos en total
- del cuestionario de Estilos de Vida, sacando una proporción entre el total de
- puntaje contra el total de preguntas.

Los rangos utilizados para establecer el estilo de vida fueron los siguientes:

- 47 a 94 Estilo de vida poco saludable.
- 95 a 141 Estilo de vida regularmente saludable.
- 142 a 188 Estilo de vida saludable.

Procedimiento

El procedimiento que se llevó acabo para la realización de esta investigación o fue la siguiente. La investigadora elaborará el protocolo y solicitará la evaluación por el Comité de Ética en Investigación y el Comité de Investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, así mismo a las autoridades de la Escuela Primaria Samir Tager Rame.

La investigadora programo una reunión previa con los directivos de la escuela para establecer los días y horario en que se acudió a realizar la colecta de datos; enseguida se efectuó una sesión informativa con las madres de familia, conocer el objetivo del estudio e invitarles a participar.

Previo a realizar la colecta de datos se realizó somatometría a todos los escolares de la primaria con la finalidad de la obtención del IMC.

El día convenido la investigadora se presentó en el horario asignado y selecciono a los participantes de acuerdo con el muestreo definido. Se abordo a cada persona y se les solicito que llenaran la cédula de colecta de datos, para finalizar se agradeció su participación.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS versión 25. Para las variables cuantitativas discretas y continuas se empleó estadística descriptiva con medidas de tendencia central (media y mediana) y de dispersión (desviación estándar, varianza, rangos); para las variables cualitativas se utilizaron frecuencias y porcentajes. Para determinar la normalidad en la distribución de los datos se aplicará la prueba de Kolmogorov – Smirnov (si la muestra es mayor de 50), esperando $p>.005$. Si hubiera normalidad se utilizarán pruebas paramétricas (t de Student para muestras independientes y muestras relacionadas, r de Pearson, ANOVA); si no se encontró normalidad se aplicarían pruebas no paramétricas (Wilcoxon, Spearman, H de Kruskal – Wallis, U de Mann – Whitney). Para la prueba de hipótesis se espera obtener $p<.05$

RESULTADOS. En el presente apartado se muestra la relación entre estilo de vida y percepción de las madres con hijos con obesidad y sobrepeso en etapa escolar. Primero se presentan las variables sociodemográficas, seguido de la descripción de estilo de vida y percepción que refirieron las participantes, posteriormente la correlación de estas variables. Cabe mencionar que se realizó análisis de fiabilidad de los instrumentos utilizados para esta investigación y prueba de normalidad.

El objetivo general de esta investigación fue relacionar el estilo de vida y la percepción que tienen las madres de la obesidad y sobrepeso de sus hijos en edad escolar, se encuestaron a 80 mujeres madres de los escolares inscritos en la Escuela Primaria Samir Tager Rame de Morelia Michoacán, de los cuales los resultados se presentan con base a los objetivos específicos, representados mediante tablas y resaltando la cifra más relevante.

Para el objetivo específico 1, fue describir las características sociodemográficas de la madre, de las cuales el 100% de las participantes fueron mujeres, en el grado académico predominó Licenciatura incompleta con el 47.50%, seguido de Preparatoria y Licenciatura con el 18.75%, la ocupación actual en la cual se desempeñan las madres es de Ama de casa con el 46.25%, su turno en el cual se desempeñan obteniendo un 100% es el matutino, el estado civil sobresaliente con un 67.50% manifestaron estar separadas. (Tabla 1).

En las variables sociodemográficas cuantitativas, se identificó que la media de edad de las madres fue de 35.47 (*DE* ±13.8), con rangos de 24 a 40 años. En ingreso económico fue un máximo cinco mil pesos mensuales y la moda de número de hijos fue 3.

Datos sociodemográficos	□	%
Escolaridad		
Secundaria	9	11.25
Preparatoria incompleta	3	3.75
Preparatoria	15	18.75
Licenciatura Incompleta	**38**	**47.50**
Licenciatura	15	18.75
Ocupación actual		
Ama de casa	**37**	**46.25**
	14	17.50
Empleada	16	20.00
Comerciante		
	13	16.25
Profesionista		
Turno en el cual trabaja		
Matutino	**0**	**100**
Estado Civil		
Unión libre	12	15.00
Casada	14	17.50
		67.50
Separada	**54**	

Tabla 1. *Escolaridad, ocupación actual, turno en el cual trabaja y estado civil de las madres participantes (n=80).*
Nota: Elaboración propia.

Para el objetivo específico 2, que fue identificar y categorizar el IMC de los escolares y de las madres. Para obtener el Índice de Masa Corporal de ambos se hizo mediante una fórmula matemática: IMC= Peso actual (kg) ÷ altura (m) x altura (m)= kg/m2. (OMS,2021). Se encontró que el 56.25% de las madres se encuentran en sobrepeso y el 17.5% con Obesidad tipo 1, con similitud en los escolares ya que el 66.25% se encuentra con sobrepeso. (Tabla 2 y 3).

IMC	*f*	%
Peso normal	21	26.25
Sobrepeso	45	**56.25**
Obesidad Tipo 1	14	17.5

Tabla 2. IMC de madres participantes (n=80).
Nota: Elaboración propia

IMC	□	%
Peso Normal	0	0
Sobrepeso	53	**66.25**
Obesidad	27	33.75

Tabla. 3 *IMC de los hijos de madres participantes (n=80).*
Nota: Elaboración propia.

Para el objetivo específico tres que fue Comparar los estilos de vida que tienen las madres de familia, por medio del conocimiento de su percepción, responsabilidad en salud, ejercicio, nutrición, soporte interpersonal, para el cálculo se obtuvo el puntaje de la escala global y por dimensión, posteriormente se consideró este puntaje para realizar tres puntos de corte: poco saludable, regularmente saludable y saludable se muestra en la tabla 5. Para obtener el nivel de estilo de vida se analizó por escala global, así como por dimensión, encontrándose que un 58.75 % de las madres participantes cuentan con un estilo de vida regularmente saludable (Tabla 4). Respecto al análisis por dimensiones, Auto actualización 48.75% y responsabilidad en salud 71.25% para ejercicio 46.25%, nutrición 56.25%, soporte intrapersonal 62.5% y manejo del estrés 72.5% sobresaliendo en todas las dimensiones estar regularmente saludable (Tabla 6).

Estilo de vida	**Puntuación**	□	**%**
Poco saludable	47-94	15	18.75
Regularmente saludable	95-41	47	**58.75**
Saludable	142-188	18	22.5

Tabla. 4 *Puntuación total de Estilo de vida (n=80).*
Nota: Elaboración propia

Dimensión	**ítems**	**Categoría**	**Mínimo - máximo**
Escala total	47	Poco saludable 47-94 Regularmente saludable 95-141 Saludables 142 - 188	47-188

Auto actualización	3, 8, 9,12, 16, 17, 21, 23, 29, 34, 37, 44	Poco saludable 12-24 Regularmente saludable 25-36 Saludables 37-48	12-48
Responsabilidad en salud	2, 7, 15, 20, 28, 32, 33, 42, 43,46	Poco saludable 10-20 Regularmente saludable 21-30 Saludables 31-40	10-40
Ejercicio	4,13, 22, 30,38	Poco saludable 5-10 Regularmente saludable 11-15 Saludables 16-20	5-20
Nutrición	1, 5,14,19, 26,35	Poco saludable 6-12 Regularmente saludable 13-18 Saludables 19-24	6-24
Soporte interpersonal	10,18, 24, 25, 31, 39, 47	Poco saludable 12-24 Regularmente saludable 25-36 Saludables 37-48	12-24
Manejo de estrés	6,11, 27, 36, 40, 41, 45	Poco saludable 12-24 Regularmente saludable 25-36 Saludables 37-48	12-24

Nota: Elaboración propia.

Estilo de Vida	□	**%**
Dimensiones		
Auto actualización		
Poco saludable	26	32.5
Regularmente saludable	39	**48.75**
Saludable	15	18.75
Responsabilidad en salud		
Poco saludable	10	12.5
Regularmente saludable	57	**71.25**
Saludable	13	16.25
Ejercicio		
Poco saludable	28	35.0
Regularmente saludable	37	**46.25**

Saludable	15	18.75
Nutrición		
Poco saludable	21	26.25
Regularmente saludable	45	**56.25**
Saludable	14	17.5
Soporte interpersonal		
Poco saludable	12	15.0
Regularmente saludable	50	**62.5**
Saludable	18	22.5
Manejo del estrés		
Poco saludable	14	17.5
Regularmente saludable	58	**72.5**
Saludable	8	10.0

Tabla 6. *Estilo de vida en madres con escolares con obesidad (n=80).*
Nota: Elaboración propia.

El 100% de las madres de familia manifestaron que sus hijos no padecían ninguna enfermedad productora de obesidad. En cuanto al conocimiento y al previo contacto con la obesidad y las enfermedades crónico-degenerativas, en un 90% existen otras personas obesas en la familia, el 76.6% han tenido contacto con las enfermedades crónico-degenerativas, siendo el 70% familiares cercanos. EL 89 % de las madres considera que la obesidad de su hijo no representa ningún problema de salud tomando en cuenta el estado actual de salud de su hijo como sano en un 91.5 %, sin embargo, el 82.9 % de las madres encuestadas contestó que la obesidad de su hijo es un riesgo para enfermedades crónico-degenerativas.
El 99% dice que es importe conocer el peso y la talla de su hijo, sin embargo, el 67% tiene más de seis meses de no conocer el peso y talla actual de su hijo y si lo conocen en un 78% no han hecho ninguna modificación en su hábito nutricional, así mismo el 79% nunca le ha realizado ningún examen para conocer colesterol, glucosa o tensión arterial a su hijo. En cuanto a los obstáculos o probables barreras para llevar a cabo acciones preventivas, el 86% de las madres identifica el motivo de obesidad de su hijo, pero el 14% pone alguna barrera para buscar orientación profesional. El 87% dijo que no es bueno que su hijo esté “gordito”, sin embargo, el 66% manifiesta no haber buscado ninguna orientación para disminuir los motivos de la obesidad en su hijo.

CONCLUSIONES. El estilo de vida por parte de la población acerca de los problemas de obesidad y sobrepeso en niños, parece haber aumentado en los últimos años. A raíz de los estudios que demuestran que padecer este problema en la infancia hace muy probable que se mantenga durante la edad adulta y las dificultades que existen a la hora de erradicarlo con el transcurso de loa años, la madre de familia está cada vez más consciente de la importancia de los hábitos saludables de vida, pero aún existe un largo proceso de concienciación donde todos los individuos conozcan los riesgos que conlleva y por tanto se trate de prevenir llevando un estilo de vida más saludable. Como ya se ha abordado, la obesidad es un problema de salud pública, por lo que afecta en mayor o menor medida a toda la población en su conjunto siendo los escolares los más afectados en ello, A consecuencia el abordaje de este problema debe ser llevado a cabo desde la mayor variedad de disciplinas y ámbitos posible de manera que el mensaje pueda alcanzar a un elevado porcentaje de la sociedad si no es a su totalidad. En primer lugar, parece indispensable que haya un mayor conocimiento de los factores que influyen en el desarrollo

de este problema, de todas las enfermedades crónico-degenerativas que esta conlleva, y, sobre todo, acerca de qué se puede hacer, de forma individual y colectiva, para evitarlo o tratarlo comenzando desde la cuidadora principal la madre. Acompañadas de un abordaje preventivo con aquellas poblaciones que mayor riesgo tengan de padecerla.

REFERENCIAS.

1. Barbosa-Leiker, C., Fleming, S., Hollins Martin, C. J., y Martin, C. R. (2015). Psychometric properties of the Birth Satisfaction Scale-Revised (BSS-R) for US mothers. Journal of Reproductive and Infant Psychology, 33(5), 504–511. https://doi.org/10.1080/02646838.2015.1024211
2. Calderón García, A., Alaminos-Torres, A., Pedrero Tomé, R., Prado Martínez, C., Martínez Álvarez, J. R., Villarino Marín, A., y Marrodán Serrano, M. D. (2023). Eating behavior and obesity in a sample of Spanish schoolchildren. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(5), 4186. https://doi.org/10.3390/ijerph20054186
3. Cámara De Diputados Del H. Congreso De La Unión. (2014). Reglamento De La Ley General De Salud En Materia De Investigación Para La Salud Nuevo Reglamento Publicado En El Diario Oficial De La Federación. Gobierno De México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf
4. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2020). Mejorando la Salud Escolar. CDC. https://www.cdc.gov/healthyschools/schoolhealth.htm.
5. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2021). Pautas de salud escolar. CDC. https://www.cdc.gov/healthyschools/npao/strategies.htm
6. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2022). Nutrición Escolar. CDC. https://www.cdc.gov/healthyschools/nutrition/schoolnutrition.htm
7. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2022). Oportunidades de aprendizaje sobre alimentación saludable y educación nutricional. CDC. https://www.cdc.gov/healthyschools/nutrition/school_nutrition_education.htm
8. Comisión Nacional de Bioética. Normatividad Internacional. (1947). Código de Nuremberg. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/343569/2.INTL._Cod_Nuremberg.pdf
9. Comisión Nacional de Bioética. Normatividad Internacional. (1964). Declaración Helsinki. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/343576/9._INTL._Declaracixn_de_HELSINKI.pdf
10. Comisión Nacional de Bioética. Normatividad Internacional. (2003). Informe Belmont. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/343577/10._INTL_Informe_Belmont.pdf
11. Comisión Nacional de Bioética. Normatividad Internacional. (2005). Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/343573/6._INTL._Dec._Universal_Bioetica_y_Der_Humanos.pdf
12. Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS. (2019). Revista d'innovació i recerca en educació, 12 (2). https://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057
13. Consejo de salubridad en general. (2017). NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SSA3- 2017, Para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad. SEBGOB. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5523105&fecha=18/05/2018#gsc.tab=0
14. Dike, I. C., Ebizie, E. N., Chukwuone, C. A., Ejiofor, N. J., Anowai, C. C., Ogbonnaya, E. K., Ugwu, E. I., Nkechinyere, U. S., Chigbu, E. F., Ezeaku, M. N., Nnadi, G. C., Ihuoma, E. C., Gera, N. P., y Chikwendu, J. N. (2021). Effect of community-based nutritional counseling intervention on children's eating habits. Medicine, 100(30), e26563. https://doi.org/10.1097/md.0000000000026563
15. Educación Primaria. (s/f). Gob.mx. Recuperado el 24 de julio de 2023, de https://www.aefcm.gob.mx/que_hacemos/primaria.html
16. El Plato del Bien Comer. (2019). Gobierno de México. https://www.gob.mx/siap/articulos/el-plato-del-bien-comer#:~:text=De
17. Food Facts For Healthy Choice (2012). Influencia de los padres en las preferencias alimentarias de los niños y la ingesta de energía. Food Facts For Healthy Choice. https://www.eufic.org/es/vida-sana/articulo/influencia-de-los-padres-en-las-preferencias-alimentarias-de-los-ninos-y-la-ingesta-de-energia/
18. Franceschi, R., Fornari, E., Ghezzi, M., Buzzi, E., Toschi, M., Longhi, S., Maimone, R., Forti, S., Carneri, S., Pirous, F. M., Agostini, B., Iori, T., Gibin, M., Porchia, S., Soffiati, M., & Maffeis, C. (2021). Educational intervention of healthy life promotion for children with a migrant background or at socioeconomic disadvantage in the north of Italy: Efficacy of telematic tools in improving nutritional and physical activity knowledge. Nutrients, 13(10), 3634. https://doi.org/10.3390/nu13103634

19. Gerber, S., & Folta, S. C. (2022). You are what you eat… but do you eat what you are? The role of identity in eating behaviors—A scoping review. Nutrients, 14(17), 3456. https://doi.org/10.3390/nu14173456
20. Ghayur, M. S., Kareem, R., Wahab, S., Inayat, S., Karim, R., Rauf Sethi, M., Nasr Malik, N., y Irfan, M. (2022). Translation, cross-cultural adaptation and validation of polycystic ovarian syndrome quality of life scale in Pashto. Journal of Ayub Medical College, Abbottabad: JAMC, 34(4), 827–833. https://doi.org/10.55519/jamc-04-10920
21. Gobierno de México (s/f). Educación Primaria. Gobierno de México. https://www.aefcm.gob.mx/que_hacemos/primaria.html#:~:text=Se%20cursa%20en%206%20a%C3%B1os,a%2018%3A30%20horas
22. Gobierno de México. (2021). Obesidad infantil: Nuestra nueva pandemia. GOB. https://www.gob.mx/promosalud/es/articulos/obesidad-infantil-nuestra-nueva-pandemia?idiom=es
23. Gobierno del estado de Michoacán. (2021). Estilos de vida saludable, aliados en el combate del sobrepeso y obesidad. Secretaria de Salud gobierno de Michoacán. https://salud.michoacan.gob.mx/estilos-de-vida-saludable-aliados-en-el-combate-del-sobrepeso-y-obesidad/#:~:text=De%20acuerdo%20a%20la%20estad%C3%ADstica,282%20se%20mantienen%20en%20control
24. Grove, S. K., y Gray, J. R. (2019). Investigación En Enfermeria: Desarrollo de la Practica Enfermera Basada En La Evidencia (7a ed.). Elsevier.
25. Grove, S.K. y Gray, J.R. (2019). Investigación en enfermería. Desarrollo de la práctica enfermera basada en la evidencia. Elsevier.
26. IMSS. (2018). Diagnóstico y tratamiento del sobrepeso y obesidad exógena. Gob.mx. http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/046GER.pdf
27. INEGI, Instituto Nacional de Salud Publica y Secretaría de Salud. (2018).Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. ENSANUT. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf
28. INEGI. (2021). En México somos 126 014 024 habitantes: censo de población y vivienda 2020. Org.mx.https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Nal.pdf
29. Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Instituto Nacional de Salud Publica. (2020). Estadísticas a propósito del día mundial contra la obesidad (12 DE NOVIEMBRE). INEGI.https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/EAP_Obesidad20.pdf
30. Jessica P. Spípp, Carola N. Riernersman, Franco P. Riñas, Edgardo L. Calandré, y Claudia Albrecht. (2022). Evaluación de las ingestas dietéticas y prácticas alimentarias en niños de 6 a 23 meses en una localidad del noreste argentino. Archivos Argentinos de Pediatria, 120(6). https://doi.org/10.5546/aap.2022.369
31. Leuba, A. L., Meyer, A. H., Kakebeeke, T. H., Stülb, K., Arhab, A., Zysset, A. E., Leeger-Aschmann, C. S., Schmutz, E. A., Kriemler, S., Jenni, O. G., Puder, J. J., Munsch, S., y Messerli-Bürgy, N. (2022). The relationship of parenting style and eating behavior in preschool children. BMC Psychology, 10(1). https://doi.org/10.1186/s40359-022-00981-8
32. Lira, M. T., y Caballero, E. (2020). ADAPTACIÓN TRANSCULTURAL DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN EN SALUD: HISTORIA Y REFLEXIONES DEL POR QUÉ, CÓMO Y CUÁNDO. Revista médica Clínica Las Condes, 31(1), 85–94. https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2019.08.003
33. Lizalde Hernández, A., Moreno González, M. M., y Valenzuela Gandarilla, J. (2023). Intervenciones en niños escolares para disminuir el índice de masa corporal: Revisión de la literatura. ACC CIETNA: Revista de la Escuela de Enfermería, 9(2), 129–150. https://doi.org/10.35383/cietna.v9i2.757
34. Madera, P. G. (2004). Alimentacion Sana: Todo lo Que hay Que saber sobre Una dieta saludable. Edimat Libros.
35. Martínez-Villanueva, J., González-Leal, R., Argente, J., y Martos-Moreno, G. Á. (2019). La obesidad parental se asocia con la gravedad de la obesidad infantil y de sus comorbilidades. Anales de Pediatría, 90(4), 224–231. https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.06.013
36. Morejón, Y., Fonseca, R., Teles, C., Chico, M., Rodrigues, L., Barreto, M., Cooper, P., y Alvim, S. (2021). Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos para niños de zonas rurales costeras del Ecuador: Construcción, validez relativa y calibración. Revista Chilena de Nutricion: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de Nutricion, Bromatologia y Toxicologia, 48(5), 687–697. https://doi.org/10.4067/s0717-75182021000500687
37. Muzy, RC, Ganen, A. de P. y Alvarenga, MDS (2023). Adaptación transcultural del Cuestionario de Creencias Alimentarias al portugués brasileño. Revista Brasileira de Epidemiologia [Revista Brasileña de Epidemiología] , 26 , e230011. https://doi.org/10.1590/1980-549720230011
38. Natioanl library of Medicine. (1969). Comportamiento de alimentación. Nih.gov. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=feeding+behavior

39. North American Nursing Diagnos Nanda International, y Nanda International. (2014). Diagnosticos Enfermeros. Definiciones y Clasificacion 2021-2023 (T. H. Herdman, Ed.). Elsevier
40. Ocampo, O. C. (2020). Iniciativa con proyecto de decreto por el que se adiciona el artículo 33 bis de la ley de los derechos de niñas, niños y adolescentes del estado de Michoacán de Ocampo. Congreso del estado de Michoacán de Ocampo. http://congresomich.gob.mx/file/Sesi%C3%B3n-101-XXV-X-26-08-2020.pdf
41. Oda-Montecinos, C., Saldaña, C., y Andrés Valle, A. (2015). Daily and abnormal eating behaviors in a community sample of Chilean adults. Nutrición hospitalaria: órgano oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral, 32(2), 590–599. https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.2.9171
42. Organización Mundial de la Salud. (2021). Obesidad y sobrepeso. OMS. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight
43. Organización Panamericana de la Salud. (2017). Sobrepeso afecta a casi la mitad de la población de todos los países de América Latina y el Caribe salvo por Haití. Organización Panamericana de la Salud. https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12911:overweight-affects-half-population-latin-americacaribbean-except-haiti&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524142

EFECTO MODULADOR DEL ACEITE DE AGUACATE SOBRE EL PORO DE TRANSICIÓN DE PERMEABILIDAD MITOCONDRIAL EN RATAS WISTAR ALIMENTADAS CON UNA DIETA ALTA EN GRASA Y FRUCTOSA

Manuel Alejandro Vargas-Vargas[1], Marcela González-Montoya[1], Olin Torres-Isidro[1], Rocío del Carmen Montoya-Pérez[1], Elizabeth Calderón-Cortés[2], Alain Raimundo Rodríguez Orozco[3], y Christian Cortés-Rojo[1]

1 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (UMSNH). Morelia, Michoacán, México; 1371614e@umich.mx, marceglezmon@gmail.com, 1584209e@umich.mx, biochio@gmail.com y christian.cortes@umich.mx

2 Facultad de Enfermería, (UMSNH). Morelia, Michoacán, México; elizabeth.calderon@umich.mx

3 Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez" (UMSNH). Morelia, Michoacán, México; alain.rodriguez@umich.mx

Palabras Clave: Aceite de aguacate, estrés oxidativo, disfunción mitocondrial.

RESUMEN. La disfunción mitocondrial juega un papel crítico en la patogénesis de los trastornos metabólicos asociados con dietas altas en grasa y fructosa (AGFr). El poro de transición de permeabilidad mitocondrial (PTPm) es un regulador clave de la función mitocondrial y la supervivencia celular. En este estudio se investigaron los efectos moduladores del aceite de aguacate (AA) sobre el PTPm en un modelo de ratas con dieta AGFr. Se formaron 4 grupos: 1) Control (CTRL), 2) AGFr, 3) AGFr + AA y 4) AA. El período experimental duró 12 semanas. Las mitocondrias de riñón fueron aisladas mediante centrifugación diferencial. Se añadió ciclosporina A (2µM) para inhibir la apertura del PTPm y $CaCl_2$ (60µM) para inducir la apertura. La composición de ácidos grasos del AA fue evaluada por cromatografía de gases-espectrometría de masas, y se encontró que contenía 59% de ácido oleico, 16.5% de ácido linoleico y 15.7% de ácido palmítico. La apertura del PTPm en el grupo AGFr fue menor en comparación con los otros grupos, lo que indica una posible pérdida de sensibilidad del poro al Ca^{2+}, sugiriendo una alteración en la estructura del PTPm. Sin embargo, la apertura del PTPm en el grupo AGFr + AA fue similar a la del grupo CTRL, lo que indica que el AO restaura la apertura del PTPm y probablemente su estructura. Los resultados sugieren que el aceite de aguacate tiene un efecto modulador sobre el PTPm en las mitocondrias de riñón de ratas Wistar alimentadas con una dieta AGFr. La presencia de compuestos bioactivos, como el ácido oleico y antioxidantes, podría contribuir a este efecto protector. Estos hallazgos corroboran hallazgos anteriores de nuestro grupo de investigación de que el aceite de aguacate podría ser beneficioso para mitigar la disfunción mitocondrial asociada con trastornos metabólicos.

INTRODUCCIÓN. La disfunción mitocondrial juega un papel crítico en la patogénesis de los trastornos metabólicos asociados con dietas altas en grasa y fructosa (AGFr). Las dietas AGFr están vinculadas con la inducción de resistencia a la insulina, obesidad, y eventualmente, diabetes tipo 2, que son condiciones cada vez más prevalentes a nivel mundial (Zhao Y et al 2022). En este contexto, las mitocondrias, que son las principales generadoras de energía celular, son también reguladoras de la muerte celular programada

a través del poro de transición de permeabilidad mitocondrial (PTPm). El PTPm es un complejo proteico que se forma en la membrana interna mitocondrial y cuya apertura puede desencadenar la liberación de factores proapoptóticos, conduciendo a la disfunción celular y muerte celular. La función del PTPm es de suma importancia, ya que su apertura inapropiada puede resultar en la pérdida de potencial de membrana mitocondrial, hinchazón de la matriz mitocondrial, y la eventual ruptura de la membrana externa, liberando proteínas proapoptóticas como el citocromo c (Belosludtsev KN et al 2020). Esto sugiere que el PTPm podría ser un objetivo terapéutico potencial en el manejo de enfermedades metabólicas donde la disfunción mitocondrial es un componente clave. En la búsqueda de tratamientos naturales que puedan contrarrestar estas alteraciones, el aceite de aguacate (AA) ha emergido como un candidato prometedor. El AA es rico en ácidos grasos monoinsaturados, particularmente el ácido oleico, que ha demostrado tener propiedades cardioprotectoras y antiinflamatorias. Además, contiene antioxidantes como los tocoferoles y compuestos fenólicos, que podrían contribuir a su capacidad para modular la función mitocondrial. Se hipotetiza que el AA podría restaurar la funcionalidad del PTPm, previniendo así la disfunción mitocondrial y las patologías asociadas.

ANTECEDENTES. La prevalencia de enfermedades metabólicas como la obesidad y la diabetes tipo 2 ha aumentado drásticamente en las últimas décadas, en gran parte debido a cambios en la dieta y el estilo de vida. Las dietas ricas en grasas saturadas y fructosa son factores de riesgo conocidos para el desarrollo de estas enfermedades, ya que inducen resistencia a la insulina, dislipidemia, e inflamación sistémica. A nivel celular, una de las principales consecuencias de estas dietas es la disfunción mitocondrial. Las mitocondrias son organelos esenciales en el metabolismo energético celular, y su disfunción ha sido implicada en la patogénesis de diversas enfermedades crónicas. En el contexto de la diabetes y la obesidad, la disfunción mitocondrial se caracteriza por una reducción en la capacidad de fosforilación oxidativa, un aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), y la apertura inadecuada del PTPm. La apertura sostenida del PTPm no solo conduce a la pérdida de ATP, sino que también puede desencadenar la apoptosis, contribuyendo a la muerte celular y al deterioro de la función orgánica, como se observa en la nefropatía diabética. El interés por el uso de productos naturales en la prevención y tratamiento de enfermedades metabólicas ha crecido considerablemente. El aceite de aguacate, es conocido por su alta concentración de ácido oleico, un ácido graso monoinsaturado que ha sido ampliamente estudiado por sus efectos beneficiosos sobre la salud cardiovascular y metabólica. Además, el AA contiene antioxidantes que podrían proteger a las mitocondrias del daño oxidativo (García-Berumen CI, et al., 2022) y, por lo tanto, preservar la integridad del PTPm. Estudios previos han demostrado que el AA puede mejorar el perfil lipídico y reducir la inflamación en modelos animales de síndrome metabólico (Ortiz-Ávila O et al., 2013). Sin embargo, su efecto específico sobre la función mitocondrial y, en particular, sobre el PTPm, no ha sido completamente explorado. Este estudio pretende llenar este vacío en el conocimiento, proporcionando nueva evidencia sobre el papel del AA en la modulación del PTPm y la preservación de la función mitocondrial en un contexto de estrés metabólico inducido por una dieta AGFr.

OBJETIVO. Evaluar la composición de ácidos grasos del aceite comercial de la marca Chosen Foods. Evaluar el efecto modulador del AA sobre el PTPm en un modelo de ratas con dieta AGFr

MATERIALES Y MÉTODOS. Se formaron 4 grupos: 1) Control (CTRL), 2) AGFr, 3) AGFr + AA y 4) AA. El período experimental duró 12 semanas. Las mitocondrias de hígado y riñón fueron aisladas mediante centrifugación diferencial (Saavedra-Molina y Devlin, 1997). Composición de ácidos grasos del AA: Se realizó la identificación de los ácidos grasos presentes en aceite de aguacate comercial de la marca Chosen Foods, mediante cromatografía de gases acoplada a espectrofotometría de masas (GC-MS) (Berasategi, I, et al. 2012). Apertura del PTPm: La apertura del PTPm se evaluará en mitocondrias recién aisladas evaluando los cambios en la absorbancia a 540 nm en respuestas a pulsos de 60μM $CaCl_2$. A su vez los experimentos se llevarán a cabo en presencia de ciclosporina A (2μM), la cual inhibe la apertura del PTPm (Petronilli et al. 1993)

RESULTADOS. La composición de ácidos grasos del aceite de aguacate fue evaluada por cromatografía de gases-espectrometría de masas, y se encontró que contenía 59% de ácido oleico, 16.5% de ácido linoleico y 15.7% de ácido palmítico. La apertura del PTPm en el grupo AGFr fue menor en comparación con los otros grupos, lo que indica una posible pérdida de sensibilidad del poro al Ca^{2+}, sugiriendo una alteración en la estructura del PTPm. Sin embargo, la apertura del PTPm en el grupo AGFr + AA fue similar a la del grupo CTRL, lo que indica que el AA restaura la apertura del PTPm y probablemente su estructura. Se identificó la composición de ácidos grasos presente en el AA mediante GC-MS (Tabla 1), y se observó que, en efecto, el principal ácido graso insaturado es el ácido oleico con un 59%, seguido del ácido linoleico con un 16.5%, además de la presencia de ácidos grasos saturados como el palmítico con un 15.7%.

Ác. grasos	Proporción relativa (%)
Ácido Oleico	59
Ácido linoleico	16.5
Ácido palmítico	15.7
Ácido palmitoleico	5.4
Ácido esteárico	1.3
Otros ácidos grasos	2.1
Total	100

Tabla 1. *Identificación de ácidos grasos en el aceite de aguacate por GC-MS*

Se utilizaron ratas macho Wistar y se formaron 4 grupos (n=6). Para las dietas AGFr se utilizó fructosa al 25% en el agua de beber y una dieta alta modificada en la composición de grasa y carbohidratos. Se formuló la dieta de acuerdo con la **Tabla 2** y se elaboraron pellets para que los animales pudieran roer el alimento a consumir.

Grupos	**Grupo**	**No. de animales**	**Características**
1	Control	6	Dieta estándar
2	AGFr	6	Dieta alta en grasa y fructosa
3	AGFr + AA	6	Dieta alta en grasa y fructosa + AA (1mL/kg peso)
4	AA	6	Dieta estándar + AA (1mL/kg peso)

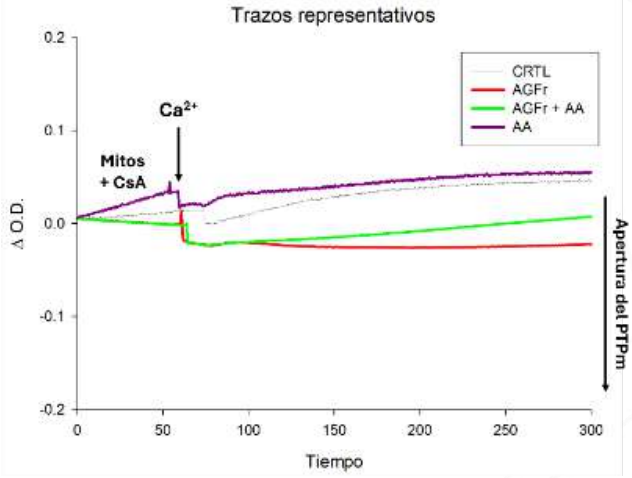
Tabla 2. *Diseño y distribución de los grupos experimentales para el desarrollo de la diabetes.*

COMPONENTE	**PESO (g)**
Alimento purina	2,070

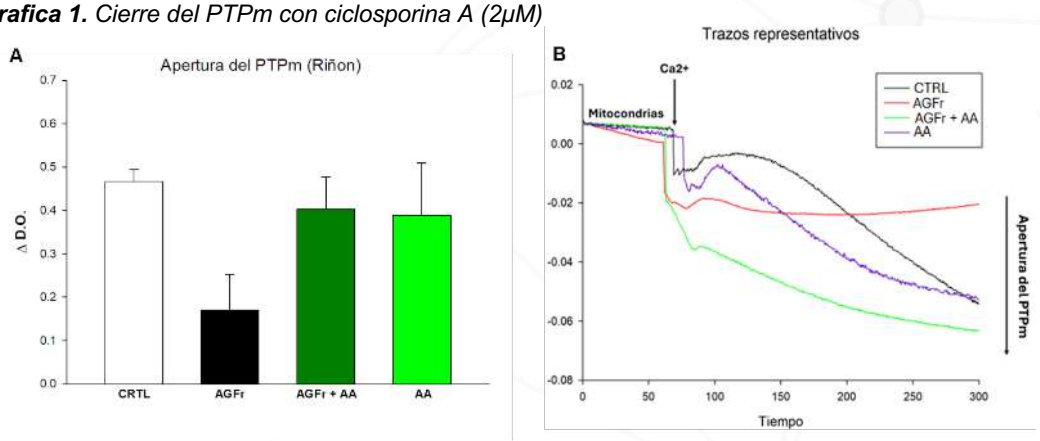
Lactosa	312
Sacarosa	312
Tiouracilo	2.34
Colina	6.24
Colato	2.34
Manteca vegetal	400
Manteca de cerdo	140
TOTAL	3,244.92

Tabla 2. *Composición de la dieta alta en grasa y carbohidratos (sacarosa y lactosa).*

Se evaluó el efecto del aceite de aguacate sobre el PTPm en los diferentes grupos. La adición de calcio en el grupo 3, no indujo la apertura del PTPm, lo cual fue inesperado, ya que su apertura suele asociarse con la muerte celular. En contraste, los grupos tratados con aceite de aguacate mostraron una modulación en la actividad del PTPm, sugiriendo un efecto protector del aceite que podría estabilizar la membrana mitocondrial. Estos hallazgos implican que el aceite de aguacate puede modular el PTPm, ofreciendo beneficios terapéuticos en condiciones de resistencia a la insulina y daño mitocondrial.



Grafica 1. *Cierre del PTPm con ciclosporina A (2μM)*



Grafica 2. (A) *Efecto del aceite de aguacate sobre el PTPm* ***(B)*** *Trazos representativos del efecto del aceite de aguacate sobre el PTPm*

CONCLUSIONES. Los resultados indican que el aceite de aguacate tiene un efecto modulador sobre el PTPm en las mitocondrias de riñón en ratas Wistar alimentadas con una dieta AGFr. La presencia de compuestos bioactivos, como el ácido oleico y antioxidantes, podría contribuir a este efecto protector. Estos hallazgos corroboran estudios anteriores de nuestro grupo de investigación los cuales indican que el aceite de aguacate podría ser benéfico para mitigar la disfunción mitocondrial asociada con trastornos metabólicos. Agradecimientos: al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán por los financiamientos ICTI-PICIR23-063 (CCR) e ICTI-PICIR23-028 (MGM); a la Coordinación de Investigación Científica – UMSNH, financiamiento 7973911.

REFERENCIAS.

1. Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. Food Chemistry, 132(1), 439–446.
2. Belosludtsev, K. N., Belosludtseva, N. V., & Dubinin, M. V. (2020). Diabetes mellitus, mitochondrial dysfunction and Ca2+-dependent permeability transition pore. International Journal of Molecular Sciences, 21(18), 6559. https://doi.org/10.3390/ijms21186559
3. García-Berumen, C. I., Vargas-Vargas, M. A., Ortiz-Ávila, O., Piña-Zentella, R. M., Ramos-Gómez, M., Figueroa-García, M. D. C., Mejía-Zepeda, R., Rodríguez-Orozco, A. R., Saavedra-Molina, A., & Cortés-Rojo, C. (2022). Avocado oil alleviates non-alcoholic fatty liver disease by improving mitochondrial function, oxidative stress and inflammation in rats fed a high fat-high fructose diet. Frontiers in Pharmacology, 13, 1089130. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1089130
4. Petronilli, V., Cola, C., Massari, S., Colonna, R., & Bernardi, P. (1993). Physiological effectors modify voltage sensing by the cyclosporin A-sensitive permeability transition pore of mitochondria. Journal of Biological Chemistry, 268(29), 21939–21945. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)73267-2
5. Zhao, Y., Wang, Q. Y., Zeng, L. T., Wang, J. J., Liu, Z., Fan, G. Q., Li, J., & Cai, J. P. (2022). Long-term high-fat high-fructose diet induces type 2 diabetes in rats through oxidative stress. Nutrients, 14(11), 2181. https://doi.org/10.3390/nu14112181
6. Ortiz-Ávila, O., Sámano-García, C. A., Calderón-Cortés, E., Pérez-Hernández, I. H., Mejía-Zepeda, R., Rodríguez-Orozco, A. R., Saavedra-Molina, A., & Cortés-Rojo, C. (2013). Dietary avocado oil supplementation attenuates the alterations induced by type I diabetes and oxidative stress in electron transfer at the complex II-complex III segment of the electron transport chain in rat kidney mitochondria. Journal of Bioenergetics and Biomembranes, 45(3), 271–287. https://doi.org/10.1007/s10863-013-9502-3

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CP0524143**

RELACIÓN DE BETA-CATENINA CON LA METÁSTASIS EN PACIENTES CON CÁNCER DE MAMA

Susana Itzel Jiménez Sánchez[1], Mayra Carolina Valle Bailón[2], Jared Israel Chávez Urrutia[3], Anel Gómez García[4], Sergio Gutiérrez Castellanos[5], Sandra Guadalupe Sánchez Ceja[6]

1 Facultad de químico farmacobiología, 2000439E@umich.mx

2 Facultad de químico farmacobiología, 1831596@umich.mx

3 Facultad de químico farmacobiología, 1638919g@umich.mx

4 Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; anel.gomez@imss.gob.mx

5 Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; sergio.gutierrez@umich.mx

6 Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; sandra.sanchez@umich.mx

Palabras Clave: Cáncer de mama, beta- catenina, metástasis.

RESUMEN. La β-catenina participa en la adhesión célula-célula, mediando la interacción entre cadherinas y actina. La alteración de su expresión, conlleva a la pérdida de adhesión y alta capacidad invasiva. El objetivo del presente trabajo fue determinar si la expresión de beta-catenina se relaciona con la metástasis y las variables clínicas y biológicas de pacientes con cáncer de mama. Material y métodos. Se incluyeron 270 casos de cáncer de mama del HGR No. 1 del IMSS y del Hospital Civil Dr. Miguel Silva de la SSM del periodo 2015 a 2017. Se obtuvo el reporte histopatológico e inmunohistoquímico de los laboratorios de patología y las características clínicas se obtuvieron del expediente. Se elaboraron microarreglos de tumores y se determinó la expresión de beta-catenina mediante inmunohistoquímica. Se analizó la expresión de la molécula considerando los casos con expresión negativa y leve como normal y los casos con expresión moderada y fuerte como sobre-expresión. Mediante la prueba de chi2 se buscaron asociaciones y mediante curvas de Kapplan-Meir la supervivencia relacionada a la expresión. Resultados. La expresión de beta-catenina se encontró negativa en 43.7%, leve 29.2%, moderado 19.2% y fuerte 7.7%. La distribución de la expresión se presentó en membrana 0.7% de los casos, 39.2% en membrana/citoplasma y 16.3% en citoplasma. Al analizar las correlaciones clínicas de la expresión con beta-catenina con BIRADS, clasificación histológica, grado histológico, TNM, metástasis y clasificación molecular, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas. Sin embargo, la presencia de bordes con neoplasia se asoció estadísticamente con la expresión negativa de beta-catenina (P=0.042) Al analizar la supervivencia se encontró tendencia de mortalidad con los casos negativos a beta-catenina (P=0.06), no hubo diferencias estadísticamente significativas. Conclusiones. La alta cantidad de casos negativos de beta-catenina en nuestro estudio, podría identificar casos con mayor potencial metastásico.

INTRODUCCIÓN. El cáncer de mama es el tipo más frecuente y la causa más común de muerte por cáncer en mujeres a nivel mundial. La beta-catenina forma parte del complejo Wnt/beta-catenina y participa en los procesos de embriogénesis, organogénesis y homeostásis. Además, participa en la adhesión célula-célula, mediando la interacción entre cadherinas y actina. La alteración de su expresión, conlleva a la pérdida de adhesión y alta capacidad invasiva.

ANTECEDENTES. El cáncer es un trastorno genético, causado por mutaciones en el ADN. Son necesarias de cinco a diez mutaciones acumuladas para que una célula evolucione de un fenotipo normal a otro totalmente maligno. Las mutaciones pueden ser congénitas y/o adquiridas, en genes involucrados en la proliferación, la apoptosis, la reparación del ADN, el envejecimiento celular, la angiogénesis, la invasión, la motilidad y la adhesión celular. Estos daños le confieren a la célula la capacidad de dividirse a una tasa mayor y generar una descendencia que conserva esta mutación. Posteriormente, las células hijas acumulan subsecuentes y diversas mutaciones que permiten generar distintos clones con mayores capacidades de sobrevida, proliferación acelerada y no regulada, respecto de su

contraparte normal. Por otro lado, si el sistema inmunitario falla y no reconoce a las células malignas como extrañas, evitando que las células anormales sean señalizadas para morir.

OBJETIVO. Del presente trabajo fue determinar si la expresión de beta-catenina se relaciona con la metástasis y las variables clínicas y biológicas de pacientes con cáncer de mama.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se incluyeron 270 casos de cáncer de mama del HGR No. 1 del IMSS y del Hospital Civil Dr. Miguel Silva de la SSM del periodo 2015 a 2017. Se obtuvo el reporte histopatológico e inmunohistoquímico de los laboratorios de patología y las características clínicas se obtuvieron del expediente. Se elaboraron microarreglos de tumores y se determinó la expresión de beta-catenina mediante inmunohistoquímica. Se analizó la expresión de la molécula considerando los casos con expresión negativa y leve como normal y los casos con expresión moderada y fuerte como sobre-expresión. Mediante la prueba de chi2 se buscó asociaciones clínicas y biológicas y mediante curvas de Kapplan-Meir se analizó la supervivencia relacionada a la expresión. Proceso de la elaboración de la inmunohistoquimica de cáncer de mama:
Los tejidos estaban fijados con formol al 10% e incluidos en bloques de parafina. Se realizaron cortes histológicos de 3-5 µm con ayuda de un microtomo Leica y se colocaron en laminillas previamente tratadas con Silano. Las laminillas cortes fueron desparafinadas en la estufa durante toda la noche anterior a 60ºC, luego se pasaron por baños de hidratación en orden de xilol 5 minutos, xilol 5 minutos, alcohol absoluto 5 minutos, alcohol absoluto 5 minutos, alcohol 70% 5 minutos, a agua 5 minutos.
Baño de hidratación para tejidos y tinción hematoxilina-eosina.Para la recuperación antigénica las laminillas se colocaron en una solución amortiguadora de citratos 0.01 M pH= 6.0, se incubaron en una olla de presión InstantPot a alta presión y 118º C de temperatura durante 20 min, se dejaron enfriar con baño de hielo por 10 min y se lavaron 2 veces con PBS pH 7.4 por 5 minutos. Posteriormente se bloqueó la peroxidasa endógena con H2O2 al 3 % en metanol durante 30 minutos y nuevamente en la solución H2O2/Metanol otros 30 minutos. Se les realizo un lavado una vez con H2O destilada 5 minutos y una vez con PBS pH 7.4 5 minutos, este amortiguador también se utilizó para posteriores lavados y adicionado con 2% de albúmina bovina se utilizó para la dilución de los anticuerpos. Las laminillas se colocaron en 2% albúmina/PBS por 30 minutos con la finalidad de bloquear los receptores del fragmento Fc que presenta el tejido, eliminando de esta manera el pegado inespecífico de los anticuerpos utilizados. Seguido se les realiza un lavado para retirar el suero con PBS pH 7.4 por 5 minutos. Las laminillas se incubaron con una gota (10 µl) del anticuerpo monoclonal IgG1 de ratón anti-humano anti-E-cadherina-Catenina (dilución 1:100) (Cell Marque). El anticuerpo primario se incubó toda la noche a 4ºC en una cámara húmeda. Se lavaron con amortiguador de PBS pH 7.4 por 5 minutos 3 veces. Se incubaron con una gota (10 µl) del anticuerpo anti-ratón (Vector laboratories) a temperatura ambiente durante 30 minutos. Después de lavar con PBS 5 minutos 3 veces, los cortes se incubaron con diaminobenzidina dilución 1:300 durante 10 minutos y en la oscuridad, lo que confiere una coloración sepia en las regiones inmunorreactivas. Finalmente, se lavaron con agua destilada y contrastaron con hematoxilina de Harris durante cinco minutos y se sometieron al proceso de deshidratación y montaje con Entellan (Merck) para su posterior observación. Como control negativo se emplearon los mismos cortes, pero sin agregar el anticuerpo primario.

RESULTADOS. La expresión de beta-catenina se encontró negativa en 43.7%, leve 29.2%, moderado 19.2% y fuerte 7.7%.



Fig.1. *"Expresión de beta-catenina"*

La distribución de la expresión se presentó en membrana 0.7% de los casos, 39.2% en membrana/citoplasma, 16.3% en citoplasma y negativo en un 43.7%.

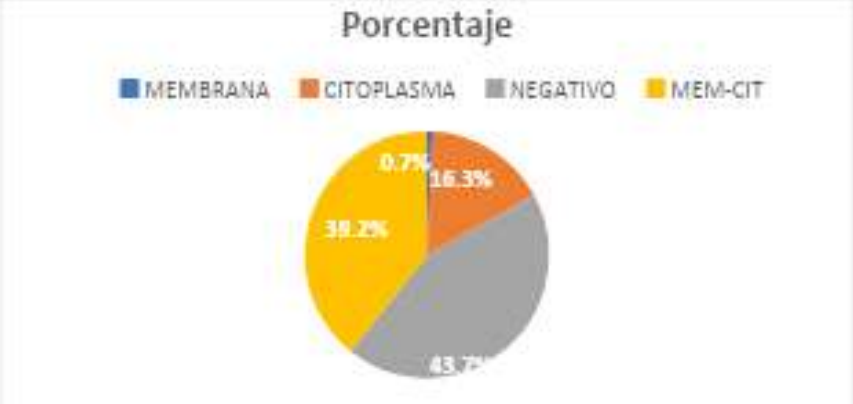


Fig.2. *"Distribución de la expresión"*

Al analizar las correlaciones clínicas de la expresión con beta-catenina con la edad de las pacientes, índice de masa corporal, menarca, estado ovárico, menopausia, lactancia, índice estrogénico, BIRADS, clasificación histológica, grado histológico, TNM, metástasis y clasificación molecular, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas. Sin embargo, la presencia de bordes con neoplasia se asoció estadísticamente con la expresión negativa de beta-catenina (P=0.042). Al analizar la supervivencia se encontró tendencia de mortalidad con los casos negativos a beta-catenina (P=0.06), no hubo diferencias estadísticamente significativas. Los resultados estadísticos se muestran en la tabla 1 "Estadística de beta-catenina".

Variable	**N**	**Leve**	**moderado**	**fuerte**	**negativo**	**Total (N)**	**p-Value**
Edad	270						.249
<40		13	3	4	14	34	
>40		66	49	17	104	236	

IMC	254						.941
Peso bajo		1	0	0	2	3	
Peso adecuado		14	7	5	30	56	
Sobrepeso		30	20	4	41	95	
Obesidad I		18	14	5	29	66	
Obesidad II		6	4	2	9	21	
Obesidad III		3	3	2	5	13	
Menarca	174						.761
<10 años		2	1	2	6	11	
11 a 14 años		36	19	9	45	109	
>14 años		16	12	5	21	54	
Estado ovárico	264						.586
Premenopausia		28	28	28	28	28	
Menopausia		28	28	28	28	28	
Histerectomía		28	28	28	28	28	
Histerectomia y ooforectomía unilateral		28	28	28	28	28	
Histerectomia y ooferectomía bilateral		28	28	28	28	28	
Indice de estrógeno	166						.298
Bajo		17	17	17	17	17	
Moderado		18	10	3	26	57	
Alto		17	14	9	31	71	
Mastografia BIRADS	112						0.60911623
0		4	0	0	2	6	
1		1	0	0	0	1	
3		4	5	1	7	17	
4		25	13	6	33	77	
5		28	25	11	47	111	
Clasificación	270						0.37744373
Carcinoma Ductal Infiltrante		68	44	20	103	235	
Carcinoma Ductal In Situ		2	1	0	0	3	
Carcinoma lobulillar infiltrante		0	4	1	8	13	
Carcinoma lobulillar infiltrante		2	0	0	4	6	
Carcinoma metaplásico		0	2	0	1	3	
Carcinoma papilar		1	0	0	2	3	
Carcinoma medular		2	0	0	0	2	

Carcinoma peomórfico		1	0	0	0	1	
Carcinoma adenoide quístico		1	0	0	0	1	
Carcinoma neuroendocrino		1	0	0	0	1	
Carcinoma mixto		1	1	0	0	2	
Grado histologico	267						0.86941556
Bajo		19	10	3	25	57	
Moderado		42	31	12	61	146	
Alto		17	10	5	32	64	
PTMN	270						.448
<2 cm		38	25	7	47	117	
>2 cm		41	27	14	71	143	
AJCCClínico_EstadioPronó_Codificado * Loc_N_Cad_amplia	266						.969
IA		18	10	4	24	56	
IB		13	9	3	22	47	
IIA		19	13	6	29	67	
IIB		10	7	2	15	34	
IIIA		5	2	0	8	15	
IIIB		10	6	4	12	32	
IIIC		1	1	0	7	9	
IV		2	2	1	1	6	
EstadiosTempranos_vs_Tardíos	178						.436
Estadios tempranos (IA y IIA)		27	19	3	38	87	
Estadios tardíos (IIB al IIC)		22	14	7	41	84	
Estadio metastásico		3	2	1	1	7	
Estrógenos	270						.776
Positivo		53	38	15	87	193	
Negativo		26	14	6	31	77	
Progesterona receptor	270						.835
Positivo		45	32	14	73	164	
Negativo		34	20	7	45	106	
HER2	268						.122
Positivo		18	9	5	13	45	
Negativo		60	42	16	105	223	
Ki67	257						.717
Positivo		58	34	15	78	185	
Negativo		19	15	4	34	72	

Clasificación molecular	263						.417
Luminal A		18	13	8	36	75	
Luminal B HER pos		28	20	6	43	97	
Luminal B HER pos		8	4	1	8	21	
HER sobreexpresión		10	5	4	4	23	
Triple negativo		13	9	2	23	47	
Actual defunción	173						.214
Si		5	1	1	13	20	
no		43	24	12	73	152	

Tabla 1. "Estadística de beta-catenina"

CONCLUSIONES. La alta cantidad de casos negativos de beta-catenina en nuestro estudio, podría identificar casos con mayor potencial metastásico. Aunque no se encontraron relación con los casos de metástasis al diagnóstico, será necesario dar seguimiento a las pacientes para tratar de detectarlas a tiempo.

REFERENCIAS.

1. "Gabriel, A. Sandra, S. y Sergio, G. (2023). PAPEL PRONÓSTICO DE B-CATENINA COMO MARCADOR MOLECULAR EN CÁNCER DE MAMA. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología, Morelia, Michoacán"
2. Mantilla, C., Iris, S. M., Alejandra, D. J., & Navas, M. C. (s. f.). Mecanismos de señalización por β-catenina y su papel en la carcinogénesis. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052015000100010

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CP0524144**

ASOCIACIÓN DE N-CADHERINA CON FACTORES CLÍNICO PRONÓSTICO DE PACIENTES CON CÁNCER DE MAMA

Mayra Carolina Valle Bailón[1], Susana Itzel Jiménez Sánchez[2], Jared Israel Chávez Urrutia[3], Anel Gómez García[4] Sergio Gutiérrez Castellanos[5], Sandra Guadalupe Sánchez Ceja[6]

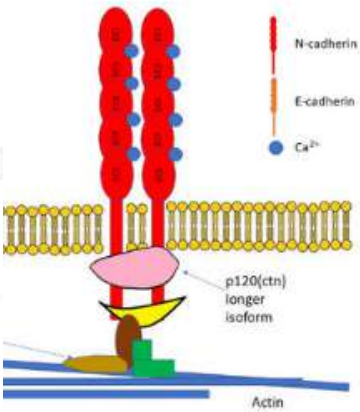
1 *Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1831596f@umich.mx*
2 *Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000439e@umich.mx*
3 *Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1638919g@umich.mx*
4 *Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; anel.gomez@imss.gob.mx*
5 *Centro de Investigación Biomédica de Michoacán – IMSS, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; sergio.gutierrez@umich.mx*

6 *Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;*
sandra.sanchez@umich.mx

Palabras Clave: Cáncer de mama, N-cadherina, Factor pronóstico.

RESUMEN. El cáncer de mama es un conjunto de patologías que afectan el tejido mamario, lo cual es la proliferación de células cancerígenas que se expanden a tejidos continuos como los ganglios linfáticos, hígado, riñón, entre otros, hasta provocar una falla sistemática en la paciente, dicho de otra forma, causar más enfermedades. Actualmente, el cáncer de mama es una neoplasia que ocupa el primer lugar a nivel mundial, como causa de muerte en mujeres de entre 30 a 54 años de edad, seguido por el cáncer cérvicouterino. Esta enfermedad es un problema de primer nivel en países desarrollados siendo un padecimiento ya establecido y controlado por el sistema de salud de dichos países, no obstante, en países subdesarrollados, como Argentina, México, Chile, entre otros, la falta de servicios públicos dignos, un diagnóstico temprano y certero, la ignorancia del cuerpo femenino y sus cambios para las pacientes, entre otras variables ha provocado que en Latinoamérica como en México principalmente, el cáncer de mama sea una enfermedad letal para el sector femenino. Hoy en día el cáncer de mama posee el primer lugar de incidencia representado por un 37.7% en México, seguido por el cáncer cérvicouterino (13.2%) y el cáncer de tiroides (11.7%) mientras que su mortalidad también está en el primer lugar con un 25%, el cáncer cérvicouterino (15.7%) en segundo lugar y el cáncer ovario (9.4%) en tercer lugar.

INTRODUCCIÓN. El cáncer de mama es una enfermedad causada por distintos factores genéticos y ambientales. Adentrándonos en la genética, es de vital importancia conocer la historia familiar del paciente. Primeramente, hay que diferenciar el cáncer de mama hereditario del cáncer de mama familiar. El primero se refiere a aquél cáncer en el cual se supone la existencia de un gen dominante de alta proliferación en los miembros de dicha familia, quienes presentan dichas características específicas como: la edad en la que aparece el cáncer, la prevalencia del cáncer, entre otros. Se cree que el cáncer de mama hereditario representa del 3 al 10% de todos los cáncer de mama y que los factores hereditarios representan del 20 al 25% de todos los casos presentados. Por otro lado, el cáncer de mama familiar es aquél donde uno o dos familiares de primer grado hayan tenido la enfermedad, por lo cual se cree que ciertos factores ambientales a los que la familia ha estado expuesta tengan relación con la aparición de ésta enfermedad en la familia, tales factores como: el área geográfica donde viven, factores étnicos y culturales, el uso de anticonceptivos y el nivel socioeconómico de la familia. Los casos de cáncer de mama familiar simbolizan el 23% de todos los cáncer de mama. Por otro lado, el desarrollo de algunos tumores es incrementado por la estimulación de las hormonas estrógeno y progesterona, cuyas hormonas sexuales forman parte del organismo femenino. Además, ciertos tumores de mama requieren de dichas hormonas para desarrollarse, los cuales tienen un grn número de receptores, ya sean RE o RP, por lo cual éstas hormonas se



adhieren a dicho receptores para fomentar el crecimiento tumoral. La presencia de los receptores hormonales y la expresión de HER2 en un tumor son factores importantes para proporcionar a la paciente el tratamiento más adecuado para su enfermedad. Es de suma relevancia saber si el tumor es positivo a éstos receptores ya que los tumores con un alto receptor hormonal se pueden combatir con fármacos que disminuyen el suministro hormonal en el tumor. Ahora bien, los tejidos están compuestos por células que se unen entre sí por medio de proteínas de adhesión que se encargan de sostener la unión célula-célula y por ende, brindarle al tejido la estabilidad necesaria para ser funcional en el organismo, estas proteínas de adhesión se les conoce como cadherinas que se encargan del reconocimiento celular, la morfogenésis del tejido y la supresión de tumores, hoy en día se conocen 5 tipos de cadherinas encargadas de dichas funciones, sin embargo, las principales cadherinas que se han identificado son la E-cadherina, B-catenina y N-cadherina. Ahora, el cáncer, se encarga de dañar esta estabilidad interrumpiendo la unión célula-célula, modificando así la membrana basal, irrumpiendo e infiltrando tejidos vecinos, dicho de otra manera, propagando el cáncer. La molécula de estudio en este proyecto, la N-cadherina es una proteína que regula la adhesión célula-célula en los tejidos y participa en mecanismos de señalización celular que regula la apoptosis, diferenciación, motilidad y polaridad de las células. Regula la activación del receptor del factor de crecimiento de fibroblastos, incrementando la capacidad invasiva de las células tumorales. Las cadherinas mencionadas anteriormente, poseen una estructura molecular en común; sus interfases extracelulares comprenden cinco dominios de 110 aminoácidos cada uno, los cuales están conformados por una topología de plegado similar a la de los dominios de tipo variable de inmunoglobulina (Overduin et al., 1995; Shapiro et al., 1995a, 1995b). Varias líneas de evidencia, más notablemente experimentos de intercambio de dominios (Nose et al., 1990) y estudios de microscopía electrónica (Tomschy et al., 1996), sugieren que la unión homofílica entre cadherinas clásicas se produce a través de la interacción en el dominio de cadherina N-terminal.

ANTECEDENTES. Naturalmente, hoy en día se cree que el cáncer de mama ha sido una afección que ha dañado a la sociedad femenina contemporánea ya que fue hace 100 años que la comunidad médica y científica pudo identificarlo y conceptualizar dicha enfermedad, sin embargo, ésta Patología contiene un sinfín de Historia en su evolución. Edwin Smith mencionó por primera vez al cáncer de mama en su papiro donde lo describe como tumores en los pechos femeninos que eran retirados mediante cauterización o exéresis, el cual es un procedimiento quirúrgico donde se extirpa completamente el tumor. Posteriormente, Herodoto relata el mito de las amazonas, una población de mujeres guerreras quienes simbolizaban su independencia y fuerza amputándose el seno derecho, esto con la justificación de mejorar su agilidad física con el arco y otras actividades. Durante el siglo XVI, René Descartes propuso la teoría de la linfa, que destacaba la importancia de la sangre y la linfa en el cuerpo. Más tarde, Stahl y Hoffman sugirieron que el cáncer se formaba por la fermentación y degeneración de la linfa.En el siglo XVII, Bernardino Ramazzini observó una alta incidencia de cáncer de mama en monjas italianas y lo atribuyó al celibato. Claude Deshais-Gendron describió los tumores cancerígenos como masas frías formadas por glándulas y nervios endurecidos. Finalmente, Henri Le Dran propuso que el cáncer es una enfermedad local que avanza en estadios y sugirió la remoción del tumor mamario antes de su propagación. Conforme el tiempo fue transcurriendo, nuevas ideas sobre el nacimiento del cáncer fueron apareciendo. Johannes Müller propuso que las células cancerígenas surgen del blastema cuando anteriormente se creía que provenían del

sistema linfático. Rudolf Ludwig Karl Virchow en 1858, publicó que las células axilares metastásicas se originaban como respuesta a ingredientes dañinos o materia venenosa emitida por el cáncer en la mama. En 1882, la mastectomía radical fue introducida por el cirujano estadounidense William Halsted, pues en su teoría, denominada Virchow-Halsted, postula el cáncer como una enfermedad local, que metastatiza a otros lugares a medida que se propaga. Posteriormente, Halsted publicó los resultados de las operaciones quirúrgicas con las que fueron tratadas 50 pacientes con cáncer de mama, concluyendo que sólo tres pacientes tuvieron recidiva local, excelentes resultados comparados con los obtenidos por otros médicos, como Bergmann, Billroth, Czerny, Fischer Gussenbauer. entre otros, quienes reportaron más del 60% de recurrencia en pacientes tratados con técnicas convencionales. En 1896, la Asociación Británica de Ginecología celebró su reunión anual, en la que discutió y presentó los nuevos conocimientos adquiridos en la clínica. Fue aquí donde el médico inglés George Thomas Beatson afirmó que luego de realizar ooforectomía a pacientes con tumores de mama, observó una ligera disminución en el tamaño de los tumores, concluyendo que la secreción interna de tumores. Los ovarios han sido implicados en el desarrollo de tumores de mama. Por ello, se le considera el padre de la terapia antihormonal. Ese mismo año, el profesor de física e ingeniero mecánico Wilhelm Conrad Röntgen describió una innovación que sería muy útil en Alemania: Gracias a este descubrimiento, el cirujano alemán Albert Salomon publicó en 1913 sus resultados de 3000 mastectomías en las que encontró microcalcificaciones en imágenes de rayos X tomadas de muestras de tumores. Gracias a esto pudo describir los cambios en la imagen del tejido sano y del tejido canceroso. El Dr. George Pfahler aprovechó el retorno de los avances en radioterapia con el descubrimiento de una nueva terapia a principios de la década de 1930, por lo que se le considera una primera influencia como especialista en radiología; Posteriormente, en 1949, Raúl Leborgne impulsó la mamografía en Uruguay.

OBJETIVO. El objetivo del presente estudio, fue determinar si la expresión de N-cadherina se relaciona con la metástasis y las variables clínicas y biológicas de pacientes con cáncer de mama.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se incluyeron 214 casos de cáncer de mama del HGR No. 1 del IMSS y del Hospital Civil Dr. Miguel Silva de la SSM del periodo 2015 a 2017. Se obtuvo el reporte histopatológico e inmunohistoquímico de los laboratorios de patología y las características clínicas se obtuvieron del expediente. Se concentraron los bloques de tejido de las pacientes con diagnóstico de cáncer de mama, a los que se les denominó bloque donador, se revisaron al microscopio las laminillas teñidas con hematoxilina-eosina correspondientes a cada caso, se identificaron y marcaron 3 zonas con tejido tumoral y 1 con tejido adyacente al tumor, es decir no maligno. Luego, se diseñó un mapa que contenía el número de registro de cada caso y el número consecutivo correspondiente y por triplicado, así como los tejidos adyacentes al tumor. De esta manera se establecieron las coordenadas de cada caso en el microarreglo de tejido. En seguida, se preparó el equipo Chemicon Advanced Tissue Arrayer (ATA-100) semiautomático (Biomedical Imaging Facility BMIF, Sídney Australia), colocando la laminilla previamente marcada en el microscopio del microarreglador, su respectivo bloque donador y un bloque receptor de parafina virgen, en las áreas correspondientes del equipo, que los posiciona en forma paralela. Se identificó el área marcada de la laminilla, lo que, al movimiento de la platina el bloque donador se movió paralelamente al de la laminilla, lo que permitió colocarlo al centro de una aguja de alta

precisión de 1mm de diámetro. Luego, se puncionó el bloque donador para obtener la muestra y simultáneamente otra aguja del mismo calibre puncionó el bloque receptor. Se movió la aguja con la muestra del bloque donador y se descargó en el agujero del bloque receptor. Al concluir la colocación de los cilindros de tejido en el bloque receptor, el bloque fue calentado a 40oC durante 10 min para que se fundieran con la parafina de este bloque. Se elaboraron 11 TMAs con los 310 bloques de parafina con tejido incluido con cáncer de mama, se hicieron tres spots por cada caso con tejido neoplásico y se incluyeron en 92 spots con tejido no neoplásico adyacente al tumor como controles. Finalmente se realizaron cortes histológicos de 4µm de espesor con un micrótomo estándar, se colocaron en laminillas electrocargadas y se procedió a realizar la inmunohistoquímica. Se analizó la expresión de la molécula considerando los casos con expresión negativa y leve como normal y los casos con expresión moderada y fuerte como sobre-expresión. Mediante la prueba de chi2 se buscaron asociaciones y se analizó la supervivencia relacionada a la expresión.

RESULTADOS.



Fig. 1 *Expresión de la N Cadherina en las en las pacientes analizadas.*



Fig. 2 *Distribución de la N Cadherina pacientes analizadas.*

La expresión de N-cadherina se encontró negativa en 81.7%, leve 12.4%, moderado 1.8% y fuerte 6.4%. La distribución de la expresión se presentó en membrana 0.9% de los casos y 17.2% en citoplasma. Al analizar las correlaciones clínicas de la expresión con N-cadherina, se encontraron relación estadísticamente significativa con la clasificación histológica (p=0.007), estadios tempranos vs tardíos (p=0.05) y con la expresión de HER2 (p=0.004). Con las demás variables clínicas y biológicas analizadas, no se encontraron asociaciones ni tampoco con la supervivencia de las pacientes.

CONCLUSIONES. Los casos con expresión de N-cadherina, podrían identificar casos en estado de transición epitelio-mesenquimal, los cuales tienen mayor capacidad invasiva y la asociación con el grado histológico y estadio clínico, la identificación de casos más malignos.

REFERENCIAS.

1. S. Ruiz de Aguirre, & A. Villanueva Edo. (2000, 2 abril). Evolución del cáncer de mama a través de la historia. GACETA MEDICA DE BILBAO.
2. Martín, Herrero, A., & Echavarría, I. (2015). El cáncer de mama. Arbor, 191(773), a234. https://doi.org/10.3989/arbor.2015.773n3004

3. Reyna, M. C. E., & De los Ángeles Vargas Flores, M. (2018). Factores personales que afectan la calidad de vida de mujeres con cáncer de mama del noreste de México. Hispanic Health Care International, 16(2), 70-75. https://doi.org/10.1177/1540415318786675
4. Ruiz-Flores P et al. Genética del cáncer de mama. Rev. Invest Clin 2001; 53 (1): 46-64
5. INEGI. ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA INTERNACIONAL DE LA LUCHA CONTRA EL CÁNCER DE MAMA (19 DE OCTUBRE). 2023

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524145

EFECTO DEL ÁCIDO ANACÁRDICO EN LA PROLIFERACIÓN Y SECRECIÓN DE LA CITOCINA IFN-γ EN CÉLULAS MONONUCLEARES DE SANGRE PERIFÉRICA HUMANA

Jesús Emmanuel Jaime Muñoz[1], Libia Vega Loyo[2], Elizabet Estrada Muñiz[3]
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000612b@umich.mx
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional; lvega@cinvestav.mx
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional; eestrada@cinvestav.mx

Palabras Clave: Ácido anacárdico, cáncer, PMBCs, IFN-γ, fitohemaglutinina, inmunoterapia, selectividad citotóxica

RESUMEN. El ácido anacárdico 6-pentadecil salicílico (6SA) ha sido investigado por sus propiedades antitumorales y moduladoras del sistema inmunológico. Este estudio evalúa los efectos del 6SA en la proliferación y secreción de IFN-γ de células mononucleares de sangre periférica (PBMCs). Los resultados muestran que el 6SA no induce proliferación ni secreción de IFN-γ en PBMCs no estimuladas, pero reduce ambos parámetros en células estimuladas con fitohemaglutinina. Esto sugiere que el 6SA tiene efectos citotóxicos selectivos, afectando solo a células en estado de proliferación, lo que podría ser útil en el desarrollo de tratamientos contra el cáncer más selectivos y menos tóxicos.

INTRODUCCIÓN. El cáncer es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, lo que ha impulsado un interés significativo en la búsqueda de nuevos tratamientos. Los tratamientos convencionales, como la quimioterapia, la radioterapia y la inmunoterapia, han sido efectivos en diversas etapas y tipos de cáncer. Sin embargo, estos tratamientos suelen afectar tanto a las células cancerosas como a las normales, provocando efectos secundarios importantes. Es por ello que se han explorado nuevas estrategias terapéuticas más selectivas y menos invasivas. En este contexto, los compuestos naturales han emergido como una prometedora área de investigación debido a sus propiedades citotóxicas selectivas hacia las células tumorales y a su capacidad para modular el sistema inmunológico. El ácido anacárdico 6-pentadecil salicílico es un compuesto bioactivo que se encuentra en el Amphipterygium adstringens, conocido como cuachalalate, un árbol originario de México. Investigaciones previas han demostrado que el 6SA posee propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antitumorales. Este compuesto ha mostrado actividad antineoplásica en diversos modelos animales y líneas celulares humanas transformadas, sugiriendo su potencial como agente terapéutico contra el cáncer. Además, se ha observado que el 6SA tiene la capacidad de influir en el sistema inmunológico, modulando la proporción de células inmunes y la secreción de citocinas. Las citocinas son proteínas clave en la regulación de la respuesta inmunitaria, y su secreción es un indicador crucial de la activación de las células inmunes. Entre las citocinas más relevantes se encuentran el interferón gamma (IFN-γ), la interleucina-2 (IL-2) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α), que juegan un papel importante en la vigilancia inmunológica y en la eliminación de células cancerosas. Sin embargo, aún no se ha establecido claramente si los efectos del 6SA sobre las células inmunitarias ocurren de manera selectiva o si afectan por igual tanto a las células cancerosas como a las normales. En este sentido, el estudio de los efectos del 6SA sobre las células mononucleares de sangre periférica (PBMCs), un componente crucial del sistema inmunológico, resulta de gran relevancia. Las PBMCs incluyen linfocitos T y B, células asesinas naturales (NK) y monocitos, los cuales son responsables de mediar la respuesta inmunitaria frente a infecciones y células transformadas. Estas células se pueden obtener de manera poco invasiva de individuos sanos, lo que las convierte en un modelo ideal para investigar los efectos de compuestos antineoplásicos en células normales. Este estudio se centra en evaluar el impacto del 6SA en la proliferación y secreción de citocinas de PBMCs humanas, con el fin de determinar si este compuesto ejerce efectos selectivos sobre células transformadas o si también afecta a células inmunes normales. Adicionalmente, se investigará el potencial de 6SA para modular la secreción de IFN-γ, una citocina crítica en la activación de macrófagos y células NK en la respuesta inmune antitumoral. Estos hallazgos podrían contribuir al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas basadas en compuestos naturales que ofrezcan una mayor selectividad y menor toxicidad que los tratamientos convencionales.

ANTECEDENTES. Desde una perspectiva biológica, el cáncer es un proceso complejo que involucra la alteración de múltiples vías celulares, incluidas aquellas relacionadas con el control del ciclo celular, la apoptosis y la respuesta inmunitaria. Durante las primeras etapas del cáncer, el sistema inmunológico juega un papel crucial en la detección y eliminación de las células transformadas a través de un proceso conocido como vigilancia inmunológica. La vigilancia inmunológica depende de la acción coordinada de varias células del sistema inmunitario, incluidas las PBMCs. Estas células, que se encuentran circulando en la sangre periférica, incluyen linfocitos T, linfocitos B, células NK y monocitos, y son responsables de identificar y eliminar células infectadas o anormales. En el ámbito del cáncer, las citocinas son fundamentales para coordinar la respuesta del sistema inmunitario. El IFN-γ, por ejemplo, es una citocina producida por células T y NK que tiene una variedad de efectos en la inmunidad antitumoral, incluyendo la activación de macrófagos y el aumento de la presentación de antígenos por parte de las células tumorales. Esta citocina también puede promover la apoptosis de las células cancerosas y mejorar la actividad citotóxica de las células NK. Sin embargo, en ciertos contextos, las citocinas también pueden promover la inflamación crónica, lo que a su vez puede favorecer la progresión del cáncer al crear un ambiente favorable para el crecimiento tumoral. El ácido anacárdico ha sido objeto de estudio debido a su capacidad para modular tanto la proliferación de células tumorales como la respuesta inmunitaria. Los estudios in vitro han demostrado que el 6SA puede inhibir la proliferación de células cancerosas a través de varios mecanismos, como la inducción de la apoptosis, la inhibición de las vías de señalización de crecimiento celular y la reducción de la angiogénesis. Adicionalmente, se ha encontrado que el 6SA afecta la actividad de las células inmunitarias, modulando la secreción de citocinas como IFN-γ, IL-2 y TNF-α en diversos modelos experimentales. El uso de PBMCs obtenidas de donantes sanos es un enfoque valioso para estudiar los efectos de los compuestos antineoplásicos en células normales. Estas células representan un modelo relevante para investigar la activación y función de las células inmunitarias en un entorno fisiológico. Al evaluar los efectos del 6SA en las PBMCs, se espera obtener información sobre la selectividad de este compuesto y su potencial para ser utilizado como un tratamiento contra el cáncer que minimice los efectos secundarios en células inmunes normales.

OBJETIVO. Evaluar el efecto del ácido anacárdico (6SA) en células mononucleares de sangre periférica (PBMCs) de individuos sanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Evaluar la proliferación de PBMCs en presencia y ausencia de fitohemaglutinina (PHA) tras el tratamiento con 6SA. Medir la secreción de interferón gamma (IFN-γ) en cultivos de PBMCs tratados con 6SA.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Obtención de las PBMCs y tratamiento con 6SA. Los experimentos se realizaron utilizando PBMCs obtenidas de sangre periférica heparinizada mediante venopunción de un donante varón joven de 25 años, aparentemente sano del que se obtuvo el consentimiento informado. Se colocó la sangre sobre un gradiente de Ficoll en una relación 2:1 y se centrifugó a 2000 rpm por 25 min a temperatura ambiente (TA). Las PBMCs aisladas se lavaron con solución amortiguadora de fosfatos (PBS, pH 6.8) y se resuspendieron en medio de cultivo RPMI-1640 suplementado con 10% de suero fetal bovino inactivado por calor, 2 mM de L-glutamina, 1 mM de aminoácidos no esenciales y 1% de antibiótico/antimicótico. Se determinó la viabilidad y el número de células por ml por

exclusión de azul tripano utilizando una cámara de Neubauer (hemocitómetro) en un microscopio de contraste de fases. Se ajustó la densidad celular a 5x105 células/ml, se colocaron 200 ul de suspensión celular por pozo en una placa de 96 pozos. Algunos cultivos se activaron con fitohemaglutinina (PHA, por sus siglas en inglés) en una dilución 1:400. Los cultivos se trataron con 6SA 5, 20 y 75 uM por 24, 48 y 72 h. Se utilizó 0.06% de DMSO como vehículo. Los experimentos se realizaron por triplicado.

Determinación de la proliferación celular. Dieciocho horas antes de terminar el tiempo de tratamiento se agregaron 20 ul de una solución de timidina tritiada (6,7 Ci/mmol) por pozo. Al concluir el tiempo determinado se cosecharon las células en un filtro de fibra de vidrio, se dejó secar y se determinaron las cuentas por minuto (cpm) de tritio incorporado en el ADN de nueva síntesis utilizando un contador de centelleo líquido para determinar la proliferación celular.

Cuantificación de IFN-γ. En otra serie de cultivos se colectó el medio a las 48 h de tratamiento en tubos de microcentrífuga y se centrifugaron a 3000 rpm por 5 min, y se guardaron a -20 °C. La cuantificación de IFN-g se realizó mediante la técnica de ELISA. Se incubó una placa de 96 pozos con una solución de anticuerpo de captura a 4 °C durante toda la noche. La placa se lavó con PBS/Tween (PBS con Tween 20 al 0.05%) y se bloqueó durante 2 h con una solución de albúmina sérica bovina (BSA) al 1% en PBS. La placa se lavó 4 veces y se añadieron 100 ul del anticuerpo de detección específico acoplado a avidina a cada pozo. La placa se incubó durante 1 h a TA y se lavó 4 veces. Las células se incubaron por 30 min a TA con 100 ul/pozo de estreptavidina unida a peroxidasa de rábano. Finalmente, se adicionaron 100 ul/pozo de solución ABTS. La densidad óptica (DO) se determinó en un lector de microplacas a 405 nm a los 10 min. Los valores de DO obtenidos se transformaron a pg/ml de proteína utilizando una curva de calibración.

RESULTADOS.

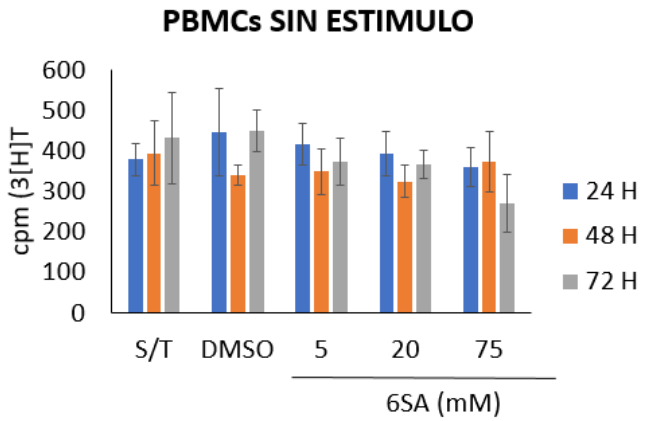


***Fig 1**. Proliferación de las PBMCs sin estímulo (PHA), con DMSO (vehículo) y con concentraciones de 6SA de 5, 25 y 75 μM a los tiempos de exposición de 24, 48 y 72 hrs de la microplaca del equipo #1. Se presentan el*

promedio +\- desviación estándar. Se logra observar que el 6SA no induce la proliferación de las PBMCs de manera significativa.

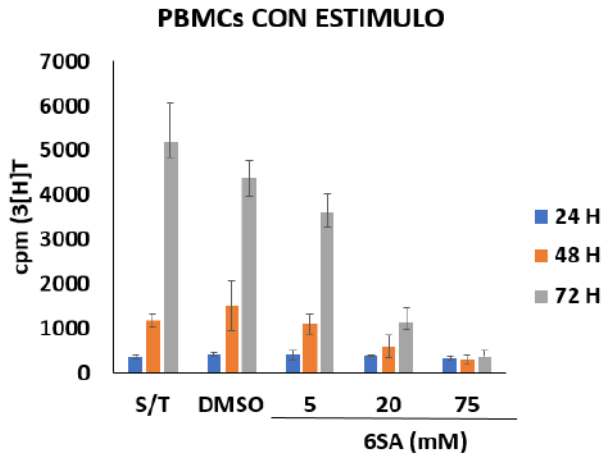


***Fig 2**. Proliferación de las PBMCs con estímulo (PHA), sin tratamiento, con DMSO (vehículo) y con concentraciones de 6SA de 5, 25 y 75 µM a los tiempos de exposición de 24, 48 y 72 hrs de la microplaca del equipo #1. Se presentan el promedio +\- desviación estándar. Se logra observar que la exposición a 6SA reduce la proliferación de las PBMCs a las 48 hrs de cultivo y desde la concentración de 20 uM, siendo más evidente a las 72 h de exposición.*

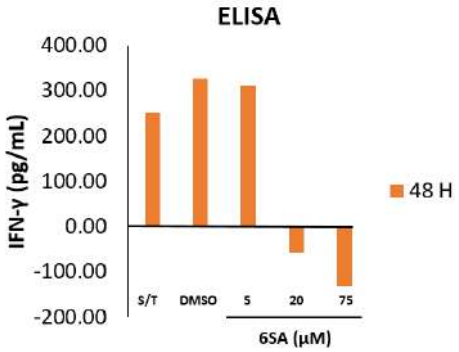


***Fig 3**. Secreción de la citocina IFN-γ analizada mediante la técnica de ELISA de la microplaca del equipo #1, de las PBMCs sin estímulo (PHA), con DMSO (vehículo) y con concentraciones de 6SA de 0, 5, 25 y 75 µM al tiempo de exposición de 48 hrs. Se logra observar que la secreción de IFN-g disminuyó a partir de las 48 h de cultivo y desde la concentración de 20 uM de 6SA.*

CONCLUSIONES. El 6SA no induce la proliferación de las PBMCs ni la secreción de IFN-γ. Sin embargo, cuando las células se estimulan con PHA, la exposición a 6SA reduce la proliferación de las PBMCs a las 48 h de cultivo y desde la concentración de 20 uM, siendo más evidente a las 72 h de exposición. La secreción de IFN-g disminuyó a partir de las 48 h de cultivo y desde la concentración de 20 uM de 6SA. Lo anterior indica que existe una selectividad en el efecto citotóxico del 6SA sobre células en estado de proliferación, pues las células no estimuladas no presentaron cambios al exponerlas al 6SA y se observó una disminución en las respuestas de las células estimuladas en presencia del 6SA.

REFERENCIAS.

1. Galot-Linaldi, J., Hernández-Sánchez, K. M., Estrada-Muñiz, E., & Vega, L. (2021). Anacardic acids from Amphipterygium adstringens confer cytoprotection against 5-fluorouracil and carboplatin-induced blood cell

toxicity while increasing antitumoral activity and survival in an animal model of breast cancer. Molecules, 26(11), 3241. https://doi.org/10.3390/molecules26113241
2. Gnanaprakasam, J. N. R., Estrada-Muñiz, E., & Vega, L. (2019). The antineoplastic agent anacardic 6-pentadecyl salicylic acid produces immunomodulation in vivo via the activation of MAPKs. Toxicology and Applied Pharmacology, 380, 114685. https://doi.org/10.1016/j.taap.2019.114685
3. González, L. (2020). Compuestos naturales y su efecto sobre citocinas en PBMCs. Investigación en Ciencias Biomédicas, 28(4), 56-68.

FINANCIAMIENTO: Este estudio fue financiado por CONAHCYT (21067).

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CP0524146**

EFECTO DE LOS COMPUESTOS MAYORITARIOS DE *Callistemon citrinus* SOBRE EL ESTRÉS OXIDANTE EN EL CEREBRO DE RATAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA HIPERCALÓRICA

Aram Josué García Calderón[1], Patricia Rios Chavez[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1208935x@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; patricia.rios@umich.mx

Palabras Clave: dieta, sustancias fitoquímicas, deterioro cognitivo.

RESUMEN. El consumo de dietas ricas en grasas y azúcares resulta en una ingesta excesiva de energía que cursa con la alteración de la regulación de múltiples procesos metabólicos como el aumento de la adiposidad y la desregulación de los niveles glucosa y triglicéridos en sangre. Varios estudios implican que la dieta y el metabolismo son moduladores importantes de la salud cerebral, y se ha sugerido que el aumento del estrés oxidante producido por los efectos del consumo de dietas ricas en grasas y azúcares puede mediar en la patogénesis cerebral y las alteraciones cognitivas. Debido a la relación estrecha entre el estrés oxidante y el deterioro cognitivo, la terapia antioxidante para combatir el estrés oxidante a través de compuestos activos, como las sustancias fitoquímicas, representa una alternativa terapéutica prometedora para combatir estas enfermedades. Por ello, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto antioxidante de los compuestos mayoritarios de Callistemon citrinus en el cerebro de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica.

INTRODUCCIÓN. Si bien los alimentos de la dieta representan los sustratos esenciales por medio de los cuales las células pueden garantizar que haya suficiente energía disponible para mantener sus funciones vitales, un consumo elevado de éstos puede conllevar a una

desregulación de los procesos metabólicos del cuerpo. En particular, el consumo de dietas ricas en grasas y azúcar (HFSD) resulta en una ingesta excesiva de energía que cursa con la alteración de la regulación de múltiples procesos metabólicos como el aumento de la adiposidad y la desregulación de los niveles glucosa y triglicéridos en sangre. Un elevado sustento dietético puede dar como resultado un suministro excesivo de sustratos energéticos a las vías metabólicas en las células, lo que a su vez puede aumentar la producción de radicales libres, tales como las especies reactivas de oxígeno (ROS) y generar un estado de estrés oxidante crónico altamente perjudicial para la salud (McMurray, F et al., 2016). La alteración del equilibrio entre el aumento de la generación de ROS y la acción insuficiente de los sistemas de defensa antioxidantes se conoce como estrés oxidante (EO) (Pantelis, P et al., 2023). Un nivel elevado de ROS provoca un efecto mórbido, ya que son capaces de reaccionar con otras biomoléculas como lípidos, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos (ADN y ARN), alterando la estructura y función de estás macromoléculas y ocasionando con ello daño a nivel celular y tisular. En estados patológicos como el sobrepeso y la obesidad existe un desequilibrio entre el ingreso y el gasto de calorías que provoca un exceso de sustento dietético, dando como resultado el almacenamiento de esa energía principalmente en forma de triglicéridos en el tejido adiposo, ocasionando así una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Los altos niveles de glucosa y lípidos circulantes durante estas afecciones pueden aumentar la producción de ROS. Por otro lado, varios estudios implican que la dieta y el metabolismo son moduladores importantes de la salud cerebral, y que una ingesta calórica elevada puede afectar negativamente el rendimiento cognitivo (Lizarbe et al.,2019). Asimismo, se ha implicado a la obesidad como un mediador de la disfunción cerebral. En afecciones como el sobrepeso y la obesidad, el consumo de HFD conduce a un aumento del EO, y teniendo en cuenta la relación bien documentada entre el EO y el deterioro cognitivo, se ha sugerido que el aumento de éste producido por los efectos del consumo de HFSD puede mediar en la patogénesis cerebral y las alteraciones cognitivas (Pantelis, P et al., 2023). Debido a la necesidad de mantener las ROS dentro de niveles compatibles con la función celular normal, los organismos han desarrollado mecanismos antioxidantes. Estos mecanismos antioxidantes pueden ser generados de forma natural (antioxidantes endógenos), o bien suministrados externamente a través de los alimentos (antioxidantes exógenos). Las principales enzimas antioxidantes directamente involucradas en la neutralización de las ROS son la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y la glutatión peroxidasa (GPx), mientras que el principal antioxidante no enzimático de los organismos es el glutatión reducido (GSH). Por otra parte, los antioxidantes exógenos se encuentran en los alimentos naturales. En los últimos años se ha incrementado el interés por la búsqueda de antioxidantes naturales como una alternativa para prevenir y contrarrestar las diversas enfermedades asociadas al estrés oxidante. En este sentido, las plantas continúan atrayendo una intensa atención en la comunidad farmacéutica debido a la presencia de metabolitos secundarios debido a su baja toxicidad y la falta de efectos secundarios que normalmente se encuentran en los medicamentos.

ANTECEDENTES. En este sentido, Callistemon citrinus es una planta nativa de Australia que pertenece a la familia Myrtaceae, y que se le conoce comúnmente como cepillo de botella. Es una planta considerada como un árbol ornamental en México, sin embargo, en otros países esta especie se usa en la medicina popular (Ríos-Chávez et al., 2019). Durante los últimos años se han estudiado las propiedades de esta planta encontrando que las diferentes partes de ésta consisten principalmente en componentes activos, tales como

compuestos fenólicos, flavonoides y terpenoides. Asimismo, se han reportado propiedades fitoterapéuticas beneficiosas de C. citrinus como actividad anticancerígena en colon y en mama, actividad antiinflamatoria y efecto positivo contra la diabetes tipo 2, así como actividades hepatoprotectoras, hipolipemiantes, antifúngicas, antibacterianas, y capacidad antioxidante contra el estrés oxidante en animales con obesidad (Ortega- Pérez LG et al., 2022). En base a lo anterior, C. citrinus es una planta altamente atractiva para el estudio de enfermedades relacionadas con el estrés oxidante debido a su gran cantidad de compuestos bioactivos. Y dado que el estrés oxidante es un estado fuertemente vinculado con la disfunción cerebral, el potencial terapéutico para combatir estas condiciones patológicas a través de compuestos con propiedades activas es muy prometedor

OBJETIVO. Determinar el efecto de los compuestos mayoritarios de C. citrinus en las enzimas antioxidantes y biomarcadores de estrés oxidante en el cerebro de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica.

MATERIALES Y MÉTODOS. Como modelo experimental se utilizaron ratas albino macho de la cepa Wistar con un peso de 200-250 g, las cuales se obtuvieron del zoocriadero de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Los ejemplares fueron alojados en el bioterio del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, y fueron criados bajo condiciones estándar; con un ciclo de 12 horas luz/12 horas oscuridad, temperatura promedio de 20°C, humedad relativa de 60-70 %, con libre acceso de agua y alimento balanceado.
Inducción de sobrepeso/obesidad. El modelo experimental tuvo una duración de 23 semanas. Los grupos experimentales quedaron conformados de la siguiente manera: aleatoriamente, 48 ratas Wistar macho se dividieron en 8 grupos (n= 6). el Grupo 1 fue el control, que fue alimentado con una purina de comida estándar para roedores (Rodent Chow Purina®) y agua ad libitum; el Grupo 2 fue el Grupo HFSD (High Fat Sucrose Diet),; los demás grupos fueron alimentados con la misma dieta del Grupo 2. Adicionalmente, al grupo 3 se le administró el extracto de hoja de Callistemon citrinus por vía oral con cánula, y a los grupos 4, 5, 6, 7 y 8, se les administró, por vía oral con cánula diariamente, ácido elágico, ácido gálico, ácido p-cumárico, limoneno y la mezcla de los compuestos, respectivamente. Al final de 23 semanas, los animales fueron sacrificados con una sobredosis intraperitoneal de pentobarbital sódico (120 mg/kg de peso corporal). El cerebro fue extraído y se usará para las determinaciones a evaluar.
Determinación de la enzima catalasa (CAT). La actividad de la enzima catalasa (CAT) se medirá en base a la desaparición del peróxido de hidrógeno usando el método de Aebi (1984).
Determinación de la enzima superóxido dismutasa (SOD). La actividad del superóxido dismutasa se determinará en base a la generación de aniones superóxido que reducen el cloruro de nitroazul de tetrazolio (NTB) a un producto de formazán, utilizando el método de Giannopolitis (1977).

RESULTADOS. Las ratas que fueron alimentadas con una dieta alta en grasas y sacarosa durante 23 semanas, mostraron un aumento significativo del peso corporal comparado con el grupo control y el resto de los tratamientos (P<.0001) (Fig. 1). Nuestros resultados para el peso de los grupos C. citrinus, ácido gálico, ácido p-cumárico y mezcla de los compuestos, mostraron que no existe diferencia significativa respecto al grupo control, manteniendo valores similares de peso corporal.

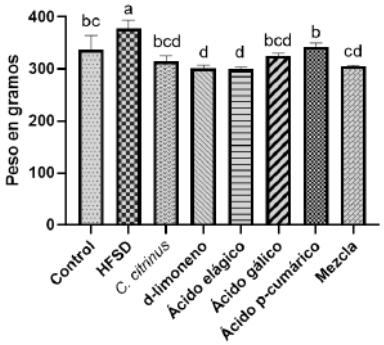


Figura 1. *Peso final de las ratas de los diferentes tratamientos experimentales al termino de 23 semanas. Los valores se presentan como media ± error estándar (ANOVA seguido de Tukey).*

Por otro lado, la actividad enzimática de la catalasa (CAT) mostró un decremento significativo en el grupo HFSD en comparación con los niveles de actividad de la enzima del grupo control y el resto de los tratamientos (P<.0001) (Fig. 2).
Por su parte, los resultados mostraron que no existen diferencias significativas en los niveles de actividad de la enzima de los diferentes tratamientos en comparación al grupo control.

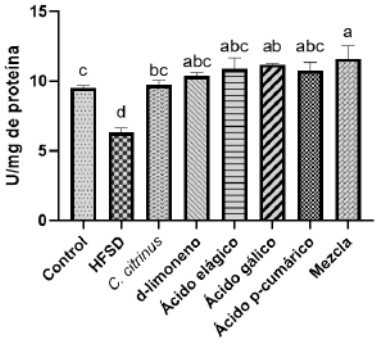


Figura 2. *Actividad de la enzima catalasa (CAT) en el cerebro de ratas de los diferentes tratamientos experimentales. Los valores se presentan como media ± error estándar (ANOVA seguido de Tukey).*

Por su parte, la actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD) en el cerebro de ratas del grupo HFSD presentó un incremento significativo (P<.0001) en comparación al grupo control. Mientras que los valores de los diferentes grupos mantuvieron niveles de actividad de SOD similares al grupo control (Fig. 3).

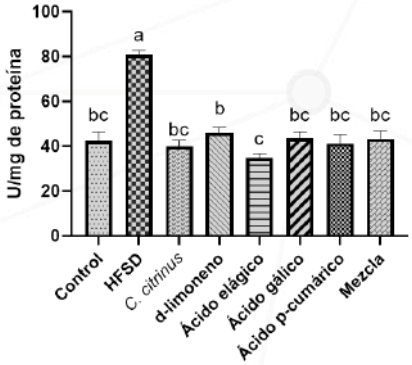


Figura 3. *Actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD) en el cerebro de ratas de los diferentes tratamientos experimentales. Los valores se presentan como media ± error estándar (ANOVA seguido de Tukey).*

REFERENCIAS.

1. Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. Methods Enzymol. ScienceDirect Journals. 105: 121-126.
2. Giannopolitis, C. (1977). Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol. 59: 309-314
3. Lizarbe, B., Soares, A., Larsson, S., Duarte, J. (2019). Neurochemical modifications in the hippocampus, cortex and hypothalamus of mice exposed to long-term high fat die. Frontier in Neuroscience. 12:985.
4. McMurray, F., Patten, D. A., & Harper, M. E. (2016). Reactive Oxygen Species and Oxidative Stress in Obesity-Recent Findings and Empirical Approaches. Obesity, 24(11), 2301–2310.
5. Ortega, L., Piñon.J., Magaña, O., Lopéz, L., García, A., Godinez, D., Rios, P. (2022). Evaluation of the toxicology, anti-lipase, and antioxidant effects of Callistemon citrinus in rat fed with a high fat-fructose diet. Pharmaceutical Biology. 60 (1): 1384-1393
6. Pantelis P, Theocharous, G., Lagopati, N., Veroutis, D., Thanos, D. (2023). The Dual Role of Oxidative-Stress-Induced Autophagy in Cellular Senescence: Comprehension and Therapeutic Approaches. Antioxidants (Basel). doi: 10.3390/antiox12010169.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud **ID: CP0524148**

ESTUDIO DEL EFECTO DEL SUERO SANGUÍNEO Y EL ESTRÉS OXIDATIVO EN LA VIRULENCIA CONFERIDA POR EL SISTEMA TOXINA-ANTITOXINA PumAB

Diana Jacqueline Rocha Lara[1], Víctor Meza Carmen[2], Martha Isela Ramírez Diaz[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. 1340244K@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. victor.meza@umich.mx
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas. martha.ramirez@umich.mx

Palabras Clave: suero sanguíneo, estrés oxidativo, virulencia, sistema TA, fase de crecimiento.

RESUMEN. Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram negativa, la cual se encuentra distribuida en el ambiente y es fuente de infecciones oportunistas en pacientes hospitalizados o inmunocomprometidos, además, posee múltiples factores de virulencia. P. aeruginosa al infectar al huésped se encuentra en presencia de suero sanguíneo el cual ocasiona cambios transcripcionales de genes que participan en la virulencia. El plásmido pUM505 aislado de una cepa clínica de P. aeruginosa posee el operón pumAB que codifica al sistema Toxina-Antitoxina PumAB. La toxina PumA confiere virulencia a P. aeruginosa, efecto que es neutralizado por la antitoxina PumB. El suero sanguíneo aumenta la virulencia conferida por el sistema TA PumAB; sin embargo, se desconoce como la fase de crecimiento afecta el nivel de virulencia de la batería o el incremento de la virulencia generado por el suero. Por otro lado, el estrés oxidativo disminuye los niveles del RNAm del gen pumB, pero no se conoce si esta disminución modifica la virulencia conferida por el sistema TA PumAB. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de fase de crecimiento bacteriano y del estrés oxidativo en la virulencia conferida por el sistema TA PumAB. Mediante ensayos de virulencia empleando al modelo de Caenorhabditis elegans se

determinó que los cultivos de P. aeruginosa (pUC_pumB) y P. aeruginosa (pUC_pumAB) crecidos en presencia de un inductor de estrés oxidativo aumentan su virulencia, contrario a los cultivos de P. aeruginosa (pUC_pumA) que mostraron disminución de la virulencia. Además, se determinó que la virulencia de las cepas no cambia al comparar los cultivos provenientes de las fases exponencial y estacionaria, pero aumenta a provenir de cultivos de la fase estacionaria tardía.

INTRODUCCIÓN. P. aeruginosa es una bacteria gram negativa que tienen la facultad de sobrevivir en ambientes aerobios y anaerobios, crecer en bajas concentraciones de nutrientes, además, puede sobrevivir en temperaturas de 4-42°C, esta cualidad le permite sobrevivir en la instrumentación medica facilitando la infección en pacientes inmunocomprometidos1. P. aeruginosa es responsable de la mayoría de las infecciones nosocomiales oportunistas en pacientes hospitalizados, como en pacientes con quemaduras o con fibrosis quística2. El suero sanguíneo influye en la producción de factores de virulencia, durante la fase exponencial de crecimiento el suero reduce la expresión de genes asociados a virulencia, mientras que durante la fase tardía del crecimiento el suero aumenta la expresión de estos genes5. Por otro lado, se ha demostrado que diferentes microorganismos al estar expuestas a un estrés oxidativo pueden modificar su virulencia, como es en el caso de las especies de Leptospira5.

ANTECEDENTES. El plásmido pUM505 se aisló por primera vez de una cepa clínica de P. aeruginosa de un paciente hospitalizado en Morelia, Michoacán, México. Posee un tamaño de 123,322 pares de bases (pb), contiene 138 regiones codificantes con una isla de patogenicidad y una isla de resistencia a metales6. El plásmido pUM505 al ser transferido a P. aeruginosa PAO1 incrementa la virulencia de la bacteria. pUM505 posee el operón pumAB que codifica a un sistema toxina-antitoxina (TA), el cual le confiere estabilidad al plásmido además de incrementar la virulencia de la bacteria. El sistema TA PumAB es codificado los orf 123 (pumA) y 124 (pumB). En donde el gen pumA codifica a una toxina estable, que es la responsable de aumentar la virulencia de la bacteria y el gen pumB codifica a una antitoxina inestable; responsable de neutralizar la acción toxica de la toxina3. El suero sanguíneo modifica la virulencia del sistema TA sugiriendo que algún componente modifica la virulencia del sistema TA7. Por otra parte, el crecimiento del sistema TA bajo condiciones de estrés oxidativo disminuye los niveles del RNAm de pumB, mas no así los de pumA, sugiriendo la regulación negativa de pumB por condiciones estresantes4.

OBJETIVO. Evaluar el efecto de fase de crecimiento bacteriano y del estrés oxidativo en la virulencia conferida por el sistema TA PumAB.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Evaluación de la virulencia conferida por el sistema TA PumAB de cultivos crecidos en presencia o ausencia de suero sanguíneo al 20%. Se obtuvieron cultivos en medio M9 de las diferentes cepas en fase exponencial y estacionaria de crecimiento en presencia de suero sanguíneo nativo o desnaturalizado, posteriormente se realizaron cinéticas de sobrevivencia del nematodo *C. elegans*, para lo cual se colocó 20 nematodos en cada pocillo y se adicionaron $1x10^5$ ($\pm 1x10^4$) UFC. Posteriormente se incubó a 19ºC. Por último, se cuantificó el número de nematodos viables a las 6, 12, 18, 24, 30 y 36 horas.

Evaluación en la virulencia conferido por el sistema TA PumAB del efecto de inductores de estrés oxidativo. Se obtuvieron cultivos en medio M9 suplementados con H_2O_2, menadiona, mitomicina C, paraquat o cromato, posteriormente se realizaron cinéticas de sobrevivencia del nematodo *C. elegans*, para lo cual se colocó 20 nematodos en cada pocillo y se adicionaron $1x10^5$ ($\pm 1x10^4$) UFC. Posteriormente se incubó a 19ºC. Por último, se cuantificó el número de nematodos viables a las 6, 12, 18, 24, 30 y 36 horas.

RESULTADOS.

Efecto del suero sanguíneo en la virulencia conferida por el sistema TA PumAB en cultivos de diferentes fases de crecimiento. Se evaluó el efecto de la adición de suero sanguíneo en el medio de cultivo sobre la virulencia de la bacteria crecida hasta la fase exponencial, estacionaria y estacionaria tardía, empleando ensayos de virulencia con el nematodo *C. elegans*. Los resultados mostraron que los cultivos de la fase exponencial y estacionaria mostraron niveles de sobrevivencia de nematodos similares, sin embargo, en la fase estacionaria tardía mostraron una mayor disminución en la sobrevivencia de los nematodos. Estos resultados sugieren que la fase de crecimiento modifica la virulencia de las cepas (Fig.1).

Efecto del suero desnaturalizado en la virulencia conferida por el sistema TA PumAB en cultivos de diferentes fases de crecimiento. Se evaluó el efecto de la adición de suero sanguíneo desnaturalizado en el medio de cultivo sobre la virulencia de las bacterias crecidas hasta la fase exponencial, estacionaria o estacionaria tardía, empleando ensayos de virulencia con el nematodo *C. elegans*. Los resultados mostraron que los cultivos de la fase exponencial y estacionaria mostraron niveles de sobrevivencia de nematodos similares, por otra parte, los cultivos de la fase estacionaria tardía mostraron disminuir la sobrevivencia de los nematodos. También se observó que la adición de suero desnaturalizado a los cultivos bacterianos disminuye la virulencia en comparación de los ensayos realizados con suero sanguíneo. Estos resultados sugieren que la desnaturalización del suero elimina algún componente que incrementa la virulencia, además, de que la fase de crecimiento afecta el nivel de virulencia de la bacteria (Fig. 2).

Efecto de la adición de inductores de estrés oxidativo en la virulencia del sistema TA PumAB. Se evaluó el efecto de la adición de inductores de estrés oxidativo (H_2O_2, menadiona, mitomicina C, paraquat o cromato), empleando ensayos de virulencia con el nematodo *C. elegans*. Los resultados mostraron niveles de sobrevivencia de nematodos menores al ser incubados con las muestras de cultivos bacterianos con la presencia de la antitoxina y el sistema completo, adicionados con los inductores de estrés oxidativo, sin embargo, los niveles sobrevivencia de nematodos incubados con las muestras de cultivos bacterianos con la presencia de la toxina no muestran cambios en la virulencia.

Estos resultados sugieren que el estrés oxidativo generado por los inductores aumenta la virulencia de las cepas que poseen a la antitoxina PumB, sin embargo, no modifica la virulencia de la toxina (Fig.3).

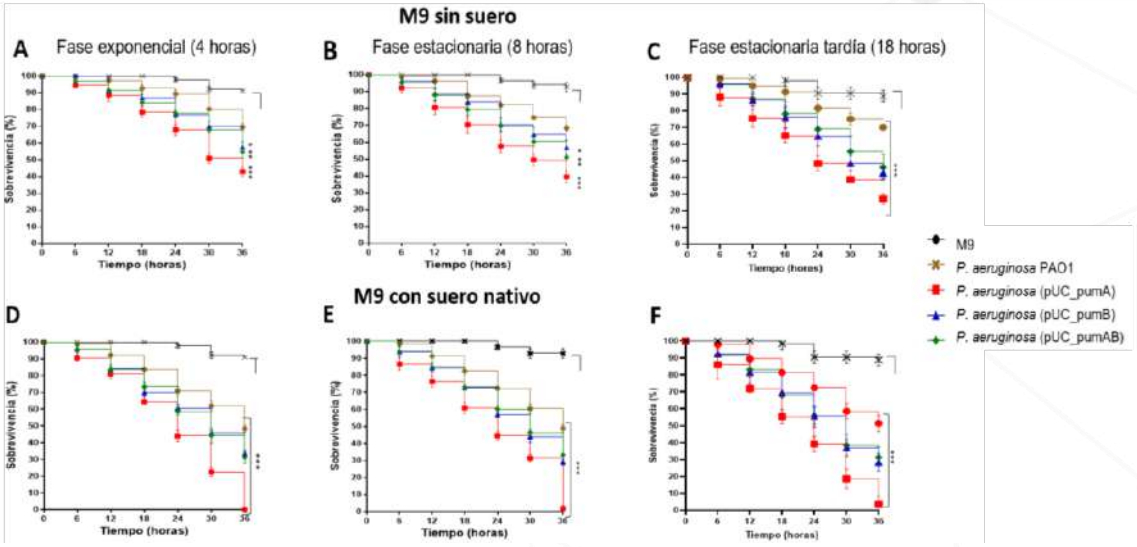


Figura 1. Efecto del suero sanguíneo y la fase de crecimiento en la virulencia conferida por el sistema PumAB. *Grupos de 20 nematodos se incubaron con 1 x 10^5 (±1 x 10^4) UFC de P. aeruginosa PAO1 transformadas con vectores que poseen el gen pumA, pumB o pumAB, crecidas previamente en presencia o ausencia de suero sanguíneo al 20%. La mezcla de nematodos y UFC se incubaron a 19°C, para posteriormente determinar la cantidad de nematodos vivos cada 6 horas. Los datos muestran la media de duplicados de 3 ensayos independientes.*

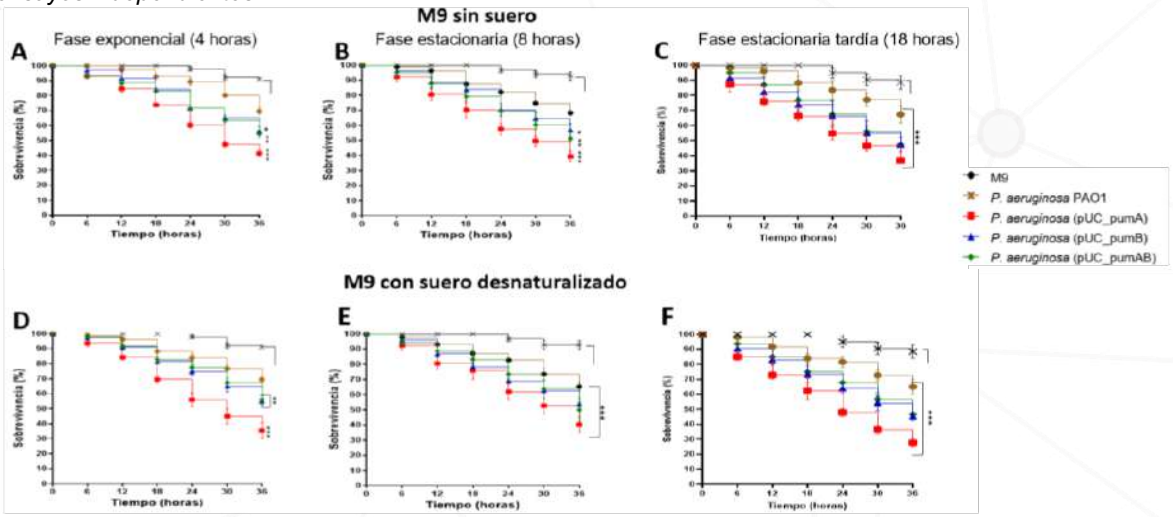


Figura 2. Efecto del suero desnaturalizado y la fase de crecimiento en la virulencia conferida por el sistema PumAB. *Grupos de 20 nematodos se incubaron con 1 x 10^5 (±1 x 10^4) UFC de P. aeruginosa PAO1 transformadas con vectores que poseen el gen pumA, pumB o pumAB, crecidas previamente en presencia o ausencia de suero sanguíneo al 20%. La mezcla de nematodos y UFC se incubaron a 19°C, para posteriormente determinar la cantidad de nematodos vivos cada 6 horas. Los datos muestran la media de duplicados de 3 ensayos independientes.*

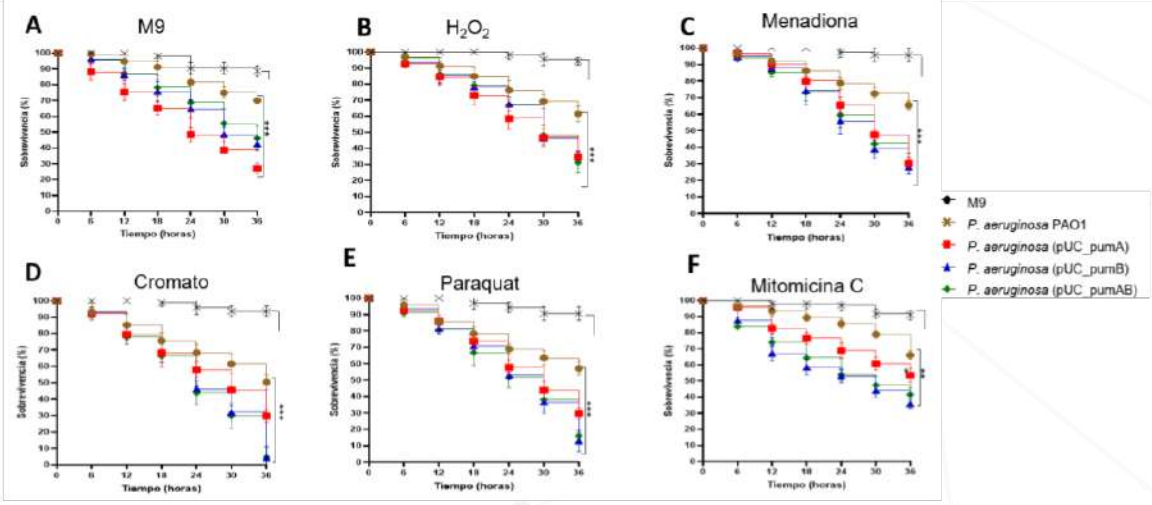


Figura 3. Efecto de la adición de inductores de estrés oxidativo en la virulencia del sistema TA PumAB. *Grupos de 20 nematodos se incubaron con 1 x 10^5 (±1 x 10^4) UFC de P. aeruginosa PAO1 transformadas con vectores que poseen el gen pumA, pumB o pumAB, crecidas previamente en presencia o ausencia de inductores a estrés oxidativo (H_2O_2 1.5mM, menadiona 2.5mM, mitomicina C 0.1mM, paraquat 1nM o cromato 10µM), La mezcla de nematodos y UFC se incubaron a 19°C, para posteriormente determinar la cantidad de nematodos vivos cada 6 horas. Los datos muestran la media de duplicados de 3 ensayos independientes.*

CONCLUSIONES. Se determinó que la fase de crecimiento exponencial y estacionaria no afectan el nivel de virulencia de las bacterias, sin embargo, la fase exponencial tardía aumenta la virulencia, tanto en cultivos bacterianos crecidos en presencia o ausencia de suero nativo o desnaturalizado. Por otro lado, se determinó que la adición de inductores de estrés oxidativo modifican la virulencia de las cepas que contienen a la antitoxina PumB y a la toxina PumA.

REFERENCIAS.

1. Elliott J, Simoska O, Karasik S, Shear JB, Stevenson KJ. (2017). Conjuntos de ultra microelectrodos de carbono transparente para la detección electroquímica de una toxina de guerra bacteriana, la piocianina. Anal. química. 89 (12): 6285-6289.
2. Gellatly SL, Hancock RE. (2013). Pseudomonas aeruginosa: new insights into pathogenesis and host defenses. Path. Dis. 67(3): 159-173.
3. Hernández-Ramírez KC, Chávez-Jacobo VM, Valle-Maldonado MI, Patiño-Medina JA, Díaz-Pérez SP, Jácome-Galarza IE, Ortiz-Alvarado R, Meza-Carmen V, Ramírez-Díaz MI. (2017). Plasmid pUM505 encodes a toxin-antitoxin system conferring plasmid stability and increased Pseudomonas aeruginosa virulence. Microb pathog 112:259-268.5.
4. Hernández-Ramírez KC, Valle-Maldonado MI, Patiño-Medina JA, Calo S, Jácome-Galarza IE, Garre V, Meza-Carmen V, Ramírez-Díaz MI. (2023). Role of PumB antitoxin as a transcriptional regulator of the PumAB type-II toxin–antitoxin system and its endoribonuclease activity on PumA (toxin) transcript. mol. gen. Genomics. https://doi.org/10.1007/s00438-022-01988-x.
5. Kruczek C, Wachtel M, Alabady MS, Payton PR, Colmer-Hamood JA, Hamood AN. (2014). Serum albumin alters the expression of iron-controlled genes in Pseudomonas aeruginosa. Microbiol. 158:353-367.
6. Ramírez-Díaz MI, Díaz-Magaña A, Meza-Carmen V, Johnstone L, Cervantes C, Rensing C. (2011). Nucleotide sequence of Pseudomonas aeruginosa conjugative plasmid pUM505 containing virulence and heavy-metal genes. Plasmid. 66: 7-18.
7. Rocha-Lara D.J. (2023). Caracterización de la virulencia conferida por el plásmido pUM505 de resistencia a ciprofloxacina en respuesta a glucosa y suero sanguíneo. Tesis de licenciatura.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524149

INHIBICIÓN ALOSTÉRICA DEL RECEPTOR 1 AL FACTOR DE NECROSIS TUMORAL ALFA, MEDIADO POR EL PÉPTIDO FKC

Marco Antonio Romero Durán[1], Octavio Silva García[2], José Manuel Pérez Aguilar[3]
Jialiu Zeng[4], Chih Hung Lo[5], Víctor Manuel Baizabal Aguirre[6]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; romeromarco700@gmail.com

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; octaviosg8@hotmail.com

3 Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; jose.perezaguilar@viep.com.mx

4 Lee Kong Chian School of Medicine, Nanyang University, Singapore; jialiu.zeng@ntu.edu.sg

5 Lee Kong Chian School of Medicine, Nanyang University, Singapore; chihhung.lo@ntu.edu.sg

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; victor.baizabal@umich.mx

Palabras Clave: TNF, Dinámica conformacional, Inflamación, Inhibición no competitiva.

RESUMEN. El receptor 1 del factor de necrosis tumoral (TNFR1) es un mediador clave en la respuesta inflamatoria. La activación crónica de esta vía de señalización TNF-α/TNFR1

conduce a una inflamación descontrolada y daño tisular, y desempeña un papel central en la fisiopatología de diversas enfermedades inflamatorias como la artritis reumatoide y la enfermedad de Crohn. En este contexto, la inhibición selectiva de TNFR1 emerge como una estrategia terapéutica prometedora, ya que permite modular de manera precisa la respuesta inflamatoria y evitar efectos secundarios nocivos. Estudios recientes han sugerido que la activación de TNFR1 implica reordenamientos conformacionales de dímeros de receptores ensamblados previamente al ligando, de tal manera que la modulación de esta dinámica conformacional es una estrategia viable para regular la señalización de TNFR1. En este trabajo, utilizamos una combinación de ensayos biofísicos, bioquímicos y celulares, así como simulaciones atomísticas de dinámica molecular para mostrar que un péptido antiinflamatorio (FKCRRWQWRMKK, FKC), inhibe alostéricamente la activación de TNFR1 al alterar los estados conformacionales del receptor sin bloquear la interacción receptor-ligando ni modificar la dimerización del receptor. FKC inhibe la señalización de TNFR1 en células HEK293 y atenúa la inflamación en ratones causada por inyección intraperitoneal de TNF-α. Nuestros hallazgos revelan que el péptido FKC ejerce un novedoso mecanismo de inhibición alostérica sobre el receptor TNFR1. La interacción de FKC con los dominios ricos en Cys de TNFR1 (CRD2/3) induce alteraciones conformacionales que aumentan la frecuencia en la apertura de CRD2/3 y CRD4 en el dímero del receptor, dando como resultado un estado conformacional que impide la activación del receptor, el reclutamiento de moléculas de señalización y la propagación de la señal inflamatoria. Estos resultados subrayan el potencial terapéutico de péptidos con capacidad de modular la dinámica conformacional de los receptores para el tratamiento de enfermedades inflamatorias.

INTRODUCCIÓN. El receptor 1 del factor de necrosis tumoral (TNFR1) es un mediador central de la transducción de señales inflamatorias.1Se activa cuando se unen el factor de necrosis tumoral (TNF) y la linfotoxina alfa, que son ligandos nativos del receptor. La estimulación del ligando conduce a el reclutamiento del complejo de señalización intracelular y una serie de cascadas de fosforilación, el resultado es la degradación de IκBα y la activación de NF-Kb. 2-4 La activación de TNFR1 se asocia con varias enfermedades autoinmunes e inflamatorias, como la artritis reumatoide la enfermedad de Crohn y la esclerosis múltiple3. Las terapias anti-TNF actuales, que actúan mediante el secuestro global de los ligandos libres, inducen efectos adversos graves debido a la inhibición fuera del objetivo, estrechamente relacionado con el TNFR2, necesario para la modulación inmunitaria.5, 6 Por lo tanto, la inhibición del receptor específico del TNFR1, en lugar de los ligandos, es una estrategia interesante para desarrollar inhibidores más eficaces de la señalización por TNFR1.7, 8 El planteamiento más prometedor consistirá en aprovechar los conocimientos sobre la relación estructura-función del receptor y las estructuras cristalinas disponibles para explorar nuevos farmacóforos que podrían conducir a nuevos paradigmas en el diseño de fármacos basados en estructuras.

ANTECEDENTES. Recientemente, una nueva estructura cristalina (PDB:7KP7) reveló que tanto el trímero TNF como los dímeros TNFR1 coexisten en una estructura cristalina. En un complejo de señalización activa unido a ligando, un dímero de TNFR1 y un monómero de TNF trimérico están conectados en simetría triple. Esta estructura, en gran medida, ha logrado reconciliar las inconsistencias mostradas por las estructuras previas del monómero del receptor unido al ligando (PDB:1TNR)9 y del dímero del receptor ensamblado con el preligando (PDB:1NCF)10 mantenidas por el dominio de ensamblaje del preligando

(PLAD)11 además de que explicó la manera en que el receptor unido al ligando puede formar dímeros intactos en condiciones fisiológicas. Es importante señalar que todas las estructuras cristalinas actuales están basadas en interacciones en la región del dominio extracelular (ECD) del TNFR1 y no se dispone de una estructura para el TNFR1 completo. Actualmente un modelo único de activación del TNFR1 que se apoya en varios estudios previos de pruebas experimentales sobre la agrupación y agregación de receptores en una formación de red, proporciona tres estrategias principales para modular el complejo de señalización TNFR1/TNF que incluyen la interacción receptor-ligando, la interrupción de la interacción receptor-receptor y la perturbación de la dinámica conformacional del receptor. Estudios anteriores han demostrado que la inhibición alostérica o no competitiva de la señalización por TNFR1 es más eficaz que la inhibición competitiva, lo que sugiere que dirigirse a la dinámica conformacional del receptor puede ser la mejor estrategia. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar nuevos inhibidores de TNFR1 que puedan estabilizar la región entre el dímero del receptor lejos de los sitios de unión del ligando para adoptar conformaciones inactivas e inducir la formación de un complejo de señalización receptor-ligando no funcional, sin competir con los ligandos o los otros monómeros del receptor. Para dirigirse a la región entre el dímero del receptor que está lejos de los sitios de unión del ligando, los péptidos con un área de superficie más grande, en lugar de moléculas pequeñas, pueden ser más adecuados para encajar en esta región. En el contexto de dirigirse a la señalización de TNFR1, los péptidos antimicrobianos e inmunomoduladores como la bactenecina bovina (un péptido de defensa natural del huésped) y la lactoferrina bovina (una proteína de unión al hierro) son las principales clases de péptidos que se ha informado que inhiben la señalización descendente del receptor y poseen propiedades antiinflamatorias.12Aunque los estudios iniciales examinaron los efectos antiinflamatorios de la bactenecina bovina de longitud completa y la lactoferrina bovina, estudios recientes se centraron en los péptidos derivados de estas proteínas debido a sus actividades biológicas mejoradas basadas en la secuencia y longitud optimizadas de aminoácidos. El péptido regulador de defensa innata derivado de la bactenecina bovina IDR (VQRWLIVWRIRK) y el péptido derivado de la lactoferrina bovina FKC (FKCRRWQWRMKK) han sido optimizados por sus propiedades antiinflamatorias y se ha demostrado específicamente que inhiben la activación de NF-κB.13 Aunque los mecanismos moleculares exactos de IDR y FKC no están claros, es posible que se dirijan a TNFR1 para impartir sus efectos inhibitorios.

OBJETIVO. Identificar si el péptido FKC se une a la región conformacionalmente activa del receptor TNFR1 y evita la formación del complejo señalizador receptor-ligando.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Síntesis de péptidos. Los péptidos FKC (FKCRRWQWRMKK-NH2), FKC conjugado con rodamina (Rho-FKCRRWQWRMKK-NH2) e IDR (VQRWLIVWRIRK-NH2) se sintetizaron utilizando la química F-moc en fase sólida por CPC Scientific, Inc. con una pureza superior al 95 %. **Cultivo celular.** Las células de riñón embrionario humano 293 (HEK293) (ATCC, Cat# CRL1573) se cultivaron en medio (DMEM, Gibco Cat# 11965-092) suplementado con suero bovino fetal al 10 %. **Estudios en animales.** Usamos ratones C57BL/6J machos y hembras de 8 semanas de edad para los procedimientos de tratamiento. Se inyectó FKC a 20 o 40 mg/kg en todos los ratones y se utilizó TNF de ratón a 250 µg/kg. **Transferencia Western.** Las células HEK293 cultivadas en placas de seis pocillos a 0,5 millones de células/pocillo se trataron con FKC (5 a 50 µM) durante 2 h, seguido de 30 min de tratamiento con TNF humano (50 ng/mL). **Construcción del sistema complejo**

TNFR1/TNF y acoplamiento ciego péptido-proteína. Se construyó un modelo fisiológicamente relevante y detallado de una forma funcional propuesta del receptor TNFR1 unido a TNF de la siguiente manera. La estructura de los tres dímeros TNFR1 (TNFR1A, D, B, E, C, F) unidos a un trímero de TNF (TNFX–TNFY–TNFZ) con una simetría triple se construyó utilizando la información de cristalografía de rayos X disponible (PDB:7KP7). **Simulaciones DM de todos los átomos.** Se evaluaron las posiciones moleculares seleccionadas obtenidas del protocolo de acoplamiento péptido-proteína con simulaciones MD de todos los átomos. **Ensayos FRET.** Los biosensores FRET se generaron mediante transfección transitoria de células HEK293 en una placa de 6 pocillos con los respectivos pares de ADN FRET donante/aceptor y donante únicamente, utilizando Lipofectamina 3000. **Análisis estadístico.** El análisis estadístico se realizó con la prueba t de Student no pareada y ANOVA de una vía con la prueba de Tukey post hoc para comparaciones múltiples. La significación estadística se determinó con * para $P < 0,05$ o ns para no significación.

RESULTADOS. En este estudio, investigamos si los péptidos FKC e IDR pueden dirigirse a TNFR1 para inhibir la señalización descendente. Para ello, probamos la interacción de los péptidos FKC e IDR con el biosensor de transferencia de energía por resonancia de fluorescencia (FRET) de TNFR1 que puede medir el espaciamiento intermonomérico del receptor y sondear estados conformacionales no detectados previamente del dímero de TNFR1 preligando. Nuestros resultados demuestran que el péptido FKC es capaz de modular la señalización de TNFR1 a través de una interacción alostérica que estabiliza una conformación inactiva del receptor (Fig1.). Además, mostramos que FKC inhibe la señalización de TNFR1 en células HEK293 y atenúa la inflamación in vivo. Mediante simulación de dinámica molecular (MD) de todos los átomos, ilustramos que FKC se une a la región conformacionalmente activa del dímero de TNFR1 para inducir cambios conformacionales del receptor, lo que hace que el receptor pierda flexibilidad y adopte una conformación abierta e inactiva. Finalmente, demostramos que el estado conformacional inactivo estabilizado por FKC no conduce a la ablación de la unión del ligando ni a la interrupción de la interacción receptor-receptor, pero impide el reclutamiento de moléculas de señalización descendentes, lo que lo convierte en un inhibidor verdaderamente alostérico de la señalización de TNFR1.

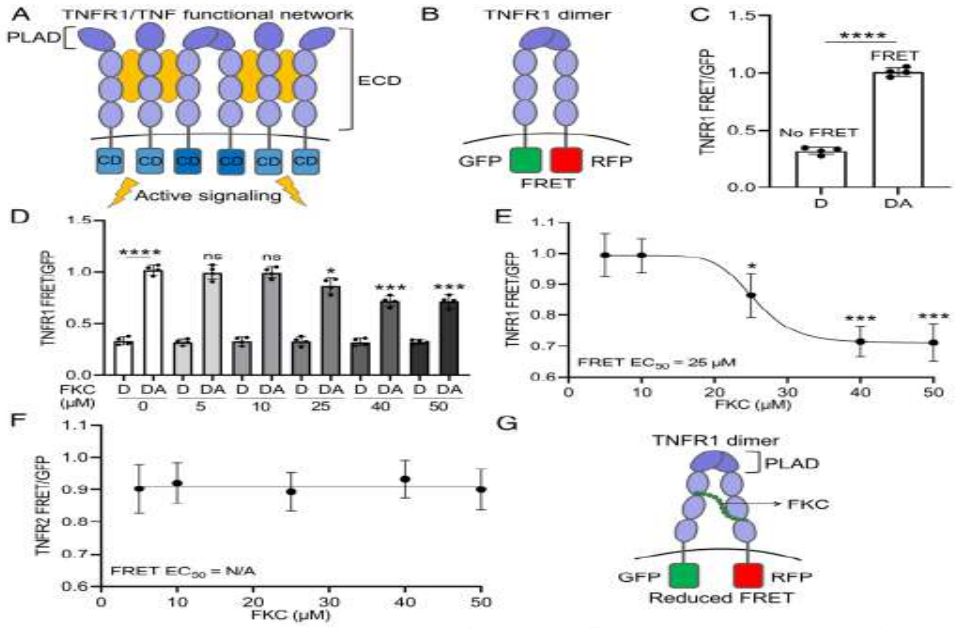


Figura. 1. FKC interactúa con TNFR1 e induce un cambio conformacional del receptor. *(A) Representación esquemática de la red funcional TNFR1/TNF que consiste en dímeros de TNFR1 unidos por trímeros de TNF (naranja) tras la unión del ligando para formar un complejo de señalización activo. PLAD: dominio de ensamblaje de preligando, ECD: dominio extracelular y CD: dominio citosólico. (B) Representación esquemática del biosensor de FRET de TNFR1 con TNFR1ΔCD–GFP y TNFR1ΔCD–RFP utilizados como par de FRET. (C) La sobreexpresión del biosensor de FRET de TNFR1 en células HEK293 conduce a una FRET eficiente observada en el par de FRET donante-aceptor (indicado por DA) en comparación con el control sin FRET donante únicamente (indicado por D). (D y E) FKC reduce la FRET del biosensor TNFR1 de (D) una manera dependiente de la dosis y (E) con una CE50 de 25 μM. (F) FKC no causa ningún cambio de FRET en el biosensor TNFR2, que actúa como un control para la interacción específica del receptor. (G) FKC es un péptido de 12 meros (FKCRRWQWRMKK) que puede inducir un cambio conformacional en TNFR1. Los datos son medias ± DE de N = 4 experimentos independientes. *P < 0,05,***P < 0,001, ****P < 0,0001 y ns indica no significancia mediante la prueba t de Student no pareada para la comparación entre dos muestras y ANOVA unidireccional con análisis de varianza posterior.*

CONCLUSIONES. Debido a su corta longitud y su capacidad para dirigirse a una región conformacionalmente activa de los receptores de TNF, FKC se muestra como un candidato prometedor para el desarrollo de nuevos fármacos. Es posible mejorar la eficacia, biodisponibilidad y propiedades farmacológicas de FKC mediante cambios en su secuencia de aminoácidos o longitud. Esto puede lograrse mediante la identificación de farmacóforos clave y el análisis de las interacciones con el receptor. La metodología utilizada en este estudio puede aplicarse a otros miembros de la superfamilia de receptores de TNF, lo que abre la puerta al descubrimiento de nuevas terapias para diversas enfermedades. Los resultados sugieren que la región conformacionalmente activa de los receptores de TNF es un objetivo terapéutico prometedor.

REFERENCIAS.

Locksley, R. M., Killeen, N., & Lenardo, M. J. (2001). The TNF and TNF receptor superfamilies: integrating mammalian biology. Cell, 104(4), 487–501. https://doi.org/10.1016/s0092-8674(01)00237-9.

Wajant, H., & Scheurich, P. (2011). TNFR1-induced activation of the classical NF-κB pathway. The FEBS journal, 278(6), 862–876. https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2011.08015.x

Brenner, D., Blaser, H., & Mak, T. W. (2015). Regulation of tumour necrosis factor signalling: live or let die. Nature reviews. Immunology, 15(6), 362–374. https://doi.org/10.1038/nri3834

Asimakidou, E., Reynolds, R., Barron, A. M., & Lo, C. H. (2024). Autolysosomal acidification impairment as a mediator for TNFR1 induced neuronal necroptosis in Alzheimer's disease. Neural regeneration research, 19(9), 1869–1870. https://doi.org/10.4103/1673-5374.390979

Li, J., Zhang, Z., Wu, X., Zhou, J., Meng, D., & Zhu, P. (2021). Risk of Adverse Events After Anti-TNF Treatment for Inflammatory Rheumatological Disease. A Meta-Analysis. Frontiers in pharmacology, 12, 746396. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.746396

Kalliolias, G. D., & Ivashkiv, L. B. (2016). TNF biology, pathogenic mechanisms and emerging therapeutic strategies. Nature reviews. Rheumatology, 12(1), 49–62. https://doi.org/10.1038/nrrheum.2015.169

Fischer, R., Kontermann, R. E., & Pfizenmaier, K. (2020). Selective Targeting of TNF Receptors as a Novel Therapeutic Approach. Frontiers in cell and developmental biology, 8, 401. https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00401

Zhang, N., Wang, Z., & Zhao, Y. (2020). Selective inhibition of Tumor necrosis factor receptor-1 (TNFR1) for the treatment of autoimmune diseases. Cytokine & growth factor reviews, 55, 80–85. https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2020.03.002

Banner, D. W., D'Arcy, A., Janes, W., Gentz, R., Schoenfeld, H. J., Broger, C., Loetscher, H., & Lesslauer, W. (1993). Crystal structure of the soluble human 55 kd TNF receptor-human TNF beta complex: implications for TNF receptor activation. Cell, 73(3), 431–445. https://doi.org/10.1016/0092-8674(93)90132-a

Naismith, J. H., Devine, T. Q., Brandhuber, B. J., & Sprang, S. R. (1995). Crystallographic evidence for dimerization of unliganded tumor necrosis factor receptor. The Journal of biological chemistry, 270(22), 13303–13307. https://doi.org/10.1074/jbc.270.22.13303

Chan, F. K., Chun, H. J., Zheng, L., Siegel, R. M., Bui, K. L., & Lenardo, M. J. (2000). A domain in TNF receptors that mediates ligand-independent receptor assembly and signaling. Science (New York, N.Y.), 288(5475), 2351–2354. https://doi.org/10.1126/science.288.5475.2351

Ohradanova-Repic, A., Praženicová, R., Gebetsberger, L., Moskalets, T., Skrabana, R., Cehlar, O., Tajti, G., Stockinger, H., & Leksa, V. (2023). Time to Kill and Time to Heal: The Multifaceted Role of Lactoferrin and Lactoferricin in Host Defense. Pharmaceutics, 15(4), 1056. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15041056

Huante-Mendoza, A., Silva-García, O., Oviedo-Boyso, J., Hancock, R. E., & Baizabal-Aguirre, V. M. (2016). Peptide IDR-1002 Inhibits NF-κB Nuclear Translocation by Inhibition of IκBα Degradation and Activates p38/ERK1/2-MSK1-Dependent CREB Phosphorylation in Macrophages Stimulated with Lipopolysaccharide. Frontiers in immunology, 7, 533. https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00533

RENDIMIENTO DE LA MEMORIA INCIDENTAL Y ACTIVIDAD ELÉCTRICA EN HIJOS DE PADRES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER

Dra. Claudia Guadalupe Álvarez Huante[1], Dra. María Esther Olvera Cortés[2], Dra. Ma. De Jesús Jiménez González[3], Dra. Mariana Lizeth Junco Muñoz[4]

1Instituto Mexicano del Seguro social. Pride_7@hotmail.com.

2Instituto Mexicano del Seguro Social maesolco@yahoo.com.

3Universidad de Guanajuato mj.jimenez@ugto.mx.

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo mariana.lmj@hotmail.com

Palabras Clave: Memoria, Enfermedad de Alzheimer

RESUMEN. Dado que el riesgo de presentar enfermedad de Alzheimer (EA) incrementa con la presencia de un familiar que la padece es posible que, algunos comiencen a presentar alteraciones y un nivel bajo en el rendimiento de la memoria, incluso antes de los 50 años, en este sentido la memoria incidental se adquiere sin la intención de recordarla posteriormente es más afectada por el envejecimiento normal y las deficiencias se asocian con una mayor actividad theta en el EEG fronto-temporal. Por lo anterior la memoria incidental podría verse alterada en los hijos de pacientes con EA asociada con mayor expresión de actividad theta fronto-temporal. Objetivo: Evaluar el rendimiento de la memoria incidental y la actividad theta del EEG fronto-temporal en hijos de padres con enfermedad de Alzheimer. Material y Métodos: estudio descriptivo, prospectivo de cohorte transversal, con muestreo consecutivo a 35 participantes en dos grupos intervención meditativa (GI), actividad de coloreado (GNI). Se realizo una prueba de conducta y el registro de la actividad eléctrica mediante el electroencefalograma. Resultados: Los resultados conductuales, indican que, para el GI tuvieron un rendimiento de memoria no eficiente con un 83.3% (15) y para el GNI 58.8% (10) siendo no eficientes ambos grupos. Respecto a la actividad eléctrica en banda theta, únicamente mostro significancia estadística en la estructura F3-T3 p=0.001, la coherencia intrahemisférica se presentó con un aumento gradual en el GI comparado con el GNI quien estuvo reducida en esta estructura. Conclusiones: La codificación de la memoria también se beneficia de instrucciones explicitas para memorizar ubicaciones en condiciones de atención dividida, pero en menor medida, finalmente, se observa que en nuestra muestra los participantes son poco eficientes.

INTRODUCCIÓN. El termino demencia, se utiliza para los síndromes cerebrales degenerativos progresivos, afectando la memoria, el pensamiento, la responsabilidad y las emociones, los tipos más comunes de demencia son Enfermedad de Alzheimer (EA) y la demencia vascular (DV), afectando al 90% de las personas. En el mundo se supera los 55 millones de personas que viven con demencia, en el año 2022 se presenta como la séptima causa de muerte en el mundo (Alzheimer´s Disease International, 2022). El número de nuevos casos de EA aumenta dramáticamente con la edad: según estimaciones del Proyecto de Salud y Envejecimiento de Chicago (CHAP), en 2011 la incidencia anual promedio en personas de 65 a 74 años fue de 0.4% en personas de 75 a 84 años la incidencia anual fue del 3,2% y para los mayores de 85 años, la incidencia fue del 7,6%, sin embargo, las personas menores de 65 años también pueden desarrollar la EA estudios de incidencia y prevalencia de inicio más joven en Estados Unidos se estima que alrededor de

110 de cada 100 000 personas entre 30 y 64 años tienen demencia de inicio temprano (2). En cuanto al sexo, las mujeres se ven más afectadas en forma desproporcionada, específicamente en la región de las Américas, mostrando un 66% de muertes por EA y en otras demencias (Prina AM, 2016). La EA es una de las patologías neurodegenerativas más frecuentes que se presenta principalmente en personas mayores, aunque también puede afectar a algunos casos de adultos jóvenes. Esta enfermedad es irreversible, y se caracteriza por una pérdida funcional cognitiva y conductual. A nivel mundial, se estima que hay veinticuatro millones de personas diagnosticadas con la EA, y se espera que esta cifra aumente cuatro veces más para el año 2050 (17). Los factores de riesgo son: hipertensión, diabetes mellitus, hipercolesterolemia, alcoholismo, obesidad, nivel educativo, lesión cerebral traumática. Los riesgos genéticos: portador de APOE4 y acumulación de beta amiloide (Bayram, E et al, 2018), (Livingston, G et al, 2020). Respecto a la herencia familiar, previamente en niños (13 años) y adultos jóvenes (35 años) sin embargo, se informaron menos cambios en el dominio cognitivo en adultos de mediana edad (53 años) y mayores (65-78 años) con herencia familiar. Los antecedentes familiares y el familiar de primer grado tienen un riesgo de 4 a 10 veces mayor de desarrollar esta enfermedad, en comparación con personas que no tienen antecedentes, mencionando que la transmisión materna de EA es más frecuente que en la paterna (Talboom, 2019). En la EA, se identifican tres estadios leve, moderado y grave, estos implican un compromiso en la memoria a largo plazo. La memoria incidental es parte de la memoria declarativa, la cual se adquiere de manera inconsciente, pero se recupera de manera consciente. El aprendizaje incidental da lugar a la memoria incidental, ya que ambos son parte del mismo tipo de procesamiento de la información. Cuando se habla de aprendizaje incidental, se refiere a la adquisición de información sin que el sujeto haga un esfuerzo voluntario para hacerlo, y el recuerdo de esta información es visible una vez que la recuerde. Los hijos de padres diagnosticados con EA pueden presentar deficiencias en las tareas de alta demanda cognitiva ya que la memoria visoespacial incidental es sensible a cambios por el envejecimiento, es posible que presenten datos asintomáticos con alteraciones en la memoria, y se presente un deterioro sin ninguna atención de prevención. La memoria visuoespacial incidental es más vulnerable al envejecimiento normal. Así también, plantea la posibilidad de que pueda ser sensible a procesos iniciales de deterioro en condiciones normales o patológicas (Torromino G, et al. 2022). Las características neuropatológicas importantes que indican la EA incluyen la atrofia cortical y subcortical cerebral, lo cual conduce a agrandamientos ventriculares principalmente debido a la pérdida neuronal en las áreas temporales y parietales. Cabe destacar que las primeras etapas de la Enfermedad de Alzheimer (EA), incluso las etapas preclínicas, se asocian típicamente con la ralentización de los ritmos electroencefalográficos (Gaubert, Raimondo, Houot, et al. 2019). **Memoria incidental.** La memoria incidental no es intencionada, es decir se trata de información que se adquiere sin la intención de recordarla posteriormente en el caso de las pruebas neuropsicológicas, se refiere a la situación en la que los participantes no son advertidos previamente sobre su posterior evaluación de la memoria, debido al hecho de que los participantes no intentan memorizar información intencionalmente, la memoria incidental parece ser un proceso menos laborioso que la memoria intencional, sin embargo, aún no se conocen a fondo las diferencias de procesamiento entre las codificaciones incidental e intencional (80) . La memoria incidental se considera una función más prominente en situaciones cotidianas porque las personas suelen experimentar incidentes sin tener la intención de codificar y recordar información (Kontaxopoulou, D. Beratis, I. Fragkiadaki, S. et al. 2016).

La memoria incidental se refiere a la capacidad de recordar información sin tener la intención consciente de hacerlo. En nuestra rutina diaria, experimentamos numerosos incidentes y situaciones en las que podemos adquirir información de manera incidental, sin esfuerzo consciente de codificación o memorización. Por ejemplo, cuando estamos en una conversación casual con alguien, podemos recordar detalles específicos de la conversación sin haber intentado memorizarlos. Del mismo modo, al observar nuestro entorno, podemos retener información visual o auditiva sin haber tenido la intención de hacerlo (Old, S., & Naveh-Benjamin, M. 2008). Respecto a las condiciones de codificación incidentales, a los sujetos se les muestra diferentes estímulos sin advertirles de una fase de recuperación posterior, los hallazgos referentes al rendimiento de la memoria son inconsistentes, algunos estudios han planteado que las ubicaciones de los objetos se aprenden sin que los participantes reciban instrucciones explicitas para recordar las ubicaciones posteriormente (Barel, E. Tzischinsky O. 2020).

OBJETIVO. Evaluar el rendimiento de la memoria incidental y actividad eléctrica en hijos de padres con enfermedad de Alzheimer.

OBJETIVO ESPECIFICO. Medir el estado basal de la actividad electroencefalográfica (en las bandas Beta y Theta) y la memoria incidental en hijos de padres con Enfermedad de Alzheimer.

MATERIALES Y MÉTODOS. Enfoque cuantitativo, estudio, descriptico correlacionar de cohorte transversal, muestra 35 hijos de padres con enfermedad de Alzheimer, de la UMF N75 IMSS. Muestreo: no probabilístico, consecutivo, la muestra se conformó en dos grupos para administrar dos actividades posterior al registro Grupo intervención (GI) Grupo no intervención (GNI) donde se evaluó únicamente el rendimiento de la memoria incidental y actividad electroencefalografía en estado de reposo, se utilizó una prueba de memoria incidental con dos categorías: no eficiente (0-4 objetos dentro del laberinto) y eficiente: (5-9 objetos dentro del laberinto). La actividad electroencefalografía se registraron las bandas Theta y Beta.

Criterios de elegibilidad

Criterios de Inclusión:

- Hijos (as) de pacientes con Enfermedad de Alzheimer.
- Edad de 35 a 65 años.
- Autorización previa del consentimiento informado.
- Sujetos sin deterioro cognitivo. (Minimental con puntuación 26 y 25 puntos)
- Participantes con prueba de matrices progresivas RAVEN
- Participantes con depresión moderada (Escala de Beck)
- Participantes con ansiedad moderada (Escala Hamilton)

Criterios de exclusión:

- Participantes con antecedentes de epilepsia (historia clínica).
- Participantes con antecedentes quirúrgicos de cráneo (por referencia)
- Participantes con diagnóstico de Hipertensión arterial sistémica (por referencia)

Criterios de eliminación:

- Sujetos que decidan no continuar en el estudio

RESULTADOS. No hubo diferencias entre los grupos GI y GNI en el número promedio de asociaciones objeto-lugar correctas (p=0.880), el GI tuvo en promedio 3 asociaciones correctas dentro del laberinto y el GNI únicamente 2. El número de errores de objeto tampoco mostró diferencias significativas (p=0.986), GI no mostró errores de objeto, el GNI mostró solo un error de objeto en promedio. En el número de errores de lugar, los grupos tampoco mostraron diferencias entre si antes de la intervención (p=0.455), ambos grupos mostraron 2 errores de lugar en objetos en promedio. Dado que estas mediciones no se presentaban una distribución normal se analizaron con estadística no-paramétrica mediante la prueba U de Mann Whitney. En la prueba de memoria antes de las actividades, los resultados se muestran mediante la distribución de frecuencias y porcentajes, luego de clasificar a los participantes de acuerdo con sus puntajes como eficientes (5-9 asociaciones correctas) o no eficientes (0-4 asociaciones correctas. La mayor parte de los participantes se ubicaron en la categoría de no eficientes, como se muestra en la tabla 11. El GI tuvo una frecuencia de 15 (83.3%) no eficientes y una frecuencia de 3 (16.7 %) siendo eficientes. Para el GNI con el 10 (58.8%) no eficientes, y una frecuencia de 7 (41.2%) eficientes, no mostraron estadística significativa (p=.109). La potencia en la derivación T5 muestra una significancia p=0.001 mostrando mayor potencia antes de las actividades, igualmente en la región (P3) muestra una mayor potencia, sin embargo, no hay diferencia significativa. Coherencia Theta antes de las actividades en la banda theta solamente se observaron cambios en la coherencia intra hemisférica, en los lóbulos frontotemporales izquierda (F3-T3) p=0.001 y en los lóbulos frontotemporal derecha, (F4-T4), no mostraron significancia estadística.

CONCLUSIONES. Los resultados conductuales, indican que, la memoria episódica después del aprendizaje incidental, parece estar más deficiente en nuestros dos grupos participantes con respecto a la prueba incidental de alta demanda cognitiva durante la asociación objeto lugar, particularmente se sitúan en la categoría de no eficientes, antes de tomar la intervención, en meditación concentrativa para el GI, así como para el GNI (que realizaron la actividad de coloreado). De acuerdo con Grandi y Ruiz (2019), describen que las tareas con un alto contenido atencional se pueden ver afectadas por el contenido de la tarea incidental, en nuestro estudio si se vio afectada la memoria incidental, ya que el recuerdo libre incidental fue poco eficiente al momento de asociar los objetos dentro del laberinto. La codificación de la memoria también se beneficia de instrucciones explicitas para memorizar ubicaciones en condiciones de atención dividida, pero en menor medida, finalmente, se observa que en nuestra muestra los participantes son poco eficientes.

REFERENCIAS.

1. Alzheimer´s Disease International. Guía para planificar con éxito una campaña del mes mundial del Alzheimer. 2022. https://www.alzint.org/u/World-Alzheimers-Month-2022-Campaign-toolkit-ES.pdf.
2. Barel, E. Tzischinsky O. La relación entre la atención sostenida y la memoria de unicación de objetos incidental e intencional. Cerebro ciencias. 10, 145. 2020. Doi: 10.3390/brainsci 10030145.
3. Bayram, E. Caldwell,J. Banks, S. Conocimiento actual de biomarcadores de resonancia magnética y memoria en la enfermedad de Alzheimer. 2018. Doi:.org/10.1016/j.trci.2018.04.007.
4. Gaubert, Raimondo, Houot, et al. EEG evidence of compensatory mechanisms in preclinical Alzheimer´s disease. 2019. Doi:10.1093/brain/awz/150.
5. Grandi, F. Ruiz, J. Memory for future actions: The effect of prospective memory on an explicit and implicit memory task. 2019. Doi: 10.7334/psicothema.2019.
6. Kontaxopoulou, D. Beratis, I. Fragkiadaki, S. et al. Memoria incidental e intencional. Relación con la atención y funciones ejecutivas. Archivos de Neuropsicologia clínica. 1-14. 2017.

7. Livingston, G. Sommerlad et al. Dementia prevention, and care: 2020 report of the Lancet Commision. Doi,org/10.1016/S0140-6736(20)3037-6.
8. Prina AM, Acosta D, Acostas I, Guerra M, Huang Y, Jotheeswaran AT, et al. Cohort Profile: The 10/66 study. Int J Epidemiol. 2017 Apr 1;46(2):406-406i.Talboom, J. Haberg, A. De Both, M. Naymik, M. et al. Family history of Alzheimer´s disease alters cognition and is modified by medical and genetic factors. 2019. https://doi.org/10.7554/eLife.46179
9. Torromino G, Loffredo V, Cavezza D, Sonsini G, Esposito F, Crevenna AH, Gioffrè M, De Risi M, Treves A, Griguoli M, De Leonibus E. Thalamo-hippocampal pathway regulates incidental memory capacity in mice. Nat Commun. 2022. 20;13(1):4194. doi: 10.1038/s41467-022-31781-8. PMID: 35859057; PMCID: PMC9300669.
10. Old, S., & Naveh-Benjamin, M. Differential effects of age on item and associative measures of memory: A meta-analysis. Psychology and Aging, 23. 2008.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524156

ESTUDIO DEL PAPEL DEL ORF PA1622 EN LA VIRULENCIA DE *Pseudomonas aeruginosa* PA01

Roxana Yughadi Gaona García[1], Lorena Martínez Alcantar[2], Alma Laura Díaz Pérez[3], Jesús Campos García[4]

1 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1608187d@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; lorena.martinez@umich.mx

3 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 9403872h@umich.mx

4 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jesus.campos@umich.mx

Palabras Clave: factor de virulencia, patógeno, genes.

RESUMEN. Pseudomonas aeruginosa es un bacilo Gram negativo clasificado como patógeno oportunista, capaz de infectar plantas, insectos y animales, incluido el ser humano. Es responsable de infecciones agudas y crónicas de rápida evolución, que son prevalentes y difíciles de tratar (de Sousa et al., 2021). Coloniza fácilmente a individuos inmunocomprometidos que presentan afecciones como fibrosis quística (FQ), SIDA, diabetes mellitus, quemaduras, neumonía, cáncer, neutropenia, bronquiectasias, entre otras. Este microorganismo es especialmente relevante en enfermedades pulmonares, particularmente en la FQ, donde es el principal causante de infecciones. Más del 80 % de los pacientes con FQ se ven afectados por P. aeruginosa, lo que acelera el deterioro de la función pulmonar y aumenta la mortalidad asociada a la enfermedad (Vicente-Altabás, 2017).

INTRODUCCIÓN. P. aeruginosa presenta un vasto repertorio de factores de virulencia que emplea para colonizar a su hospedero. Dentro de los factores de virulencias podemos encontrar los lipopolisacáridos (LPS), que son componentes de la membrana externa de todas las bacterias Gram negativas; biofilm, que es una matriz de exopolisacáridos que le confiere protección y nutrientes las células, los pigmentos pioverdina y piocianina, que son quelantes de hierro; ramnolípidos, biosurfactantes que ayudan en la degradación de componentes estructurales del huésped; pili y flagelos, que son estructuras de movilidad y adhesión; enzimas hidrolíticas como proteasas, lipasas, fosfolipasas, elastasas entre otras que participen en la degradación y obtención de nutrientes a partir de componentes del huésped. P. aeruginosa se caracteriza por su gran versatilidad metabólica, lo que le permite crecer en una amplia variedad de nichos y bajo diversas condiciones nutricionales y ambientales. Gracias a su capacidad para utilizar distintos sustratos como fuente de carbono para la obtención de energía, se puede encontrar colonizando tanto ambientes naturales como entornos hospitalarios. Además, tiene requisitos nutricionales mínimos, puede crecer en un rango de temperaturas de entre 4 °C y 42 °C, sobrevivir a ciertos procesos de desinfección e incluso utilizar el nitrógeno como aceptor terminal de electrones, lo que le permite respirar en condiciones anaeróbicas. Estas características explican su gran adaptabilidad y versatilidad. Los ácidos grasos (AG) son una de las fuentes de carbono

preferidas por esta bacteria, ya que desempeñan un papel fundamental en su supervivencia, metabolismo y virulencia. Los AG son componentes esenciales de las membranas celulares, proporcionando fluidez y protección contra el entorno, lo que es indispensable para la integridad celular. También forman parte de las lipoproteínas, que participan en el eflujo de fármacos y el transporte de LPS. Además, varios factores de virulencia como la pioverdina, los ramnolípidos, el biofilm y los LPS dependen de los AG para su biosíntesis. Asimismo, cofactores como la biotina, el NADH y la CoA requieren ácidos grasos para su síntesis. Los AG también actúan como reguladores de la expresión génica, activando genes involucrados en su propia síntesis y degradación. Además, las moléculas de señalización, como las acil-homoserina lactonas, dependen de la acilación por AG para su biosíntesis, las cuales a su vez activan el quorum sensing, el principal determinante de la virulencia de P. aeruginosa (Kang et al., 2009; Yuan et al., 2012). Se ha sugerido que el ORF PA1622 forma parte de un operón que incluye genes implicados en las vías de síntesis y/o degradación de ácidos grasos. El ORF PA1622 es un gen de 861 pb que codifica una probable hidrolasa homotetramérica perteneciente a la familia de las α/β-hidrolasas, localizada en el citoplasma. Esta enzima, conformada por 276 aminoácidos, está ampliamente distribuida en el género Pseudomonas. (https://www.pseudomonas.com; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/pdb/7AL6.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la obtención de la mutante se realizó la inserción de un casete de resistencia a gentamicina (::Gm) al ORF PA1622, después se amplificó por PCR y se clonó en el plásmido pGem, el cual se transformó en células competentes de Escherichia coli. Finalmente se extrajo el ADN plasmídico y se transformó en células competentes de P. aeruginosa. Para visualizar las PCRs se realizó electroforesis en gel de agarosa al 1%. Curva de crecimiento: Se cultivaron las cepas PAO1 y PA1622::Gm en matraces con medio Luria-Bertani (LB) y se midió su D.O. cada hora por 12 h y posteriormente cada 2 h hasta las 24 h. Para todos los factores de virulencia se cultivaron las cepas de P. aeruginosa PAO1 y PAO1-PA1622::Gm durante 24 h a 37°C en rotación, para posteriormente obtener el sobrenadante por medio de centrifugación a 10,000 rpm por 10 min. La determinación de Pioverdina se realizó inmediatamente se leyendo 150 µl de sobrenandante a una longitud de emisión de 460 nm y una longitud de excitación de 405 nm. Los ramnolípidos se extrajeron con cloroformo a partir de sobrenadante previamente acidificado a un pH= 2-3 y finalmente se cuantificaron por el método del azul de metileno descrito por Cakmak y colaboradores. La determinación de 3-oxo-C12- HSL se realizó colocando 50 µL de sobrenadantes con 150 µL de cultivo de la cepa reportera pSB1075 de E. coli, se dejó incubar por 4 h a 37 °C en agitación para posteriormente leer en un transiluminador. Las Proteasas totales y la elastasa también fueron evaludas en el sobrenadante utilizando una solución acuosa de leche descremada al 1% y 0.002g de elastin-rojo Congo, respectivamente. Finalmente, la piocianina se extrajo empleando cloroformo para posteriormente añadir HCL 0.2 N y leer en espectrofotómetro.

RESULTADOS.

Construcción de la mutante PA1622::Gm de Pseudomonas aeruginosa PA01.

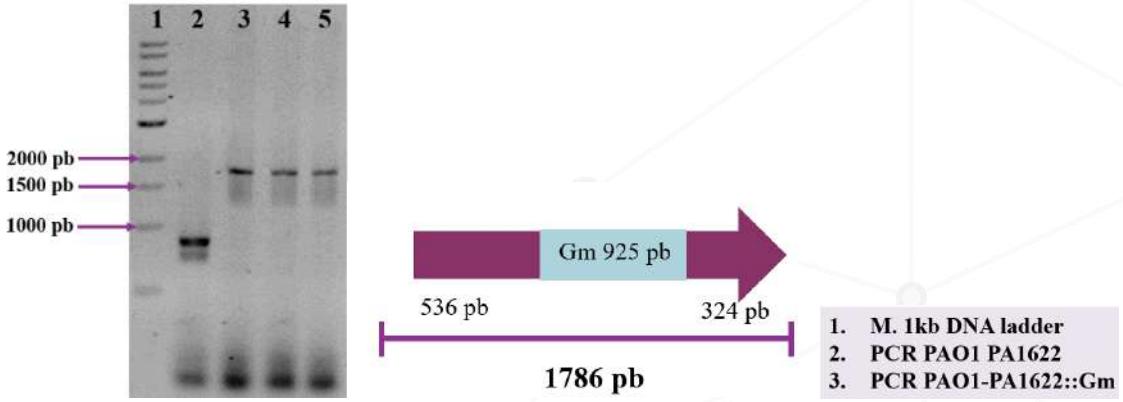


Figura 1. *PCR para comprobar la interrupción del ORF PA1622 con un casete de resistencia a gentamicina. Tamaño del ORF 861 pb; tamaño del casete de resistencia a gentamicina 925 pb; tamaño esperado 1786 pb. Visualización por electroforesis en gel de agarosa al 1%*

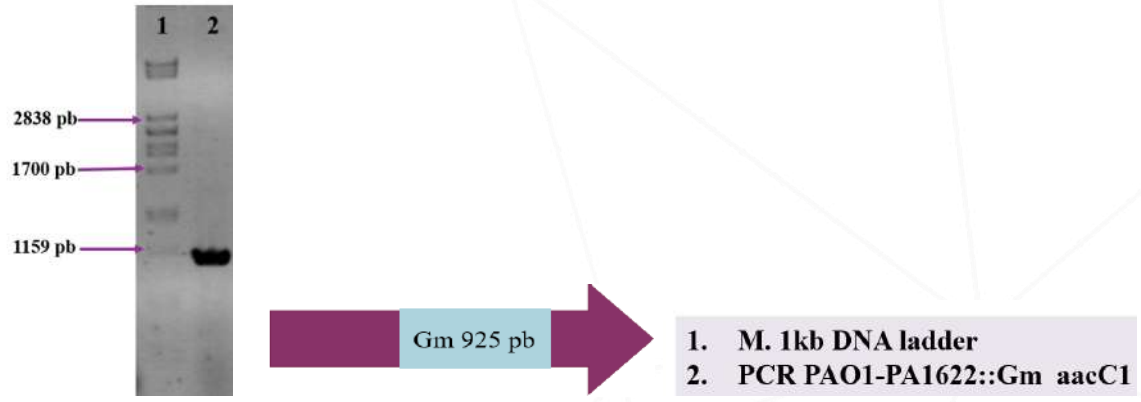
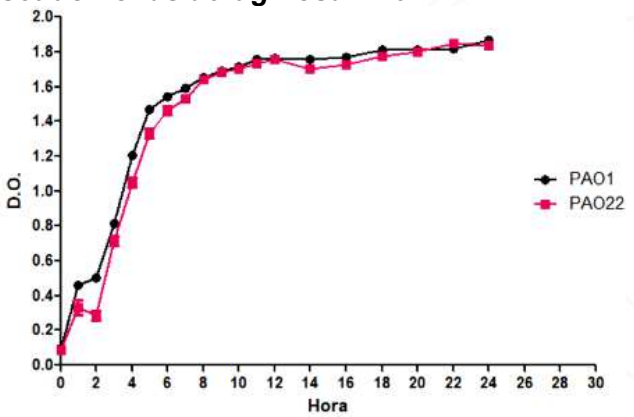


Figura 2. *PCR para comprobar la interrupción del ORF PA1622 con un casete de resistencia a gentamicina. Amplificación del gen del casete de resistencia a gentamicina (aacC1). Tamaño de banda esperado 925 pb. Visualización por electroforesis en gel de agarosa 1%.*

La mutación en el ORF PA1622 no tiene efectos negativos sobre el crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* PA01



.

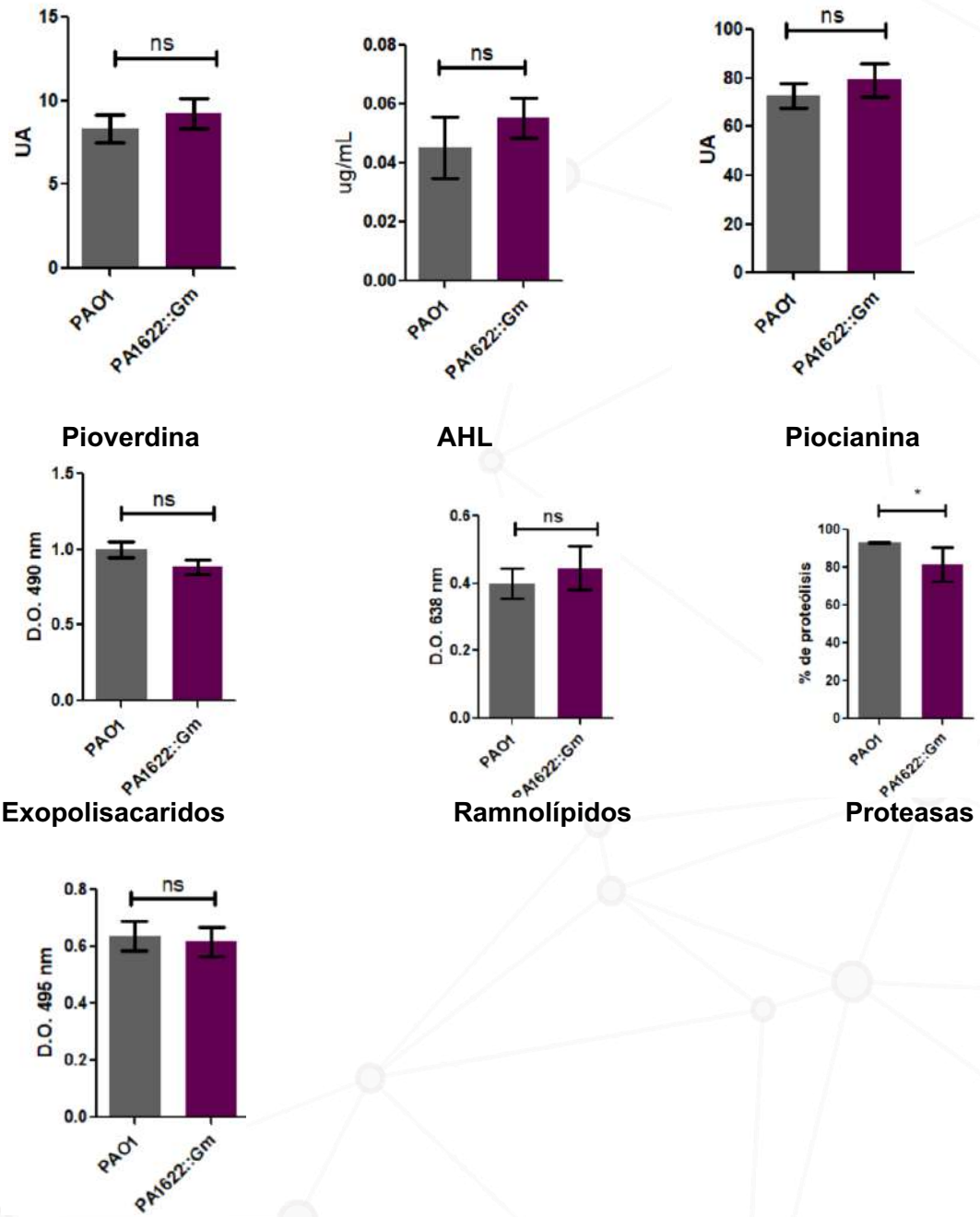


Figura 4. *Cuantificación de los factores de virulencia de las cepas PAO1 y PA1622::Gm producidos a las 24 h. D.O.= densidad óptica. UA= unidades arbitrarias. Prueba t de student, donde p≤ 0.05; ns= sin diferencia significativa, *= diferencia significativa; n=5.*

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos indican que la mutación no es deletérea debido a que el ORF PA1622 no es vital para Pseudomonas aeruginosa, sin embargo, sí está implicado en la virulencia de este microorganismo a través de la producción de proteasas. No obstante, es importante resaltar que aún resta evaluar la producción de algunos otros factores de virulencia.

REFERENCIAS.

1. de Sousa, T., Hébraud, M., Enes Dapkevicius, M. L. N., Maltez, L., Pereira, J. E., Capita, R., Alonso-Calleja, C., Igrejas, G., & Poeta, P. (2021). Genomic and metabolic characteristics of the pathogenicity in pseudomonas aeruginosa. International Journal of Molecular Sciences, 22(23). https://doi.org/10.3390/ijms222312892
2. Kang, Y., Lunin, V. V., Skarina, T., Savchenko, A., Schurr, M. J., & Hoang, T. T. (2009). The long-chain fatty acid sensor, PsrA, modulates the expression of rpoS and the type III secretion exsCEBA operon in Pseudomonas aeruginosa. Molecular Microbiology, 73(1), 120–136. https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2009.06757.x
3. Liao, C., Huang, X., Wang, Q., Yao, D., & Lu, W. (2022). Virulence Factors of Pseudomonas Aeruginosa and Antivirulence Strategies to Combat Its Drug Resistance. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 12. https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.926758
4. Van Delden, C. (2004). VIRULENCE FACTORS IN PSEUDOMONAS AERUGINOSA. In J. L. Ramos (Ed.), Pseudomonas Virulence and gene regulation (Vol. 2, pp. 3–45). Plenum Publishers .
5. Vicente-Altabás, M. J. (2017). Fibrosis quística y ácidos grasos esenciales. [Trabajo de fin de grado]. Universidad Zaragoza .
6. Yuan, Y., Leeds, J. A., & Meredith, T. C. (2012). Pseudomonas aeruginosa directly shunts β-oxidation degradation intermediates into de novo fatty acid biosynthesis. Journal of Bacteriology, 194(19), 5185–5196. https://doi.org/10.1128/JB.00860-12

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524160

EFECTO ANTIOXIDANTE DEL ÁCIDO GÁLICO, P-CUMÁRICO, ELÁGICO Y LIMONENO EN EL RIÑON DE RATAS ALIMENTADAS CON UNA DIETA HIPERCALÓRICA

Juana Paulina Rosales Villanueva[1], Patricia Ríos Chávez[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo 2028740e@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; patricia.rios@umich.mx

Palabras Clave: Compuestos naturales, antioxidantes, estrés oxidante, terpenos.

RESUMEN. Una dieta alta en grasas y azúcares, del tipo occidental o “western” favorece el aumento de radicales libres y especies reactivas de oxígeno, cuando existe un desbalance entre las especies reactivas de oxígeno y el mecanismo antioxidante se dice que existe un estrés oxidante, el cual afecta a diferentes moléculas biológicas como lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos lo que repercute en el desarrollo de patologías como enfermedad renal crónica, aterosclerosis y obesidad. El extracto etanólico de hoja de Callistemon citrinus tiene actividades biológicas como un efecto antioxidante y antiobesogénico debido a un alto contenido de terpenos y fenoles. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto antioxidante del ácido gálico, p-cumárico, elágico y limoneno en el riñón de ratas alimentadas con una dieta hipercalórica. 36 ratas Wistar macho se dividieron aleatoriamente en seis grupos (n=6). El grupo I fue el control (Rodent Chow Purina®); El grupo II fue HFD (63.0% Rodent Chow Purina®, 41.66% de grasa vegetal INCA®, 41.66% de manteca de cerdo y 16.66% de sacarosa). Los grupos III a VI fueron alimentados con HFD y se les administró por vía oral diferentes compuestos, grupo III (ácido elágico, 74.3 µg/kg), grupo IV (d-limoneno, 0.43 mg/kg), grupo V (ácido gálico, 6.94 µg/kg), grupo VI (ácido p-cumárico)), durante 23 semanas. Se elaboraron homogenados de riñón de seis grupos de ratas, siendo éstos el grupo control (CRL), dieta hipercalórica (DH) ácido elágico (Ela), limoneno (LIM), ácido gálico (GAL) y ácido p-cumárico (P). Se determinó la capacidad antioxidante total (TAC) se midió utilizando los métodos ABTS y FRAP. Además, se evaluaron los niveles de glutatión reducido (GSH), los productos de la oxidación avanzada de proteínas (AOPP) y la capacidad oxidativa total (TOS). Los resultados mostraron que los terpenos y fenoles mayoritarios de Callistemon citrinus regularon los biomarcadores de estrés oxidante.

INTRODUCCIÓN. El estrés oxidante es la ruptura del equilibrio entre los factores o sustancias prooxidantes y los mecanismos antioxidantes. Este desequilibrio puede deberse a que disminuye o se inactiven las enzimas del sistema antioxidante o que exista un aumento de las especies reactivas de oxígeno (ROS) ocasionando daños a la salud. Dietas ricas en azucares y grasas ocasiona sobrepeso u obesidad, durante esta patología pueden existir enfermedades como son la diabetes tipo 2, la hipertensión y problemas cardiovascular. El uso de productos naturales que presente actividad antioxidante es una herramienta para contrarrestar este estrés oxidante. La planta Callistemon citrinus posee una gran capacidad antioxidante y anti-obesogénica ya que posee compuestos fenólicos y terpénicos. Lo que este proyecto busca es identificar los efectos producidos por los

compuestos mayoritarios de esta planta sobre los biomarcadores del estrés oxidativo en los riñones de ratas Wistar que han estado bajo una dieta hipercalórica que simula a la dieta occidental (High Fat Diet o HDF).

ANTECEDENTES. El riñón es un órgano altamente vascularizado que juega un papel muy importante en el mantenimiento del homeostasis interna de los organismos, ya que regulan la concentración electrolítica, la presión sanguínea, el metabolismo lipídico, la degradación de hormonas y la excreción de metabolitos entre ellos los nitrogenados (Randall et al., 2002). Durante un estado de estrés oxidativo se producen daños irreversibles en las biomoléculas (proteínas, lípidos y ácidos nucleicos), lo que causa modificaciones en su función afectando diversas funciones fisiológicas (Lachance et al., 2001). Los procesos para cuantificar los radicales libres de manera directa son costosos, entre ellos destacan la resonancia electrónica, captura de radicales libres en tiempo real, entre otros, por lo que se ha optado por implementar técnicas más simples en las que se cuantifican los productos finales de los procesos oxidativos mediados por radicales libres para estimar el daño oxidativo (Halliwell y Whiteman, 2004). El glutatión (GSH) juega un papel importante en la detoxificación celular de las ROS, ya que reacciona directamente con los radicales y es donante de electrones para la reducción del peróxido por medio de la enzima glutatión peroxidasa (GPx). Existe una relación entre el glutatión reducido y oxidado, en la célula los niveles de estos son altos, ya que existe un mecanismo de regeneración de estos, sin embargo, los bajos niveles de glutatión reducido actúan como un biomarcador de estrés oxidativo (Browne y Armstrong, 1998). Los productos de oxidación avanzada de proteínas (AOPP) fueron descubiertos por primera vez en pacientes con insuficiencia renal crónica, desde entonces se ha determinado que los AOPP pueden desempeñar un papel como biomarcador en condiciones patológicas de diversas enfermedades involucradas con un aumento excesivo de ROS tales como diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, etc. (Witko-Sarsat et al., 1996; Kalousová et al., 2004). Además, los AOPP se han usado para monitorear el estrés oxidativo en pacientes críticamente enfermos por sepsis o insuficiencia cardíaca. Varios estudios han demostrado que la albúmina de suero humano oxidada (oxi-HSA) es el componente principal de AOPP y el 51 % se elimina de la circulación por el hígado. Por tanto, se ha sugerido que el hígado es la principal vía de depuración plasmática de oxi-HSA y que a su vez se encarga de la eliminación de los AOPP (Liu et al., 2012).

OBJETIVO. Determinar el efecto del limoneno, ácido gálico. cumárico y elágico sobre las enzimas involucradas en un proceso antioxidante durante la obesidad en ratas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar el efecto del limoneno, y los ácidos: gálico, cumárico y elágico sobre el estado oxidativo en el riñón de ratas obesas. Determinar el efecto del limoneno, y los ácidos: gálico, cumárico y elágico sobre los niveles de los productos avanzados de oxidación de las proteínas en el riñón de ratas obesas. Determinar el efecto del limoneno, y los ácidos: gálico, cumárico y elágico sobre el glutatión reducido en el riñón de ratas obesas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se elaboraron homogenados de riñón de cuatro grupos de ratas, siendo éstos el ácido elágico (Ela), limoneno (LIM), ácido gálico (GAL) y ácido p-cumárico (P). La Capacidad Antioxidante Total (TAC) se midió utilizando los métodos ABTS (descrito por R. A. Re et al. en 1999) y el método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power,

descrito por S. A. Benzie y J. J. Strain en 1996). Además de determinar la TAC, se midió el glutatión reducido con la técnica GSH (descrita por Ellman en 1959). Los productos de la oxidación avanzada de proteínas se midieron con la técnica AOPP, descrita por Witko-Sarsat y col, en 1996.

RESULTADOS. Se encontró una disminución de los niveles de la capacidad antioxidante (TAC) y del contenido de glutatión reducido (GSH) en las ratas alimentadas solamente con la dieta rica en grasa y azúcares. Mientras que el contenido de los productos avanzados de la oxidación de las proteínas (AOPP) tuvieron un incremento significativo en comparación con los demás grupos tratados con los fenoles y terpeno. (Figs.1,2 y3)

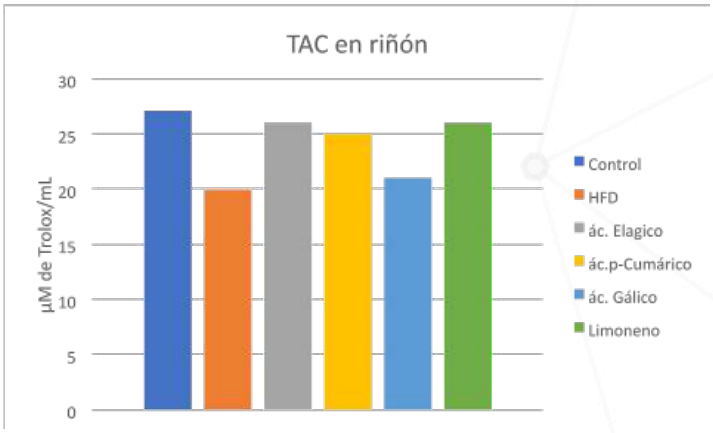


Fig.1 *Determinación de la TAC en los riñones de las ratas tratadas con la dieta hipercalórica.*

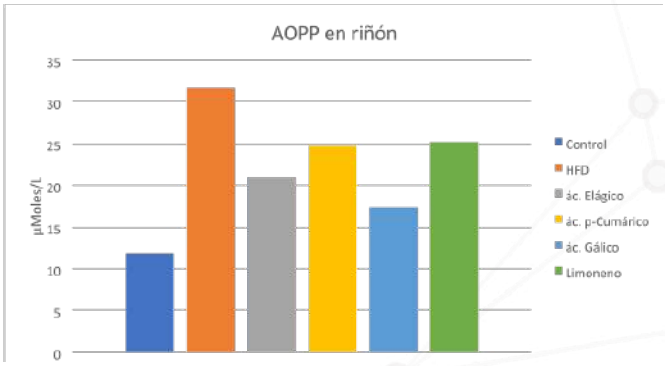


Fig.2 *Determinación de la AOPP en los riñones de las ratas tratadas con la dieta hipercalórica*

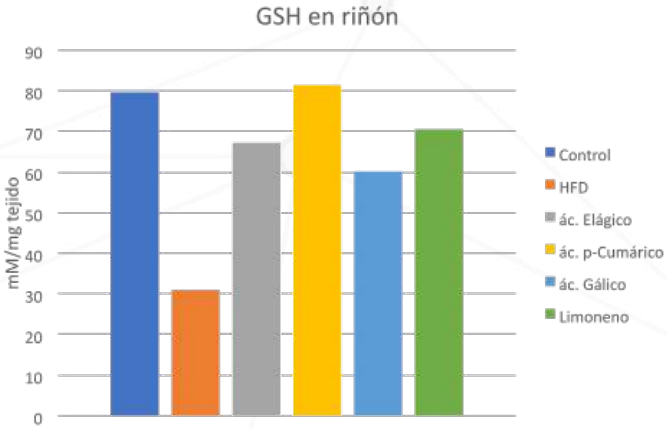


Fig.3 *Determinación del contenido de glutatión GSH) en los riñones de las ratas tratadas con la dieta hipercalórica*

CONCLUSIONES. Se demostró que los compuestos mayoritarios de Callistemon citrinus son los

responsables de su actividad antioxidante. Por otro lado, cada uno de los compuestos usados en este trabajo presentaron diferente actividad.

REFERENCIAS.

1. Ayala Ruiz, L. A., (2022), Actividad antioxidante y anti- obesogénica de los terpenos mayoritarios de Callistemon Citrinus en rata con una dieta hipercalórica. Tesis de Maestría. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.Morelia, Michoacán.
2. Núñez, A. Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. Rev Cubana Salud Pública. 2011; 37 (suppl.): 644-60.
3. Liu, J., Han, L., Zhu, L., & Yu, Y. (2016). Free fatty acids, not triglycerides, are associated with non-alcoholic liver injury progression in high fat diet induced obese rats.
4. Lipids in health and disease, 15(1), 1-9.
5. Chen, H., Liu, L. J., Zhu, J. J., Xu, B., & Li, R. (2010). Effect of soybean oligosaccharides on blood lipid, glucose levels and antioxidant enzymes activity in high fat rats. Food Chemistry, 119(4), 1633-1636.
6. Randall, D., Burggren, W., French, K. y Fernald, R. (2002). Eckert Fisiología animal:
7. Mecanismos y adaptaciones. 4a. edición. McGraw-Hill Interamericana de España, S. A. U., Madrid. 802 pp.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud

Octubre, 2024
ID: CP0524162

COMPARACIÓN DE LA PREVALENCIA DE CONDUCTAS ALIMENTARIAS DE RIESGO EN ESTUDIANTES DE NUTRICIÓN Y OTRAS LICENCIATURAS

Andrea Sandoval Arreguín

Palabras Clave: Trastornos de conducta alimentaria, conductas alimentarias de riesgo, estudiantes de nutrición.

RESUMEN. Introducción: Las conductas alimentarias son las acciones efectuadas por un individuo en respuesta a estímulos relacionados con la ingesta de alimentos. Cuando estos comportamientos se ven alterados se habla de conductas alimentarias de riesgo (CAR). Un factor de riesgo puede ser el área de especialización profesional, incrementando el riesgo en la obsesión con los alimentos y la generación de conductas compensatorias al encontrarse en un contacto tan cercano con el estudio del patrón alimentario. Objetivo: Comparar la prevalencia de conductas alimentarias de riesgo entre estudiantes de la licenciatura en nutrición y otras carreras de la UVAQ. Instrumentos de Evaluación: Cuestionario Breve de CAR validado en población mexicana por el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz (α=0.83) y Escala de Evaluación Corporal de Gardner. Resultados: De 155 participantes (63.2% mujeres y 36.8% hombres), el 32.25% (50) son de la licenciatura de Nutrición y 67.65% (105) de otras licenciaturas. La prevalencia de las CAR es mayor en los estudiantes de nutrición, un 62% sienten preocupación por engordar, mientras que otras licenciaturas solo el 40% (p=0.010); 62% realizan ejercicio compensatorio, asímismo, el 43% de los alumnos de otras licenciaturas hace esta práctica con frecuencia (p=0.026); al obtener el resultado del Cuestionario Breve de CAR, se observa que un 48% de los estudiantes de nutrición presentan riesgo de desarrollar un TCA, mientras que en los participantes de otras licenciaturas se presenta en un 17% (p<0.001). Los alumnos de nutrición presentan un índice de insatisfacción corporal de 2.56 (2.0) y los estudiantes de otras licenciaturas presentan cifras de 2.31 (1.6). Conclusión: La prevalencia de conductas alimentarias de riesgo en estudiantes de la licenciatura en nutrición es mayor que en estudiantes de otras carreras de la UVAQ.

INTRODUCCIÓN. Las conductas alimentarias son las acciones efectuadas por un individuo en respuesta a estímulos biológicos, psicológicos, sociales y culturales relacionados con la ingesta de alimentos. Cuando estos comportamientos se ven alterados se habla de conductas alimentarias de riesgo (CAR). Las CAR abarcan una amplia gama de conductas, tales como atracones (episodios de ingestión excesiva de alimento), sensación de pérdida de control al comer, ayunos voluntarios, vómito autoprovocado, uso de laxantes, diuréticos y anfetaminas, ejercicio físico excesivo y conductas no saludables realizadas con la finalidad de perder peso (Saucedo-Molina et al., 2010). Son distintas de un trastorno de conducta alimentaria (TCA), aunque tienen muchas similitudes (Ramírez et. al., 2021). Las CAR son manifestaciones que se presentan con menor frecuencia e intensidad, pero que

pueden desarrollarse y conformar un TCA si no se identifican y remedian adecuadamente (Saucedo-Molina et al., 2010).

ANTECEDENTES. Un factor de riesgo para desarrollar CAR puede ser el área de especialización profesional, incrementando el riesgo en la obsesión con los alimentos y la generación de conductas compensatorias al encontrarse en un contacto tan cercano con el estudio del patrón alimentario (Paredes & Chau, 2021). La presente investigación tiene el objetivo de comparar la prevalencia de conductas alimentarias de riesgo entre estudiantes de la licenciatura en nutrición y otras carreras no relacionadas con las ciencias de la salud.

OBJETIVO. Comparar la prevalencia de conductas alimentarias de riesgo entre estudiantes de la licenciatura en nutrición y otras carreras de la UVAQ. Es importante profundizar en el tema para identificar si el área de especialización profesional, en este caso la licenciatura en nutrición, es o no un factor de riesgo que incrementa la probabilidad de desarrollar conductas de alimentación de riesgo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se trata de un estudio observacional de tipo transversal con muestreo por conveniencia en estudiantes de las licenciaturas de Arquitectura, Ciencias de la Comunicación, Nutrición y Medicina pertenecientes a la Universidad Vasco de Quiroga Campus Santa María. Esta investigación fue realizada de acuerdo con las normas y lineamientos internacionales que establece la Declaración de Helsinki y los contenidos en la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos en materia de investigación en seres humanos. Se obtuvo el consentimiento por escrito de cada uno de los participantes que aceptaron formar parte del estudio, luego de informarles acerca de las características del mismo. El instrumento utilizado para evaluar a los participantes fue el Cuestionario Breve de Conductas Alimentarias de Riesgo, que evalúa la frecuencia de diez conductas alimentarias de riesgo: preocupación por engordar, atracones, pérdida del control sobre la ingesta de alimentos, vómito autoinducido, ayunos mayores a 12 horas, práctica de dietas restrictivas, ejercicio compensatorio y uso de medicamentos, sustancias laxantes y diuréticos para la pérdida de peso. Este se encuentra validado en población mexicana por el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz y se concluyó que tiene una alta confiabilidad (α=0.83) (Unikel-Santoncini et al., 2004)

RESULTADOS. Participaron un total de 155 alumnos de las licenciaturas de la UVAQ Campus Santa María, de los cuales 50 pertenecen a la licenciatura de Nutrición y los 105 restantes a las licenciaturas de Medicina, Contaduría Pública y Finanzas, Diseño Gráfico, Arquitectura y Ciencias de la Comunicación. Se obtuvieron datos de personas de un rango de edad de los 18 a 34 años, siendo la media de edad de los participantes de 19 años. Un 36.8% de ellos son hombres y el 63.2% mujeres. El 62% de los estudiantes de Nutrición encuestados expresan preocupación por engordar y el 38% no lo experimenta, mientras que el 60% de los estudiantes del resto de licenciaturas expresan no sentir preocupación frecuente por dicho motivo y el 40% restante lo experimentan (p=0.010) (Figura 1).

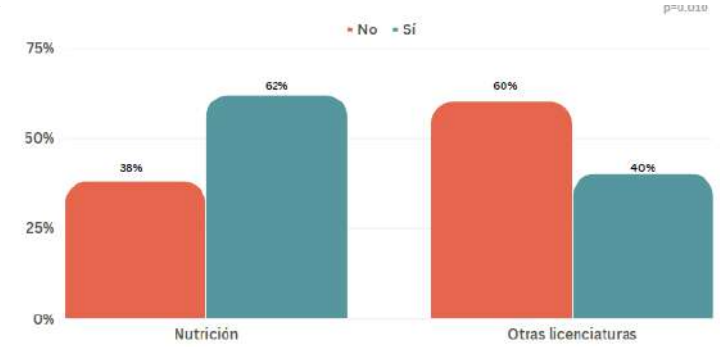


Figura 1. *Comparación de la preocupación por engordar entre estudiantes de Nutrición y estudiantes de otras licenciaturas.*

El 14% de los estudiantes de Nutrición experimentan atracones y el 86% no, mientras que el 87.6% de los estudiantes del resto de licenciaturas no presentan atracones y el 12.3% restante sí (p=0.779). El 20% de los estudiantes de Nutrición han perdido el control sobre la sensación de control al comer y el 80% no, mientras que el 80.9% de los estudiantes del resto de licenciaturas no experimentan esta pérdida de control y el 19.1% restante sí (p=0.88). El 6% de los estudiantes de Nutrición encuestados han recurrido al vómito con la intención de bajar de peso y el 94% no, mientras que el 98.1% de los estudiantes del resto de licenciaturas no lo practican, el 1.9% restante de ellos sí (p=0.177). El 22% de los estudiantes de Nutrición encuestados han practicado ayunos mayores a 12 horas para perder peso y el 78% no, mientras que el 87.6% de los estudiantes del resto de licenciaturas expresan no llevar a cabo esta práctica y el 12.4% restante sí (p=0.122). El 34% de los estudiantes de Nutrición encuestados practican dietas restrictivas para perder peso y el 66% no, mientras que el 82% de los estudiantes del resto de licenciaturas niegan practicarlas y el 18% restante lo afirman (p=0.019). (Figura 2)

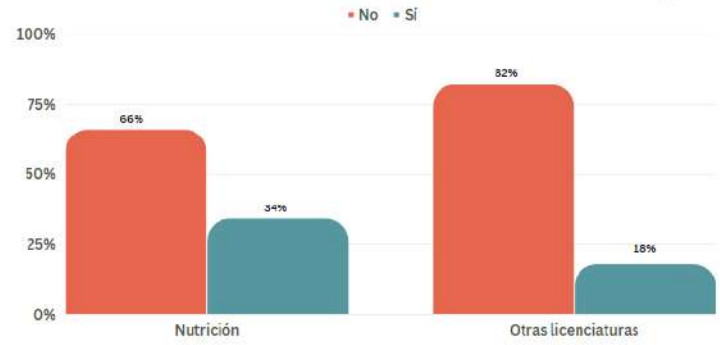


Figura 2. *Comparación de la práctica de dietas restrictivas entre estudiantes de Nutrición y estudiantes de otras licenciaturas.*

El 62% de los estudiantes de Nutrición encuestados reportan realizar ejercicio compensatorio con el fin de perder peso y el 38% lo niega, mientras que el 57% de los estudiantes del resto de licenciaturas reportan no realizar ejercicio de forma compensatoria y el 43% sí lo hacen (p=0.026) (Figura 3).

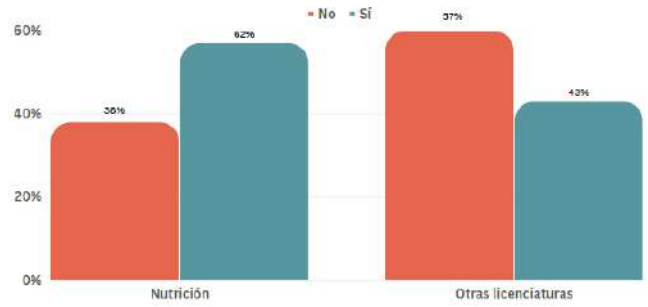


Figura 3. *Comparación de la práctica de ejercicio compensatorio entre estudiantes de Nutrición y estudiantes de otras licenciaturas.*

El 2% de los estudiantes de Nutrición encuestados consumen pastillas para perder peso y el 98% restante no, mientras que el 98.1% de los estudiantes del resto de licenciaturas no lo llevan a cabo y el 1.9% de ellos sí (p=0.968). Ninguno de los estudiantes que participaron en el estudio reportaron hacer uso de sustancias diuréticas para perder peso. El 4% de los estudiantes de Nutrición encuestados consumen laxantes para perder peso y el 96% restante no, mientras que el 96.3% de los estudiantes del resto de licenciaturas no los consumen y el 3.8% de ellos sí (p=0.954). Se clasifica la sumatoria de puntaje de las CAR en funcional (<10 puntos) y disfuncional (>=10 puntos). En las licenciaturas de Nutrición un 48% de los participantes obtuvieron puntajes =>10 y el 52% menores a este valor con una media de 8.7 (5.1). En el caso de las otras licenciaturas sólo el 17% obtuvieron puntajes >=10 y el 83% restante menor a 10 con una media de 6.1 (3.8) (p=0.001) (Figura 4).

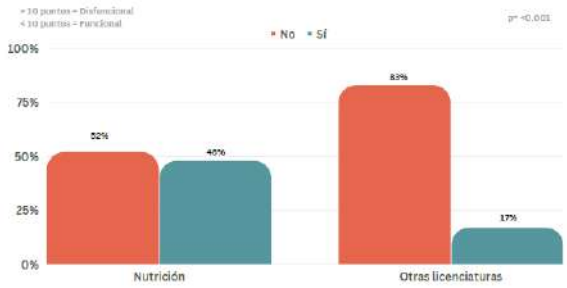


Figura 4. *Comparación del sumatorio total de puntuaciones clasificadas en funcional (<10) y disfuncional (>=10) entre estudiantes de Nutrición y estudiantes de otras licenciaturas.*

CONCLUSIONES. Con estos resultados podemos concluir que existe una prevalencia importante de conductas alimentarias de riesgo en los alumnos de la Universidad Vasco de Quiroga Campus Santa María, lo que puede ser el primer paso para desarrollar protocolos de identificación, manejo y prevención de conductas desordenadas de la alimentación e incluso trastornos de la conducta alimentaria en la comunidad estudiantil universitaria. En futuros análisis de los datos obtenidos en este proyecto se comparará la prevalencia de las conductas alimentarias de riesgo entre las licenciaturas que corresponden al área de la salud y aquellas que pertenecen a otras áreas de estudio, con el fin de profundizar en los factores relacionados con las conductas alimentarias de riesgo.

REFERENCIAS.

1. Paredes, J. & Chau, K. (2021) Riesgo de trastornos de la conducta alimentaria y comportamiento alimentario inadecuado en estudiantes de la carrera de nutrición y dietética de una universidad privada de

Lima. Programa académico de Nutrición y Dietética. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

2. Ramírez Díaz, M., Luna Hernández, J. & Velázquez Ramírez, D. (2021). Conductas alimentarias de riesgo y su asociación con el exceso de peso en adolescentes del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca: un estudio transversal. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética, 25(2), 246-255.
3. Saucedo-Molina, T. y Unikel Santoncini, C. (2010). Conductas alimentarias de riesgo, interiorización del ideal estético de delgadez e índice de masa corporal en estudiantes hidalguenses de preparatoria y licenciatura de una institución privada. Salud mental, 33(1), 11-19.
4. Unikel-Santoncini, C., Bojórquez-Chapela, I., & Carreño-García, S. (2004). Validación de un cuestionario breve para medir conductas alimentarias de riesgo. Salud Pública de México, 46(6), 509-515.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624101

APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DE PRECIPITACIONES A CORTO PLAZO

Jairo Sabino Floriano Mendoza[1], Juan Ángel Saucedo García[2], José Jaime Madrigal Barrera[3], Sonia Tatiana Sánchez Quispe[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902902d@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.angel.saucedo@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.madrigal@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: Predicción de precipitación, aprendizaje automático, previsión de precipitación, redes neuronales artificiales.

RESUMEN. La predicción de precipitaciones (PP) ha avanzado lentamente, manteniéndose principalmente en el ámbito de métodos tradicionales que han sido utilizados durante décadas. Estos métodos tradicionales, basados en técnicas estadísticas y físicas, presentan limitaciones significativas en términos de precisión y capacidad para capturar patrones complejos y no lineales del clima. A medida que la tecnología y los métodos científicos han evolucionado, el aprendizaje automático (Machine Learning, ML) ha comenzado a ofrecer nuevas oportunidades para mejorar la precisión de las predicciones meteorológicas. Esta investigación se centra en la aplicación de técnicas de ML para la predicción de precipitaciones a corto plazo, específicamente sobre un conjunto de datos con variables meteorológicas como lluvia, temperatura, humedad relativa, las cuales pertenecen a la estación “Oficinas Centrales-01” de la red de monitoreo meteorológico del Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia. La metodología realizada se basa en recopilación de los datos, Limpieza y manipulación de datos o preprocesamiento de los datos, para obtener un producto de datos en su mejor forma para poder elegir y desarrollar los modelos de ML y estos desempeñen un trabajo eficaz. Los resultados de esta investigación nos proporcionaron datos del coeficiente de determinación de 0.04 y del error cuadrático medio de 0.01 y una metodología solida que se puede utilizar y replicar en el preprocesamiento de los datos con datos diferentes estaciones climatológicas. Además, la técnica desarrollada podría tener aplicaciones adicionales, como la estimación de datos faltantes en series climatológicas.

INTRODUCCIÓN. Los métodos tradicionales en la predicción de precipitación se basan en técnicas estadísticas y físicas(Thompson, 2013), desarrolladas hace varias décadas, antes de que existieran técnicas avanzadas de Machine Learning (ML) y modelos computacionales modernos. Estas técnicas tradicionales presentan limitaciones en precisión y capacidad para capturar patrones no lineales y complejos del clima. La implementación de técnicas de ML ofrece una oportunidad para mejorar estas predicciones al aprovechar grandes volúmenes de datos y modelos basados en algoritmos avanzados. La predicción precisa de precipitaciones es crucial para diversos sectores, como la agricultura, la gestión del agua, la planificación urbana y la respuesta a desastres naturales (Rahman et al., 2022a). Una planificación y gestión efectiva en estos sectores permite a los

responsables tomar decisiones informadas, adaptarse a las condiciones meteorológicas, optimizar el uso de recursos, minimizar riesgos y mejorar la eficiencia operativa(ICACEA-2015). La capacidad de anticipar las precipitaciones facilita una gestión más informada y proactiva, lo cual es fundamental para la sostenibilidad y el desarrollo en estos campos. Por lo tanto, la integración de técnicas de ML en la predicción de precipitaciones no solo representa una mejora tecnológica, sino también una necesidad estratégica para abordar los desafíos actuales y futuros en la gestión de recursos y la adaptación al cambio climático.

ANTECEDENTES. Radhika & Shashi (2009) presentaron una aplicación basada en SVM para la predicción del tiempo. Se analizó un conjunto de datos de series temporales relacionados con los últimos n días de una ubicación, y luego se predijo la temperatura máxima de ese lugar para el día siguiente. En (Lee & Song, 2024), los investigadores compararon diferentes técnicas de aprendizaje automático para predecir las precipitaciones en Malasia. El preprocesamiento para rellenar los valores que faltaban y eliminar el ruido antes de la clasificación. Random Forest superó a los demás, ya que clasificó correctamente un gran número de casos con una pequeña porción de datos de entrenamiento. En el año 2022 el autor Atta-ur Rahman escribió el artículo en el cual se enfoca en el apartado de predicción de precipitación empleando técnicas de aprendizaje automático que dejo como aportación los resultados obtenidos de implementar los conjuntos de datos de prueba y de las cuatro técnicas de clasificación (DT, NB, KNN y SVM) con las cuales se siguió el criterio de estas y se obtuvo una predicción cualitativa. (Rahman et al., 2022b).

OBJETIVO. Desarrollar y evaluar modelos de Machine Learning para la predicción de precipitaciones a corto plazo, mejorando la precisión y fiabilidad en comparación con los métodos tradicionales. Para alcanzar el objetivo descrito en el párrafo anterior, se han planteado los siguientes

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Recopilar y preprocesar datos meteorológicos históricos y en tiempo real de diversas fuentes. Seleccionar e implementar diferentes algoritmos de Machine Learning, incluyendo redes neuronales, árboles de decisión, y métodos de ensemble, entre otros. Comparar el rendimiento de los modelos desarrollados utilizando métricas de evaluación estándar como R^2.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se desarrolló el código en Python 3.11.7 utilizando JupyterLab, una herramienta interactiva que permite escribir y ejecutar bloques de código en un entorno flexible y visual, que proporciona un entorno de desarrollo robusto y preconfigurado con las bibliotecas necesarias para análisis de datos, aprendizaje automático y visualización. Como primera etapa en la metodología se realizó la recopilación de datos. Se seleccionó la ciudad de Morelia como zona de estudio, y se hizo una investigación sobre ésta para posteriormente descargar la información de las estaciones climatológicas de la página del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS). Se identificaron todas las variables de trabajo como lo son Rain, Out Temp, Out Hum, entre otras, sumando 36 varibales y en cada una de ellas se obtuvieron 823,171 datos. Posteriormente se realizó una limpieza y manipulación de los datos. Preprocesamiento de los datos, Se realizó un análisis para identificar los datos anómalos registrados por los encargados de las estaciones climatológicas para los tiempos en los que no se obtuvo dato, o todas aquellas lecturas que son consideradas como nulas o no válidas por el programa en el cual se desarrolló el código. Se realizó la conversión de los datos

restantes, válidos, de tipo-objeto a numérico-de-tipo-flotante para un correcto manejo de los datos. Se aplicó un filtro de datos seleccionando el periodo de lluvia adecuado para tener un contenido de datos no tan extenso, siguiendo el criterio de que las lluvias vienen por temporadas y los análisis a estas es mejor hacerlos con observaciones en los comportamientos del clima solo en ese enfoque. Así como se realizaron agrupaciones de los datos con su respectivo criterio en base a las variables obtenidas de las estaciones. Se seleccionaron las mejores variables encontradas, elaborando gráficos y mapas de correlación con los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman y técnicas de selección de ML como SelectKBeast, entre otras. Finalmente se eligieron los modelos a desarrollar: regresión lineal, redes neuronales artificiales y árboles de decisión. Se separaron las variables en objetivo y características para así identificar la variable Rain a predecir y las características que necesitamos para hacerlo. Trabajamos solo con las variables adecuadas dejando de lado las que solo repetían datos de otras variables. Se dividieron los datos en porcentaje de entrenamiento y con el que se validará el modelo, y para comparar el rendimiento de los modelos desarrollados se utilizaron métricas de evaluación estándar basándonos principalmente en el coeficiente de determinación (R^2) y Mean Squared Error (MSE).

RESULTADOS. En la limpieza y manipulación de datos después de aplicar los filtros a los datos y variables nos quedamos con 8 variables en las que se eliminaron los datos nulos quedando 224,712 datos con solo la información de temporadas de lluvia. En la implementación de los criterios de selección de correlación y los modelos de ML, obtuvimos las variables*: Out Temp, Out Hum, Dew Pt., Wind Speed, Solar Rad.* Modelos con mejores hiperparámetros encontrados, evaluados con diferentes valores cada uno de los modelos utilizados y quedando con los mejores para la predicción de precipitación (Fig. 1).

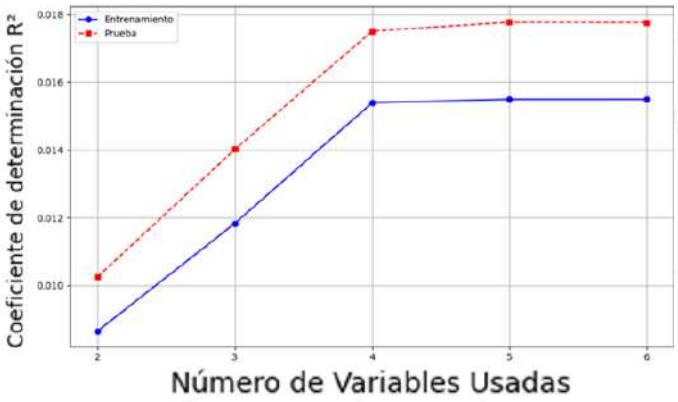


Figura 1: *Rendimiento del modelo respecto al número de variables utilizadas en el modelo de regresión lineal.*

Los modelos con los hiperparámetros elegidos como los más aptos no proporcionaron un buen rendimiento ni en el conjunto de entrenamiento ni en el de prueba. A pesar de tener hiperparámetros ajustados, los modelos no funcionaron de manera efectiva o como se tenía planeado (Fig. 2).

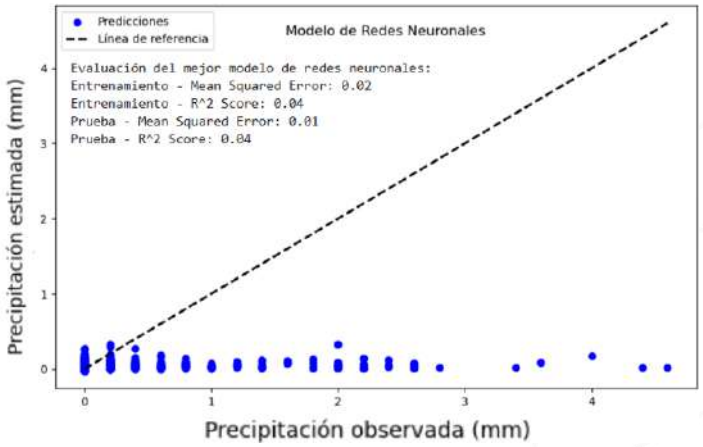


Figura 2: *Relación entre la precipitación observada y la precipitación estimada por el modelo de Redes Neuronales.*

CONCLUSIONES. A pesar de haber logrado un conjunto de datos adecuado para la implementación de modelos de aprendizaje automático, al utilizar variables que muestran relaciones significativas entre sí, y de haber evaluado y ajustado los modelos de ML con hiperparámetros optimizados, los resultados obtenidos indican que se requiere una investigación más profunda. Aunque los modelos muestran un panorama amplio sobre la relación entre variables y su utilidad en la predicción de precipitaciones, aún es necesario realizar más consideraciones y estudios adicionales para alcanzar los resultados deseados y lograr con éxito la aplicación de técnicas de aprendizaje automático. Además, es posible que las características proporcionadas al modelo no sean lo suficientemente relevantes o informativas para predecir la variable de interés, o que existan problemas con la calidad o cantidad de los datos utilizados.

REFERENCIAS.

1. Conference proceeding : 2015 International Conference on Advances in Computer Engineering & Applications (ICACEA-2015). (2015). IMSEC.
2. Lee, J.-H., & Song, K.-S. (2024). Comparison and Analysis of CNN Models to Improve a Facial Emotion Classification Accuracy for Koreans and East Asians. 14(3).
3. Radhika, Y., & Shashi, M. (2009). Atmospheric Temperature Prediction using Support Vector Machines. International Journal of Computer Theory and Engineering, 55–58. https://doi.org/10.7763/ijcte.2009.v1.9
4. Rahman, A. U., Abbas, S., Gollapalli, M., Ahmed, R., Aftab, S., Ahmad, M., Khan, M. A., & Mosavi, A. (2022a). Rainfall Prediction System Using Machine Learning Fusion for Smart Cities. Sensors, 22(9). https://doi.org/10.3390/s22093504
5. Rahman, A. U., Abbas, S., Gollapalli, M., Ahmed, R., Aftab, S., Ahmad, M., Khan, M. A., & Mosavi, A. (2022b). Rainfall Prediction System Using Machine Learning Fusion for Smart Cities. Sensors, 22(9). https://doi.org/10.3390/s22093504
6. Thompson, B. (2013). Overview of Traditional/Classical Statistical Approaches. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199934898.013.0002

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624102

CARACTERIZACION GEOQUIMICA DEL VOLCÁN LOS ESPINOS

Boris Chako Tchamabe[1], Pedro Corona Chavez[1], Isabel Israde Alcantará[1], Ana Teresa Mendoza Rosas[2], Jhoanna Silis Esquivel[3]

1Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; boris.chako@umich.mx; pedro.corona@umich.mx; isabel.israde@umich.mx

2CONAHCyT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; ana.mendoza@umich.mx

3Facultad de Química,Universidad Autónoma del Carmen, Cd del Carmen, Campeche 24180, México; jsilis@pampano.unacar.mx

Palabras Clave: Adakitas, maar, geoquímica.

RESUMEN. El Maar de Los Espinos se encuentra dentro del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato y a pesar de ser uno de los pocos maares en el este campo, no cuenta con un estudio detallado de su geoquímica por lo que no se sabe claramente su historia eruptiva y tampoco la relación geoquímica entre sus depósitos y los otros cuerpos volcánicos en los cuales se cortó. Este estudio se realizó con la finalidad de identificar posibles variaciones geoquímico-temporales entre estos depósitos y determinar si compartan o no una evolución común. Las concentraciones en sílice y alcalinos indican que las lavas de los depósitos del maar se extienden entre las andesitas basálticas y andesitas, mientras que las del pre-maar son andesitas. Los valores de Y (11.8 ppm – 13.1 ppm), Sr (1032.2 ppm – 1092.2 ppm), Yb (1.2 ppm – 1.3 ppm), y Sr/Y >40 clasifican las muestras del maar como adakitas. La evaluación del origen de estas firmas adakiticas a través de modelado petrológico indica que resulta de la mezcla de los primeros magmas que emplazaron los depósitos del pre-maar y fundidos de la corteza inferior.

INTRODUCCIÓN. Los volcanes de pequeño volumen son generalmente definidos como volcanes monogenéticos, morfológica y químicamente simples. Sin embargo, estos pueden presentar una complejidad en su evolución eruptiva, incluyendo varias fases y estilos eruptivos, a veces con periodos de reposo cortos o largos entre estas fases, y o variación en la composición de los magmas en erupción de una fase a otra. Los maares, anillos de toba, así como los conos de cenizas y de escorias, han recibido mucha atención en los últimos años debido a su complejidad y a las litofacies contrastantes asociadas a sus depósitos y que ofrecen excelentes oportunidades para apreciar la variación a pequeña escala en los procesos magmáticos, sosteniendo su formación. Los maares son creados por erupciones freatomagmáticas explosivas que ocurren cuando el magma ascendente interactúa con el agua subterránea, cortando las rocas del basamento para hacer un cráter profundo o poco profundo (ya sea seco o lleno de agua dependiendo del nivel freático general). Estudios recientes que siguen el enfoque volcanoestratigráfico han mejorado significativamente nuestro conocimiento sobre la evolución de un anillo de tefra alrededor del cráter del maar, con énfasis en las facies piroclásticas y los procesos de deposición evolucionados durante su formación, ofreciendo información sobre la identificación de los estilos de erupción o el mecanismo de explosión, la cuantificación y el control del agua durante la fragmentación. Por otro lado, la caracterización geoquímica de los depósitos de

estos volcanes ha revelado también una complejidad en su sistema magmático. Uno de los intereses en la comprensión de la evolución magmática de estos volcanes reside en la relación que existe entre los depósitos pre-maar y los depósitos del maar. Determinar si todas las erupciones pre-maar y del maar provienen o no de un mismo sistema magmático ayuda a reconstituir el rol de la región fuente en la formación de aquellos volcanes de pequeño volumen que presenten un nivel de complejidad morfológico o volcanoestratigráfico. Este trabajo presenta el caso del volcán Ojo del Mar.

ANTECEDENTES. El Maar de Los Espinos se encuentra dentro del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (MGVF) que, a su vez, forma parte del terreno tectonoestratigráfico de la Faja Volcánica Transmexicana (TMVB). El TMVB se originó durante el Mioceno medio y tardío como un arco volcánico continental oblicuo relacionado con la subducción de la placa de Cocos debajo de la placa de América del Norte. Además de este modelo convencional de la subducción, las variaciones en las firmas geoquímicas de las rocas volcánicas (Gómez-Tuena et al., 2018) ha llevado a la consideración de otros modelos tectónicos. En este contexto, la formación de adakitas podría estar relacionada con la subducción de una corteza oceánica bajo una corteza continental, donde la fusión parcial de la litosfera subducida genera magmas con altos niveles de Sr y bajos en Y y Yb, característicos de este tipo de rocas (Defant y Drummond, 1990). Durante el fenómeno de slab rollback, se facilita el ascenso del magma adakítico (Gueguen et al., 1997; Çoban et al. 2020), permitiendo la interacción del material fundido de la litosfera oceánica con la corteza inferior o el manto, contribuyendo a las características geoquímicas observadas en la región. Asimismo, se ha propuesto un origen relacionado un origen relacionado con pluma mantélica, respaldado por la presencia de rocas volcánicas similares a las intraplacas con características similares a las de los basaltos de las islas oceánicas (OIB) (Luhr et al., 1985). También se ha propuesto un modelo de desprendimiento de losa que dio origen a varias rocas en la porción central y oriental del arco, mientras que autores como Luhr et al. (1985) sugieren un modelo relacionado con la extensión. Gómez-Tuena et al. (2018) también destacan la abundancia de rocas potásico-alcalinas que forman volcanes de pequeño volumen en los grabens San Sebastián, Mascota, Atenguillo, Tapalpa dentro del sector occidental del cinturón, y en los flancos noroccidentales del volcán Colima. Dichas rocas también se encuentran en el sector oriental de la faja volcánica y dentro del Campo Volcánico Michoacán Guanajuato (MGVF) principalmente caracterizado por volcanes calco-alcalinos que van desde basálticos hasta basálticos-andesita, aunque también se pueden encontrar lavas riolíticas (Hasenaka y Carmichael, 1987; Torres-Sánchez et al., 2022). El MGVF cubre un área de aproximadamente 40.000 km2 y tiene alrededor de 1400 volcanes, incluyendo volcanes de pequeño volumen, conos de escoria, conos de ceniza, conos de salpicaduras, maares, flujos de lava cortos y domos de lava (Hasenaka y Carmichael, 1987). Los volúmenes intermedios y grandes incluyen pequeños volcanes en escudo como El Metate y estratovolcanes como Patambán y Tancítaro. El MGVF está relacionado con un extenso régimen tectónico que se inició durante el Mioceno y que probablemente esté relacionado con la subducción oblicua de la placa de Cocos debajo de la placa de América del Norte (Torres-Sánchez et al., 2022). Las principales características tectónicas incluyen el sistema de fallas Morelia-Acambay de ~ 30 km de ancho y las Fallas Taxco-San Miguel, que dan forma al relieve de toda el área e incluso podrían controlar la alineación o distribución de la mayoría de los volcanes dentro del campo (Gómez-Vasconcelos et al., 2020). De acuerdo con Szynkaruk et al. (2004), estas fallas comenzaron como laterales sinestrales durante el Mioceno medio-tardío, luego se reactivaron durante el Plioceno

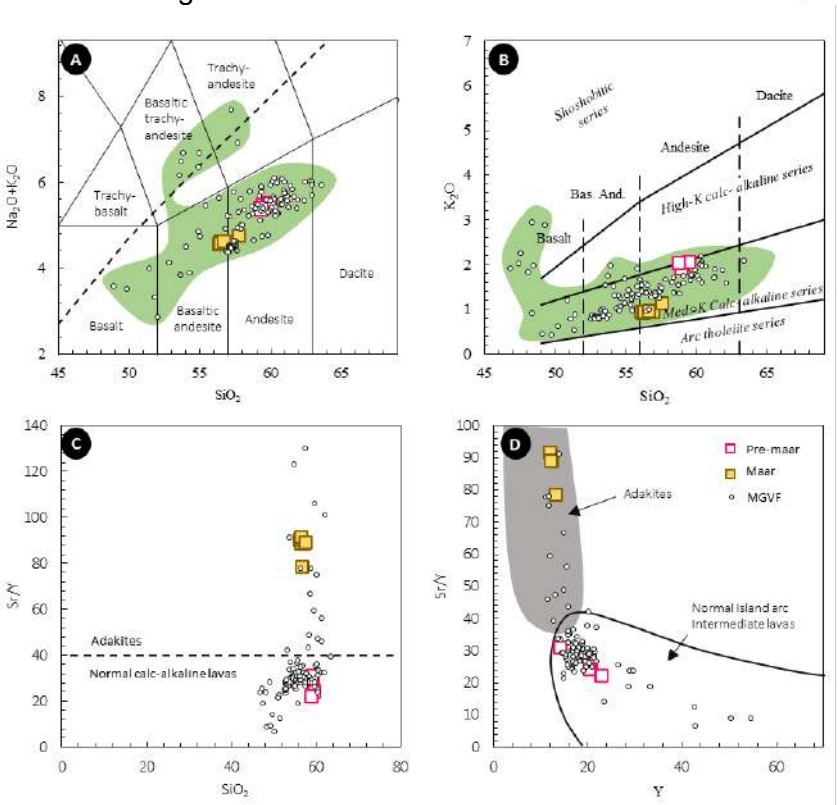
temprano como fallas normales y, durante este período de tensiones, se generaron las cuencas tectónicas de Chapala, Acambay, Cuitzeo, Maravatío y Zacapu, todas orientadas de este a oeste, siendo la cuenca tectónica de Zacapu la más cercana y relevante para este estudio. Esta cuenca está rodeada por volcanes basálticos a andesíticos basálticos del Plioceno al Cuaternario con pocos domos dacíticos y riolíticos y depósitos de ignimbritas (Kshirsagar et al., 2015). Aunque se tiene un estudio general de la volcanoestratigrafia del volcán Ojo del Mar, aún no existe un análisis geoquímico detallado, por lo que su historia eruptiva no está bien definida.

OBJETIVO. Identificar las posibles variaciones geoquímico-temporales de los principales depósitos que conforman el volcán y determinar si comparten o no la misma fuente. Se busca definir su evolución magmática en relación con los otros cuerpos volcánicos en los cuales se desarrolló.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se recogieron diez muestras representativas de lava de la secuencia de depósito para el análisis geoquímico de roca total. Cada muestra fue descostrada y su parte interna preparada y enviada al Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde se determinaron los elementos mayores mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X utilizando un instrumento Siemens SRS-3000 y los elementos traza mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente utilizando un instrumento Thermo Series XII en el Centro de Geociencias (CGEO) de la UNAM, siguiendo de la manipulación, preparación y análisis de las muestras en el laboratorio (Mori et al., 2009). La preparación de la muestra antes de enviarla para su análisis se realizó en el Laboratorio de Petrología y Petrografía del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESULTADOS. Las muestras de Los Espinos Maar son pobres en MgO-(<4 en peso), Al2O3 alto (16 % en peso a 19 % en peso) y composición intermedia con SiO2 = 56 % en peso – 59 % en peso y Mg# (33 – 35). La clasificación geoquímica basada en el diagrama de álcali total versus sílice indica que las lavas de los depósitos de maar se extienden entre las andesitas basálticas y las andesitas, mientras que las del pre-maar son andesitas (Fig. 1a). Tanto las lavas del pre-maar como las del maar son rocas subalcalinas y calco-alcalinas de K medio según el diagrama de K_2O versus SiO_2 (Fig. 1b), aunque las lavas pre-maar tienen más contenidos de K2O, tendiendo a la serie calco-alcalina de alto K. Tal diferencia en los contenidos de algunos elementos también se observa con el bajo Sr/Y < 40 que presentan las lavas pre-maar, que las clasifican como rocas calco-alcalinas normales (Fig. 1c), en comparación con las muestras de maar que comparten características de adakitas, es decir, bajo Y (11.8 ppm – 13.1 ppm), alto (>400 ppm), Sr (1032.2 ppm – 1092.2 ppm), Yb < 1.9 ppm (1.2 ppm – 1.3 ppm), y Sr/Y >40 según (Defant y Drummond, 1990; Fig. 1d). Las tendencias en los diagramas de elementos mayores y trazas muestran una correlación general positiva o negativa entre los elementos que podrían sugerir una serie de rocas diferenciadas a través del proceso de cristalización fraccionada, respaldada por las bajas concentraciones de Co (14,1 – 19,6 ppm), Ni (18,7 – 49,8 ppm) y Cr (24,7 – 92,1 ppm). Estas bajas concentraciones junto con modelados petrológicos sugieren que las firmas adakiticas de las muestras de Maar derivan de una mezcla de la lava pre-Maar y 50 - 60 % de fundidos de la corteza inferior de composición granulítica. Por lo tanto, el resultado del

modelo de mezcla podría sugerir que la erupción del maar se alimentó de una pequeña cámara de magma creada en la base de la corteza inferior.



CONCLUSIONES. El Ojo del Mar es un volcán de tipo maar que se creo en un entorno donde erupciones anteriores emplazaron lavas de composición andesítica. Las características geoquímicas de las lavas del maar indican que tiene firma de adakitas, resultado de la mezcla de los primeros magmas que emplazaron los depósitos del pre-maar y fundidos de la corteza inferior. El estudio ha demostrado que la actividad eruptiva del Maar de Los Espinos está influenciada por una combinación de procesos tectónicos y magmáticos complejos, típicos de zonas de subducción activa. La subducción de la placa oceánica bajo la continental genera fundidos de la litosfera subducida que interactúan con la corteza inferior, dando lugar a magmas ricos en Sr y bajos en Y y Yb, características típicas de las adakitas. Adicionalmente, el fenómeno del slab rollback facilita el ascenso de estos magmas, al generar condiciones extensionales en la corteza y el manto que permiten la interacción de los magmas con la corteza inferior, enriqueciendo aún más su composición. Este proceso tectónico contribuye significativamente a la complejidad del sistema magmático del maar, explicando tanto la prolongada historia eruptiva del volcán como las variaciones geoquímicas observadas entre los depósitos pre-maar y maar.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue apoyado por el Proyecto CIC 17683 de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.

REFERENCIAS.

7. Çoban, H., Karslı, O., Caran, Ş., Yılmaz, K. (2020). Sediment-derived melt-related metasomatized mantle wedge as a source of post-subduction Quaternary adakitic porphyries associated with absarokites–hoshonites from the Karadağ stratovolcano (Karaman, Central Anatolia, Turkey). Journal of Asian Earth Sciences, 196, 104380.
8. Defant, M.J., Drummond, M.S., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature 1990 347:6294 347, 662–665.
9. Gómez-Tuena, A., Mori, L., Straub, S.M., 2018. Geochemical and petrological insights into the tectonic origin of the Transmexican Volcanic Belt. Earth Sci Rev 183, 153–181.
10. Gómez-Vasconcelos, M.G., Luis Macías, J., Avellán, D.R., Sosa-Ceballos, G., Garduño-Monroy, V.H., Cisneros-Máximo, G., Layer, P.W., Benowitz, J., López-Loera, H., López, F.M., Perton, M., 2020. The control of preexisting faults on the distribution, morphology, and volume of monogenetic volcanism in the Michoacán-Guanajuato Volcanic Field. GSA Bulletin 132, 2455–2474.
11. Hasenaka, T., Carmichael, I.S.E., 1987. The cinder cones of michoacán-guanajuato, central Mexico: Petrology and chemistry. Journal of Petrology 28, 241–269.
12. Kshirsagar, P., Siebe, C., Guilbaud, M.N., Salinas, S., Layer, P.W., 2015. Late Pleistocene Alberca de Guadalupe maar volcano (Zacapu basin, Michoacán): Stratigraphy, tectonic setting, and paleo-hydrogeological environment. Journal of Volcanology and Geothermal Research 304, 214–236.
13. Luhr, J.F., Nelson, S.A., Allan, J.F., Carmichael, I.S.E., 1985. Active rifting in southwestern Mexico: Manifestations of an incipient eastward spreading-ridge jump. Geology 13, 54.
14. Mori, L., Gómez-Tuena, A., Schaaf, P., Goldstein, S.L., Pérez-Arvizu, O., Solís-Pichardo, G., 2009. Lithospheric Removal as a Trigger for Flood Basalt Magmatism in the Trans-Mexican Volcanic Belt. Journal of Petrology 50, 2157–2186.
15. Szynkaruk, E., Graduno-Monroy, V.H., Bocco, G., 2004. Active fault systems and tectono-topographic configuration of the central Trans-Mexican Volcanic Belt. Geomorphology 61, 111–126.
16. Torres-Sánchez, D., Sosa-Ceballos, G., Bolós, X., Macías, J.L., 2022. Petrogenesis of mafic-intermediate magmatism of the Michoacán–Guanajuato volcanic field in Western Mexico. A geochemical review. Front Earth Sci (Lausanne) 10, 932588.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624103

DISEÑO DE UN MODELO DE IDENTIFICACIÓN MEDIANTE ADN PARA ESPECIES DE PINUS EN EL ESTADO DE MICHOACAN

Edgar Manuel Ruíz Pimentel[1], Pablo López Albarrán[2], Abril Munro Rojas[3]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0674471x@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; plopez@umich.mx
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Abril.munro@umich.mx

Palabras Clave: ADN, Identificación Pinos, Extracción ADN

RESUMEN. La madera es un material versátil constituido de células epiteliales diversificadas, celulosa, hemicelulosas y lignina (Dietrich Fengel, 1989). Estructuralmente se conforma de varias capas que forman la base del tronco o fuste: la albura, xilema y duramen confiriéndole propiedades físicas, químicas, y mecánicas, altamente valiosas por la industria (Tsoumis, 1991).La madera ha servido como estructura de la economía sustentable durante años (Vignote Peña Santiago & Martínez Rojas Isaac, 2006). Existe una creciente demanda por desarrollar nuevas herramientas para identificar especies arbóreas y de este modo apoyar a los sectores forestales, algunas de estas herramientas son códigos de barras coloridas las cuales son elaboradas a partir de un grupo de tecnologías diseñadas para secuenciar grancantidad de segmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN) de forma masiva y en paralelo, en menor cantidad de tiempo y a un menor costo por base (Rubio et al., 2020).Esta metodología pretende desarrollar una base de datos que permita obtener las secuencias geneticas de varias especies endemicas del estado de michoacán y agruparlas mediante codigos (QR), permitiendo asi un rapido manejo de la información.Esto lograra una identificación taxonómica inequívoca de madera mediante una sola combinación de múltiples regiones de ADN. Este método es estándar, rápido y eficiente para identificar, discriminar y descubrir nuevas especies (Celiński et al., 2017).Los organismos celulares poseen ADN y ARN que les confiere ser iguales entre especie, pero diferentes entre individuos.

INTRODUCCIÓN. El árbol está compuesto por una corona, un tallo y una raíz. Las hojas de la corona producen azúcares por fotosíntesis a partir de CO2 absorbido por las estomas y del agua transportada desde la raíz. Los azúcares sintetizados (principalmente en forma de sacarosa) se transportan a través del floema a los tejidos meristemáticos del tronco y las ramas y se utilizan en parte como fuentes de energía, para producir componentes de los árboles como proteínas, celulosa, hemicelulosas, lignina y extractivos de madera durante el crecimiento de los árboles(Springer et al., 1995). A su vez presenta pared celular conformada de tres capas; primaria, secundaria y terciaria. Las características anteriores permiten a las industrias utilizar este material con muchos fines, entre ellos la construcción de estructuras y edificios, la elaboración de muebles, la fabricación de papel, además del extenso mundo de los extraíbles por mencionar algunos. La madera ha servido como estructura de la economía sustentable durante años (Vignote Peña Santiago & Martínez Rojas Isaac, 2006).De este modo existe una creciente demanda por desarrollar nuevas herramientas para identificación de especies arbóreas y apoyar a los sectores forestales

encargados del aprovechamiento sustentable. Algunas de estas herramientas son código de barras coloridas las cuales son elaboradas a partir de un grupo de tecnologías diseñadas para secuenciar gran cantidad de segmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN) de forma masiva y en paralelo, en menorcantidad de tiempo y a un menor costo por base(Rubio et al., 2020). Estas herramientas, ofrecen la identificación taxonómica inequívoca de objetos biológicos, entre ellos la madera mediante una sola combinación de múltiples regiones de ADN en el genoma del objeto en estudio. Este método es estándar, rápido yeficiente para identificar, discriminar y descubrir nuevas especies (Celiński et al., 2017).En todos los organismos vivos las instrucciones genéticas (genes) están almacenadas en moléculas de ADN, escritas en el mismo códigoquímico y construidas con los mismos componentes químicos básicos, las cuales son interpretadas esencialmente por la misma maquinaria y duplicadas de la misma forma para permitir la reproducción del organismo (Alberts, 2011).

ANTECEDENTES. Los estudios sobre el genoma y la biología molecular como la conocemos se remontan desde los años cuarenta del siglo pasado siendo esta fecha la primera en constatar las primeras notas sobre Alfred Hershey y Martha Chase con su teoría a través de la codificación del ADN, en la cual se menciona la herencia se transmitía por el ADN y no por las proteínas (Hershey & Chase, 1953). Más tarde en 1958, Rosalid Franklin y Maurice Wilkins, observan por primera vez la estructura del ADN como macromolécula a través de rayos X y realizan una breve descripción de la macromolécula (Sayre, 2000). Unos años más tarde en, 1962 James Watson y Francis Crick continúan la investigación sobre la macromolécula de ADN y establecen que está constituida por una doble hélice y conformada por nucleótidos (Watson, 2000). Para la discriminación de especies, los marcadores de los códigos de barras genéticos deben exhibir suficiente variación para contar con substituciones únicas que sirvan como marcadores a nivel de especie y que sirvan para separar incluso pares de especies hermanas (Chase et al., 1993).Según el autor(Remigio & Hebert, 2003), menciona que encontrar un código de barras genético efectivo para plantas ha sido difícil. Esto supone nuevos desafíos ya que, en comparación con animales, la región del citocromo oxidasa 1 del genoma mitocondrial ha permitido la identificación taxonómica de diversas especies de aves, peces e insectos (Remigio & Hebert, 2003). Para la identificación de códigos de barras genéticos en plantas, se han evaluado marcadores cada uno limitando en su posibilidad de identificación de especies (Hernández Ramos et al., 2018).Más tarde en el año 2009 Yanti Rachmayanti, Ludger Leinemann, Oliver Gailing, y Reiner Finkeldey, en su trabajo de investigación titulado, “ADN de madera procesada y sin procesar: factores que influyen en el éxito del aislamiento”, detallaban sobre las ventajas y desventajas al implementar nuevos protocolos experimentales de extracción de ADN La tasa de efectividad fue del 75.7%; así como también de los sitios de toma de muestra de una rodaja de madera. (Rachmayanti et al., 2009). Actualmente es probable que la elaboración de una base de datos extensa de secuencias de códigos de barras para los árboles sea tardada ya que depende de algunos factores. Sin embargo, se puede generar una base de datos con códigos de barras de ADN local para un área específica de interés. Las aplicaciones de los códigos de barras son numerosas. Algunos de sus principales usos son establecer si los productos objeto son de comercio internacional y pertenecen a especies protegidas, comprobar la taxonomía de las plantas y clasificarlas en medicinales, estudios forenses, etc.(Ahmed et al., 2010).

OBJETIVO. Diseñar un modelo de identificación por códigos QR para madera de especies de Pinus del estado de Michoacán, mediante la secuenciación y evaluación del ADN.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Extraer ADN a partir de la madera de Pinus del estado evaluando dos técnicas. Sustentar la identificación de las muestras con fuentes consolidadas. Obtener la secuencia genética de las principales especies de pinos de Michoacán. Generar la metodología de identificación de especies arbóreas (madera) mediante el uso de técnicas avanzadas de biología molecular (PCR, Electroforesis). Proponer una codificación por QR con los datos obtenidos de cada especie previamente identificada, para implementar un sitio de web

MATERIALES Y MÉTODOS. Para este experimento se tomó una probeta de madera de 10cm x 12cm x 4mm de 11 especies endémicas del estado de Michoacán, *(P.maximinoii, P. pringlei, P.moctezumae, P.teocote, P.martinezi Larsen, P. pseudostrobus, Michoacana var. Cornuta, P.douglasiana, P. lawsonii roezl, P.oocarpa, P.leiophyla Schiede)* que fue donada por parte de la filoteca de la facultad de ingeniería en tecnología de la madera, a cargo de la Ing. Teresa García Moreno. La muestra se obtuvo lijando el trozo de madera con una lija para madera (Grano 36), hasta obtener 2g de harina de madera. Posteriormente se reserva en una bolsa con sello hermético.Previo a realizar la extracción de ADN de la muestra de madera, se prepararon 3 soluciones con diferentes concentraciones, denominadas solución de lavado, solución digestiva, y solución de lisis. Dichas concentraciones se expresan en la siguiente tabla (1);

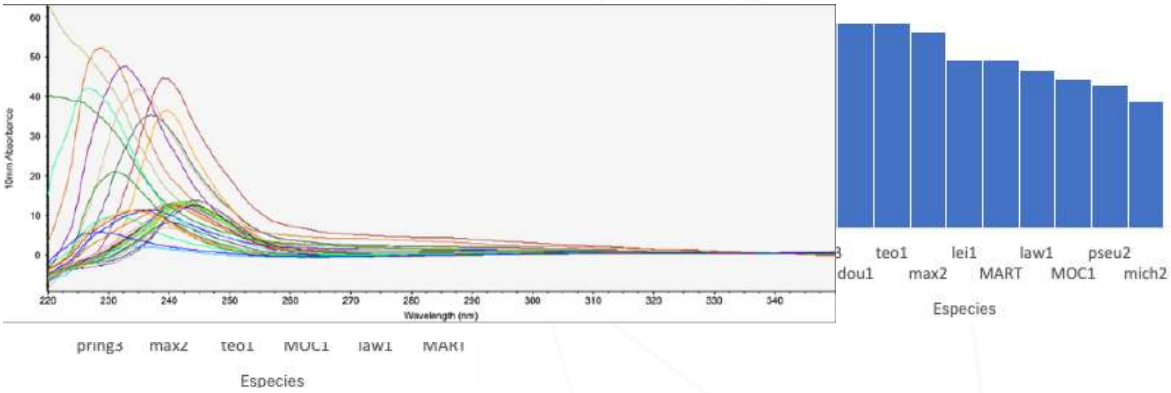
Solución buffer lisis	Elaborada a base de reactivos faciles de conseguir como lo son jabón de uso doméstico, sal de mesa, y Bicarbonato de sodio.
Solución de lavado	Elaborado con Agua destilada y una preparación de alcoholes.
Solución digestiva	Ealaborado a apartir de acetona y agua destilada.

Tabla 1. *Soluciones utilizadas en este protocolo de extracción de ADN.*

La muestra obtenida se preparó para la extracción; para ello colocamos 2 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, y agregamos 50 ml de solución de lavado, y la dejamos en agitación constante por 8 min. El proceso se repitió para realizar 3 lavados, y un filtrado entre lavados, hasta notar una disminución en el color del líquido filtrado y reservar la parte sólida. Una vez que la muestra ha pasado por una serie de lavados, se depositó la muestra, del papel filtro, en otro vaso de precipitados de 250ml para agregar 50 ml de solución digestiva hasta que la mezcla llegue a una temperatura de 80 +/- 5°C. Una vez llegando a la temperatura antes mencionada dejamos reposar por 10 min y posteriormente realizamos un filtrado . por ultimo recuperamos el sólido contenido en el papel filtro y lo guardamos para el siguiente paso, la lisis. Para realizar la extracción de ADN agregamos el contenido total del papel filtro a un matraz Erlenmeyer de 250ml y adicionamos 20 ml de solución buffer de lisis previamente calentado a 65°C, posteriormente agregamos 2ml de E.D.T.A PH 8.1 y agitamos vigorosamente de 2 a 3 veces para dejarla en total reposo por 15 min. Después, realizamos un filtrado y recuperamos la solución acuosa (extracto de madera). A continuación,en un microtubo depositamos 500µl del extracto de madera y añadimos 400µl de solución de NaCl 5M para mezclar ligeramente e integrar las fases. Mas adelante agregamos 500µl de la mezcla y 1ml de alcohol isopropílico, dejamos precipitar por un periodo de 20 min (se recomienda precipitar a 4°C para un mejor resultado). Una vez

transcurrido el tiempo de reacción, realizamos la extracción de las fibras de Cromatina, para ello, con ayuda de una micropipeta extraemos 40µl de la pastilla que se ha formado, de en medio de las tres fases (entre la fase acuosa y la fase alcohólica).

RESULTADOS. Se probaron 2 tipos de agentes precipitantes y se reformulo el buffer de lisis. Para extraer ácidos nucleicos de las 11 especies, se usó el protocolo **RUIZTECMA** con algunas modificaciones.



CONCLUSIONES. De acuerdo a los resultados obtenidos hasta ahora en este proyecto de investigación podemos concluir de manera preliminar que es posible extraer Ác. Nucleicos con buena calidad para realizar procedimientos de biologia molecular (PCR, Secuenciación y electroforesis) a partir de madera de pino con una antigüedad en promedio de entre 35 a 45 años. Sin embargo, se sugiere realizar mas procedimientos de purificación y seguir probando algunas regiones o marcadores moleculares para las diferentes especies.

REFERENCIAS.

1. Ahmed, I., Ahmed, I., Islam, M. J., Islam, M. J., Arshad, W., Mannan, A., Ahmad, W., & Mirza, B. (2010). High-quality plant DNA extraction for PCR: an easy approach. Journal of Applied Genetics, 50, 105–107. https://doi.org/10.1007/BF03195661
2. Chase, M. W., Soltis, D. E., Olmstead, R. G., Morgan, D., Les, D. H., Mishler, B. D., Duvall, M. R., Price, R. A., Hills, H. G., Qiu, Y.-L., Kron, K. A., Rettig, J. H., Conti, E., Palmer, J. D., Manhart, J. R., Sytsma, K. J., Michaels, H. J., Kress, W. J., Karol, K. G., … Wimpee, C. F. (1993). Phylogenetics of Seed Plants: An Analysis of Nucleotide Sequences from the Plastid Gene rbcL Author(s). In Source: Annals of the Missouri Botanical Garden (Vol. 80, Issue 3).
3. Hernandez Ramos, J., García Magaña, J. J., Hernández Ramos, A., García Cuevas, X., García Espinoza, G. G., Muñoz Flores, H. J., & Sáenz Reyes, J. T. (2018). Allometric height-diameter equations for Pinus pseudostrobus Lindl. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 5(13), 15–23. https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1131
4. Hershey, B. A. D., & Chase, M. (1953). I N D E P E N D E N T FUNCTIONS OF VIRAL P R O T E I N AND NUCLEIC ACID I N GROWTH OF BACTERIOPHAGE*. http://rupress.org/jgp/article-pdf/36/1/39/1240738/39.pdf
5. Rachmayanti, Y., Leinemann, L., Gailing, O., & Finkeldey, R. (2009). DNA from processed and unprocessed wood: Factors influencing the isolation success. Forensic Science International: Genetics, 3(3), 185–192. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2009.01.002
6. Remigio, E. A., & Hebert, P. D. N. (2003). Testing the utility of partial COI sequences for phylogenetic estimates of gastropod relationships. Molecular Phylogenetics and Evolution, 29(3), 641–647. https://doi.org/10.1016/S1055-7903(03)00140-4
7. Sayre, A. (2000). Rosalind Franklin and dna. WW Norton & Company.
8. Springer, T. E. T., Heidelberg, B., York, N., Budapest, B., London, H. K., Paris, M., & Clara, S. (1995). Springer Series in Wood Science.
9. Watson, J. D. (2000). La doble hélice : relato personal del descubrimento de la estructura del ADN. Alianza Editorial.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624104

FACTORES QUE INTERFIEREN EN LA EXTRACCIÓN DE ADN DE MADERA DE PINUS ENDEMICOS DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Leonardo Hernández Gutiérrez[1], María Fernanda Barbosa Alcántar[2], Edgar Manuel Ruíz Pimentel[3], Abril Munro Rojas[4], Pablo López Albarrán[5]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1701464g@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011070k@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0674471x@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Abril.munro@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; plopez@umich.mx

Palabras Clave: ADN, Identificación Pinos, Extracción ADN.

RESUMEN. La extracción de ADN a partir de madera de pinos endémicos de Michoacán es un proceso clave para la investigación genética y la conservación de estas especies. Sin embargo, la calidad del ADN puede verse afectada por múltiples factores, como el estado de conservación de la madera, la contaminación por microorganismos, los compuestos químicos presentes en las especies de pinos, y los métodos de extracción utilizados. Para garantizar la obtención de ADN de alta calidad es necesario controlar cuidadosamente cada uno de estos factores. En este proyecto se abordan los principales desafíos en la extracción de ADN de madera de pinos, bajo algunas recomendaciones para optimizar los protocolos de extracción.

INTRODUCCIÓN. La biodiversidad de pinos en el estado de Michoacán incluye varias especies endémicas que desempeñan un papel crucial en los ecosistemas forestales de la región. Estas especies son fundamentales para la estabilidad ecológica y la economía local. Sin embargo, su conservación está amenazada por factores como la deforestación, el cambio de uso de suelo y el cambio climático (Shepherd & McLay, 2011). El estudio genético de estas especies es vital para comprender su diversidad y desarrollar estrategias de conservación efectivas. La extracción de ADN es el primer paso para realizar estudios genéticos ya que proporciona la información necesaria para analizar la estructura genética de las poblaciones, identificar variaciones genéticas y estudiar las adaptaciones de los pinos a diferentes condiciones ambientales (Heikrujam, Kishor, & Mazumder, 2020) (RBC Bioscience Corp. et al., 2016). Por lo tanto, es crucial controlar factores como la calidad de la muestra, el método de extracción y las condiciones de almacenamiento para asegurar que el ADN extraído sea adecuado para estudios genéticos posteriores. En este proyecto, se analizan los principales factores que afectan la extracción de ADN de madera de pinos endémicos de Michoacán.

ANTECEDENTES. En la madera de pino de manera estructural se encuentran compuestos secundarios como los polifenoles, que actúan como antioxidantes pero que también inhiben los procesos de extracción y análisis de ADN (Heikrujam et al., 2020). La presencia de estos compuestos en la madera complica la extracción, ya que pueden interferir con la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), impidiendo la amplificación adecuada del ADN y causan

la degradación de este durante el almacenamiento a largo plazo (Ivanova et al., 2008). Además, las especies leñosas como los pinos contienen grandes cantidades de lignina y polisacáridos, que también interfieren con los métodos tradicionales de extracción (Heikrujam et al., 2020). La extracción de ADN de plantas, especialmente de madera, ha requerido la modificación de protocolos tradicionales, así como el desarrollo de nuevos. El método RUIZTECMA, desarrollado originalmente para tejidos leñosos, se ha modificado ampliamente para lidiar con los desafíos únicos que presentan este tipo de tejidos (Heikrujam et al., 2020). Estos ajustes incluyen el uso de agentes reductores y quelantes como la Polivinilpirrolidona (PVP) y Carbón activado 0.5 M, que ayudan a neutralizar los efectos inhibidores de los polifenoles y otros compuestos secundarios (Heikrujam et al., 2020). Otro de los retos importantes en la extracción eficaz del ADN de madera, es la seguridad al trabajar con agentes de purificación del material genético. El fenol y el cloroformo, por ejemplo, son utilizados en la purificación del ADN para eliminar proteínas y otros contaminantes. El fenol desnaturaliza proteínas, mientras que el cloroformo separa fases, dejando el ADN en la fase acuosa. No obstante, ambos compuestos son altamente tóxicos y corrosivos, lo que los convierte en riesgos para la salud y requieren un manejo riguroso (RBC Bioscience Corp. et al., 2016). La exposición al fenol puede causar quemaduras químicas, irritación en la piel y daño respiratorio, mientras que el cloroformo es conocido por sus efectos carcinógenos y por causar afecciones al sistema nervioso (RBC Bioscience Corp. et al., 2016). El carbón activado también se suele utilizar en la purificación de ADN como un adsorbente para eliminar los polifenoles y compuestos secundarios. Su uso es particularmente relevante en especies como los pinos que contienen altos niveles de estas sustancias. Motivo por el cual es una alternativa más económica y segura que otros métodos tradicionales, como el uso de fenol-cloroformo (Padhy et al., 2015). Durante los lavados por centrifugación, el carbón activado se une a los polifenoles y otros contaminantes los cuales se sedimentan en el fondo del tubo o quedan atrapados en las membranas de las columnas de extracción de ADN junto con los restos celulares. El ADN es recuperado sin los inhibidores que podrían interferir con las reacciones de amplificación (Padhy et al., 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Selección de la muestra: Se seleccionan muestras de madera bien conservadas, evitando aquellas que presenten signos de deterioro o contaminación. La madera fresca es preferible, ya que el ADN de muestras antiguas tiende a estar más degradado (Shepherd & McLay, 2011). **Pulverización y lavados:** La muestra de madera se pulveriza para aumentar la superficie de contacto con los reactivos. La muestra pulverizada se sometió 3 lavados con la intención de retirar el mayor número de componentes químicos de la pared celular, esto es importante debido a que representan una interferencia para obtener los Ác. Nucleicos. **Digestión**: La muestra pretratada por los lavados, se somete a una digestión en una solución de acetona y agua destilada durante 30 minutos a una temperatura de 60-75 °C sin agitación, con el objetivo de arrastrar como último paso las ultimas partículas de contaminantes químicos. **Lisis celular:** La muestra pretratada y digerida se lleva a lisis en 20 ml de un buffer de lisis, se agita hasta crear espuma y se deja actuar por 20 minutos. Para posteriormente filtrar en tubo de ensaye y se recupera el buffer de lisis que contiene el material genético extraído. **Precipitación:** Es importante agregar el isopropanol por las paredes del microtubo y de forma lenta para evitar que se mezcle con la muestra. Transcurridos por lo menos 30 minutos a una temperatura de -20 °C se podrá observar una trifase en el microtubo la cual concentra el material genético precipitado en la fase central.

Realizar el proceso por triplicado. **Purificación:** en esta etapa es importante mencionar que uno de los principales factores a considerar es la correcta eliminación de contaminantes como lo son (fenoles, polifenoles, celulosas y ligninas) por mencionar algunos, sin embargo, esto dependerá de la concentración de los reactivos utilizados para precipitar. **Cuantificación y evaluación de la calidad del ADN:** El pellet de ADN extraído y purificado se re suspende en 35 µl de agua desionizada y se evalúa por espectrofotometría utilizando Thermo Fisher Scientific Nanodrop, midiendo las relaciones de absorbancia A260/A280 y A260/A230 para determinar su pureza y concentración.

RESULTADOS. La adición de PVP al buffer de lisis y el uso de carbón activado en el proceso de purificación mostraron resultados favorables en espectrometría con niveles de absorbancia A260/A280 y A260/A230 en niveles óptimos.

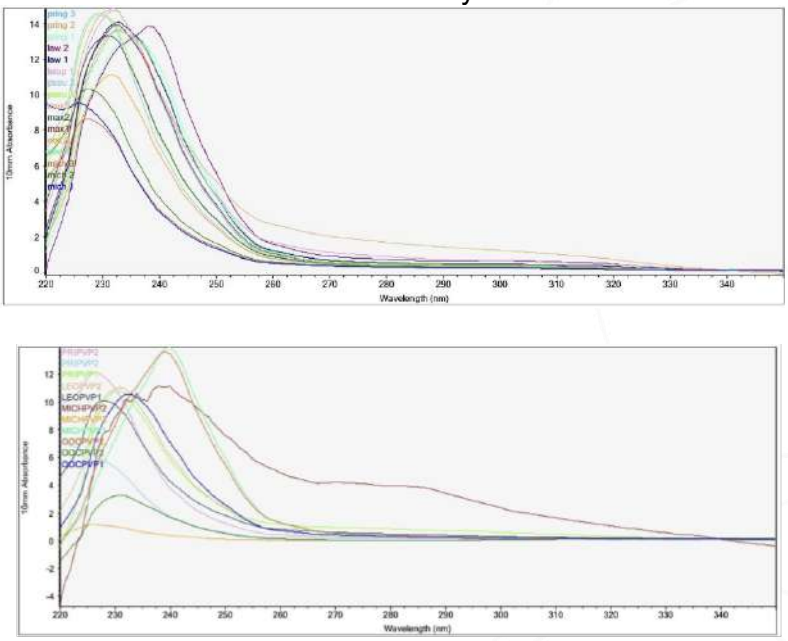


Figura SEQ Figura_ * ARABIC 2 Grafico de resultados obtenidos con los agentes precipitantes Carbón activado 0.5 M

CONCLUSIONES. La extracción de ADN de la madera de pinos endémicos de Michoacán es un proceso complejo que está influenciado por múltiples factores incluyendo:
La calidad de la muestra
La presencia de contaminantes
Los métodos de extracción empleados
Para obtener ADN de alta calidad, es crucial controlar estos factores y ajustar los protocolos de extracción a las características específicas de las especies estudiadas. La utilización de métodos como el protocolo RUIZTECMA modificado, en el cual se incluyen agentes precipitantes como el PVP y el carbón activado, ha demostrado ser efectiva para superar los desafíos planteados por los compuestos inhibidores presentes en la madera.

REFERENCIAS.

1. Shepherd, L. D., & McLay, T. G. (2011). Two micro-scale protocols for the isolation of DNA from polysaccharide-rich plant tissue. Journal of Plant Research, 124(2), 311–315. https://doi.org/10.1007/s10265-010-0379-5
2. RBC Bioscience Corp., Jiang, P.-S., Su, Y.-T., Wu, K.-C., Cho, H.-J., Kuo, W.-H., Lin, Y.-J., Li, Y.-L., & Kuan, C.-C. (2016). Reactivos, agentes caotrópicos, kits y métodos para aislar ácidos nucleicos basados en materiales de celulosa magnéticos (Patente Española No. ES 2 574 129 T3). Oficina Española de Patentes y Marcas.
3. Heikrujam, J., Kishor, R., & Mazumder, P. B. (2020). The chemistry behind plant DNA isolation protocols. En Biochemical Analysis Tools - Methods for Bio- Molecules Studies (pp. 1-12). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.92206
4. Ivanova, N. V., Fazekas, A. J., & Hebert, P. D. N. (2008). Semi-automated, membrane-based protocol for DNA isolation from plants. Plant Molecular Biology Reporter, 26(2), 186-198. https://doi.org/10.1007/s11105-008-0029-4
5. Biotools B&M Labs, S.A. (2015). Speedtools Tissue DNA Extraction Kit: Instrucciones de uso. Edición 07. Recuperado de: https://www.biotools.eu
6. Padhy, B., Panigrahi, K. C. S., Behera, S. S., & Mishra, R. R. (2015). Activated charcoal-mediated RNA extraction method for Azadirachta indica and plants highly rich in polyphenolics, polysaccharides, and other complex secondary compounds. BMC Research Notes, 8, 45. https://doi.org/10.1186/s13104-015- 0984-7
7. Vasanthakumar, K., Das, R., Giri, S. S., & Sen, S. (2015). A rapid and economical method for efficient DNA extraction from diverse soils suitable for metagenomic applications. PLOS ONE, 10(7), e0132441. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132441

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624105

ANÁLISIS DEL IMPACTO DE ASTEROIDES EN EL TERRITORIO MEXICANO: AVANCES EN SIMULACIONES NUMÉRICAS

Raúl Gutierrez Zalapa[1], Ernesto Aguilar Rodríguez[1], Mario Rodríguez Martínez2 y Joaquín Estevez Delgado[3]

1 Instituto de Geofísica Unidad Michoacán. Universidad Nacional Autónoma de México; raulgz@igeofisica.unam.mx , ernesto@igeofisica.unam.mx

2 Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia. Universidad Nacional Autónoma de México; mrodriguez@enesmorelia.unam.mx

3 Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; joaquin@fismat.umich.mx

Palabras Clave: Objetos cercanos a la Tierra, Modelo numérico, Impactos con México.

RESUMEN. La investigación sobre objetos cercanos a la Tierra (NEOs, por sus siglas en inglés) es un tema relevante en las Ciencias Espaciales. Muchas investigaciones se enfocan en comprender cómo la Tierra podría verse afectada por la colisión con estos cuerpos. El estudio de estos objetos puede dividirse en tres etapas: a) determinar la trayectoria u órbita para prever una posible colisión con la Tierra, b) analizar cómo la atmósfera interactúa con el asteroide al ingresar en ella, y c) identificar el lugar de impacto, los materiales expulsados, y la energía cinética liberada en el impacto, entre otros aspectos. Este trabajo presenta un análisis cuantitativo del escenario de colisión potencial de un NEO con la Tierra, describiendo las simulaciones realizadas. Con parámetros fijos como el tamaño del NEO, su densidad, la composición del sitio de impacto, la velocidad de entrada, y el ángulo de incidencia, se puede estimar preliminarmente el tipo de materiales expulsados, la velocidad final del impacto, la energía liberada en la colisión, e incluso la posibilidad de generar un sismo y su magnitud. Las simulaciones fueron desarrolladas y modificadas en Python, y las pruebas se realizaron en el servidor del Laboratorio de Ciencias GeoEspaciales (LACIGE, www.lacige.unam.mx).

INTRODUCCIÓN. El análisis de los objetos cercanos a la Tierra es esencial para una mejor comprensión del entorno espacial que rodea a nuestro planeta. Este tipo de estudios permite no solo identificar posibles amenazas que podrían representar un peligro, sino también apreciar los fenómenos que enriquecen nuestro conocimiento sobre el espacio cercano. En las últimas décadas, esta área de investigación ha cobrado mayor relevancia dentro de la comunidad científica, debido a la necesidad de prever riesgos asociados a posibles impactos futuros. Los cuerpos celestes como asteroides y cometas que han colisionado con la Tierra han jugado un papel clave en la evolución tanto biológica como geológica del planeta. Estos eventos han dejado una huella significativa, marcando puntos de inflexión en nuestra historia. El impacto del asteroide de Chicxulub, ocurrido hace aproximadamente 65 millones de años, es un claro ejemplo de ello, al ser vinculado con la extinción masiva del límite Cretácico-Paleógeno (Álvarez et al., 1980), un evento que alteró dramáticamente la biodiversidad del planeta. De manera similar, el impacto ocurrido en Siberia en 1908 y el más reciente en Cheliábinsk en 2013 han servido para enfatizar la necesidad de monitorear estos objetos y evaluar sus efectos potenciales en la Tierra (Brown et al., 2013). La investigación en este campo no solo amplía nuestro conocimiento del

sistema solar, sino que también tiene implicaciones directas para la protección de la vida en nuestro planeta.

ANTECEDENTES. La interacción entre la Tierra y cuerpos celestes ha sido un factor determinante en la evolución geológica y biológica del planeta. A lo largo de la historia, los impactos de asteroides y cometas han ocasionado cambios significativos tanto en la superficie terrestre como en los ecosistemas. El impacto del asteroide de Chicxulub, que ocurrió hace unos 65 millones de años, es uno de los eventos más estudiados debido a su relación con la extinción masiva del límite Cretácico-Paleógeno, que eliminó a una gran parte de la biodiversidad terrestre, incluidas la mayoría de las especies de dinosaurios. Este evento permitió la diversificación y posterior dominancia de los mamíferos y otros grupos biológicos sobre el planeta (Schulte et al., 2010). A lo largo del siglo XX y principios del XXI, otros eventos han resaltado la importancia de monitorear y estudiar los objetos cercanos a la Tierra (NEOs, por sus siglas en inglés). El evento de Tunguska, que tuvo lugar en Siberia en 1908, liberó una cantidad masiva de energía que devastó un área de más de 2,000 kilómetros cuadrados. De manera más reciente, en 2013, la explosión del meteoro sobre Cheliábinsk, Rusia, fue un recordatorio de que incluso objetos relativamente pequeños pueden causar daños significativos. El evento de Cheliábinsk liberó una energía equivalente a aproximadamente 440 kilotones, causando daños materiales y miles de heridos debido a la onda expansiva generada (Popova et al., 2013). La importancia de estos eventos ha impulsado la creación de programas dedicados a la detección y monitoreo de NEOs, como el programa de la Agencia Espacial Europea y el Centro de Estudios de Objetos Cercanos a la Tierra de la NASA. La investigación en este campo es esencial para prever y mitigar posibles amenazas a la Tierra, ya que una colisión con un NEO de tamaño considerable podría tener consecuencias devastadoras a nivel global Bland & Artemieva (2003). Por tanto, se requiere un enfoque interdisciplinario que combine observación astronómica, modelado de trayectorias y estudios de impacto para abordar esta problemática.

OBJETIVO. Los objetivos de este estudio son analizar las implicaciones físicas y sociales derivadas de un posible impacto de asteroide en territorio mexicano. Para ello, se describirán los parámetros físicos utilizados en el modelo computacional, así como su aplicación en un escenario representativo de dicho evento. Los resultados obtenidos se presentarán mediante gráficas que permitan visualizar y comprender de forma detallada los efectos físicos asociados al impacto.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para llevar a cabo el análisis de las implicaciones físicas y geológicas de un posible impacto de asteroide en territorio mexicano, se empleó un modelo computacional que simula los efectos del impacto. Inicialmente, se definieron los parámetros físicos relevantes, como la velocidad, el ángulo de entrada, la densidad y el tamaño del asteroide, así como las características del terreno en la región seleccionada. Estos parámetros fueron ingresados en el código, diseñado para simular la propagación de la onda de choque, el cráter generado y las consecuencias geológicas del impacto Collins et al. (2004). El modelo se aplicó a un caso representativo que refleja las condiciones más probables de impacto para un asteroide de tamaño medio. Los resultados se obtuvieron a través de simulaciones computacionales y se representaron en forma de gráficas que ilustran las variables físicas más relevantes, tales como la distribución de energía, el tamaño del cráter y los daños asociados. Estos datos permitieron una evaluación cuantitativa de los efectos del impacto en términos físicos y geológicos.

RESULTADOS. A continuación, presentamos un análisis de las implicaciones físicas que tendría el impacto del NEO 29075 (1950 DA) si este objeto colisionara con territorio mexicano, tomando como referencia la ciudad de Morelia, Michoacán. Morelia se localiza a 19°46'06" N y 101°11'22" O, con una población de 911,960 habitantes y una superficie de 1,335.94 km² (INEGI, 2019). Según el mapa de densidades de Gutierrez-Zalapa et al. (2024), la densidad promedio en esta área es de 2,725 kg/m³. Para la simulación, se ha utilizado el modelo numérico sugerido por Gutierrez-Zalapa et al. (2024), se ha considerado el ángulo de impacto más probable desde un punto de vista matemático, que es de 45°. Aunado a lo anterior, los datos del NEO se muestran en la tabla siguiente:

Nombre del objeto	Probabilidad de impacto	Diámetro (m)	Energía (J)	Velocidad al entrar a la atmósfera (km/s)	Densidad (kgm^{-3})
29075 (1950 DA)	1.2×10^{-4}	1300	3.10×10^{20}	18.01	1680.96

Tabla 1: *Datos de impacto del NEO, obtenidos del SENTRY CNEOS NASA.*

Se ha establecido que los efectos térmicos se evaluarán a una distancia de 40 kilómetros del punto de impacto. Se han incorporado márgenes de error del 30% en la estimación total para cada escenario. A partir de estos parámetros, se han obtenido los siguientes resultados:

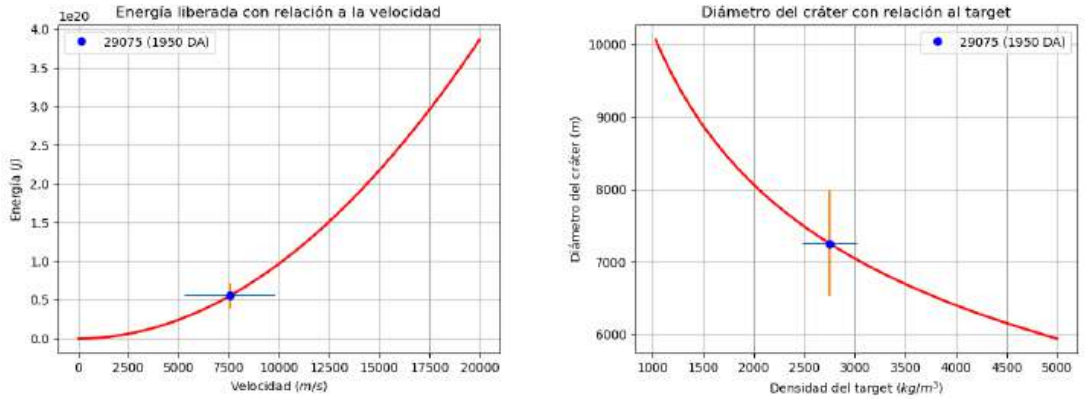


Figura 1: *Análisis gráfico del NEO 29075 (1950 DA). Energía liberada y diámetro del cráter*

El panel izquierdo de Fig. 1 muestra la curva de la energía del impacto en función de la velocidad de impacto. Donde se determinó que los valores de la velocidad y de la energía son 7558.7 $\mathrm{m/s}$ y $5.5\times10\text{^}19$ Joules respectivamente. Por otra parte, el panel de la derecha de esta misma figura muestra la gráfica de cómo cambia el diámetro en función de la densidad del "target" (Morelia) antes mencionado, el cual se estima en 7253.4 m.

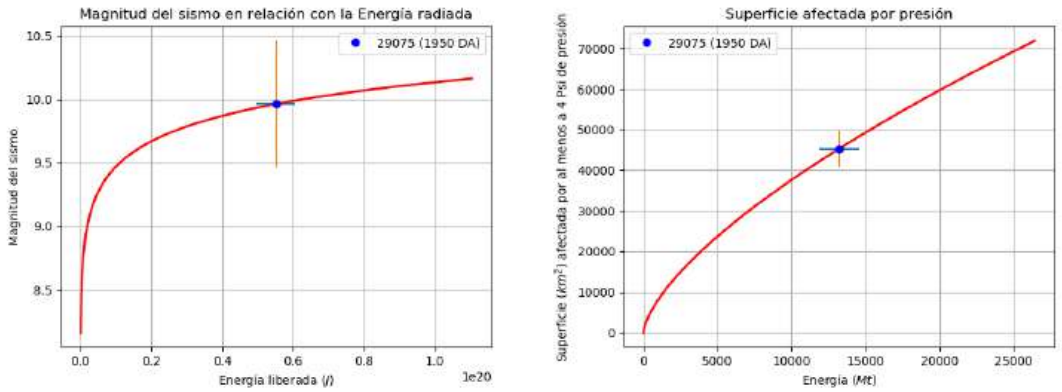


Figura 2: *Análisis gráfico del NEO 29075 (1950 DA). Magnitud del sismo y superficie afectada*

El panel derecho de la Fig. 2 nos muestra la Curva asociada a la magnitud del sismo en función de la energía, donde obtuvimos una magnitud del sismo que sería de 9:9, magnitud y energía que es consistente con el comportamiento sugerido por Hanks & Kanamori (1979) para esa liberación de energía, sólo como dato adicional la magnitud de este sismo superaría a la de más alto registro en la historia, que se produjo el 22 de Mayo de 1960 en la ciudad de Valdivia, Chile. Mientras que en el panel derecho obtenemos el comportamiento de la superficie afectada (en kilómetros cuadrados) en función con la energía liberada (en Megatones), de donde obtuvimos que la superficie dañada a al menos 4 Psi es de 45,299.35 km2 o sea, el 77% del total de la superficie del estado de Michoacán (58599 km2 fuente: INEGI (2019)) percibiría al menos una presión de aproximadamente 27579 Pa esto significa que las construcciones de madera inmersas en esta superficie colapsarían por completo. Estas mediciones son también consistentes con los datos obtenidos por Glasstone & Dolan (1977) para el rango de energía liberado.

CONCLUSIONES. En este estudio, hemos llevado a cabo un análisis detallado de un posible impacto de asteroide en territorio mexicano, integrando factores específicos del área y empleando una malla computacional desarrollada en el LACIGE. Esta malla proporciona una representación detallada y precisa de la densidad superficial del país, lo cual es crucial para simular de manera realista los efectos del impacto. Se incorporaron nuevas ecuaciones en el código de simulación para mejorar la precisión y robustez del modelo. Estas actualizaciones permitieron obtener resultados significativos sobre los efectos físicos del impacto, que incluyen la estimación del tamaño del cráter, la distribución de la energía liberada y las consecuencias geológicas asociadas. Los resultados generados a partir de estas simulaciones son consistentes con los datos y hallazgos reportados en estudios previos, confirmando la validez y la relevancia de nuestro modelo. Este análisis no solo contribuye a una mejor comprensión de los posibles efectos de un impacto en la región, sino que también refuerza la importancia de utilizar modelos computacionales avanzados y datos específicos del territorio para evaluar riesgos potenciales de manera más precisa. Las implicaciones de estos resultados son fundamentales para la planificación y la implementación de estrategias de mitigación ante posibles amenazas de impacto en México.

REFERENCIAS.

8. Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., and Michel H. V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. Science 208:1095–1108.
9. Bland, P. A., & Artemieva, N. A. (2003). The rate of large impact cratering on the Earth. Nature, 423(6936), 280-283. https://doi.org/10.1038/nature01664
10. Brown, P. G., Assink, J. D., Astiz, L., Blaauw, R., Boslough, M. B., Borovička, J., ... & Krzeminski, Z. (2013). A 500-kiloton airburst over Chelyabinsk and an enhanced hazard from small impactors. Nature, 503(7475), 238-241.
11. Collins, G. S., Melosh, H. J., & Marcus, R. A. (2004). A model for the formation of complex craters on Earth and Mars. Journal of Geophysical Research: Planets, 109(E6).
12. https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/
13. Glasstone, S. (1977). The Effects of Nuclear Weapons. United States Department of Defense and the Energy Research and Development Administration.
14. Gutierrez-Zalapa, R., Rodríguez-Martínez, M., Aguilar-Rodríguez, E., & Estevez-Delgado, J. (2024). Modeling the impact of asteroids over Mexican territory. Revista Mexicana de Física, 70(1 Jan-Feb), 010701-1.
15. https://www.inegi.org.mx/
16. Hanks, T. C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 84(B5), 2348-2350.
17. Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., ... & Willumsen, P. S. (2010). The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. Science, 327(5970), 1214-1218.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624107

IDENTIFICACIÓN DE VOUACAPANOS BENZOILADOS POR ANÁLISIS DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Hilda J. Pagaza-Ibarra[1], Odessa Magallón-Chávez[2], Armando Talavera-Alemán[3], Gabriela Rodríguez-García[4], Mario A Gómez-Hurtado[5], Rosa E. del Río[6]

1 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; 1800325g@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; 1028379x@umich.mx

3 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; armando.talavera@umich.mx

4 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; gabriela.rodriguez@umich.mx

5 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; mario.gomez@umich.mx

6 Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, UMSNH; norma.del.rio@umich.mx

Palabras Clave: Resonancia Magnética Nuclear, vouacapano, elucidación estructural.

RESUMEN. La espectroscopia por resonancia magnética nuclear (RMN) es una técnica analítica utilizada para determinar la estructura molecular. Esta técnica es una de las más poderosas para la elucidación estructural de compuestos desconocidos, siendo de particular relevancia en la investigación de productos naturales, ya que puede ser complementada con otras técnicas permitiendo una elucidación estructural completa. Poinciana pulcherrima, es una especie ampliamente utilizada en la medicina tradicional como agente antiulceroso, antiasmático, antitumoral y antiinflamatorios entre otras. Este tipo de actividades le son atribuidas debido a la riqueza de compuestos químicos que presenta, siendo de particular relevancia la presencia de diterpenos de tipo vouacapanos. Es importante señalar que estos compuestos presentan diferentes ésteres en su estructura, los cuales pueden encontrarse en las posiciones C-6 y/o C-7. Desde el punto de vista farmacológico, es importante determinar la posición de los sustituyentes ya que esto puede ayudar a predecir y modificar posibles actividades biológicas. Por lo anterior, en el presente trabajo se realizó el estudio por RMN de 1H para la diferenciación de vouacapanos benzoilados como el 6β-benzoiloxi-5α-hidroxivouacapano (1), el 6β-benzoiloxi-5α,7β-dihidroxivouacapano (2) y el ácido 6β,7β-dibenzoiloxi-5α-hidroxivouacapan-18β-oico (3) aislados de la raíz de P. pulcherrima (Fig. 1).

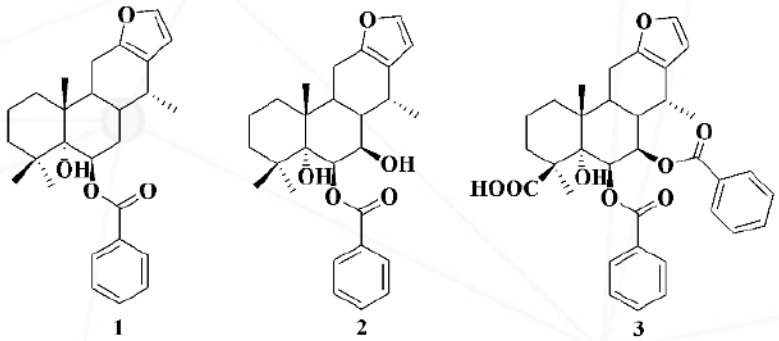


Figura 1. *Vouacapanos benzoilados aislados de P. pulcherrima*

INTRODUCCIÓN. La fitoquímica es la disciplina científica que tiene como objeto de estudio la obtención de los metabolitos secundarios presentes en las plantas, a través de la extracción, aislamiento, purificación y elucidación de su estructura química. Así mismo, se encarga de la determinación de la actividad biológica, de la evaluación cuali-cuantitativa, del metabolismo (biosíntesis y degradación) y la distribución natural de estos compuestos (Sánchez y Figueroa, 2022). La espectroscopia por Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es la herramienta analítica rutinaria más poderosa para la elucidación e identificación estructural de compuestos desconocidos, debido a que su uso en conjunto con otras técnicas analíticas complementarias permite la elucidación inequívoca de la estructura de los productos naturales (Richard et al., 2013; Kinghorn et al., 2019).

ANTECEDENTES. Poinciana pulcherrima comúnmente conocida como San Agustín, es una especie de la familia Fabaceae que es utilizada en la medicina tradicional como purgante, para aliviar infecciones fúngicas, para inducir el aborto, en el tratamiento de bronquitis, asma, disminución en la fiebre y desinflamación del hígado (Erharuyi et al., 2016; Pullaiah, 2006). Gran parte de estas actividades biológicas son atribuidas a la presencia de diterpenos de tipo vouacapanos, los cuales son encontrados únicamente dentro de la familia Fabaceae. En estudios previos de los extractos de cloroformo y diclorometano de la raíz de P. pulcherrima aislaron trece vouacapanos, de los cuales seis presentaron actividad citotóxica significativa contra células MCF-7, HeLa y PC-3 y actividad antiinflamatoria (Erharuyi et al., 2016; Yodsaoue et al., 2011). En ocasiones la presencia de diferentes ésteres en las posiciones C-6 y/o C-7 del esqueleto pueden conferirles actividades importantes a estos derivados.

OBJETIVO. Aislar los derivados benzoilados del extracto de acetona de la raíz de Poinciana pulcherrima. Caracterizar los derivados mediante RMN. Realizar el estudio comparativo de los desplazamientos químicos de los derivados.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las raíces de la especie Poinciana pulcherrima fueron colectadas en el rancho El Bonete en La Huacana, Michoacán. Las raíces fueron secadas y cortadas en trozos pequeños, posteriormente se colocaron en reflujo con acetona por 4 horas, tras lo cual se filtró y evaporó el disolvente en rotavapor para la obtención del extracto. El extracto fue sometido a cromatografía en columna con gel de sílice como fase estacionaria y mezclas de hexanos-AcOEt en polaridad ascendente como fase móvil. El seguimiento de la separación se realizó por medio de cromatografía TLC y los compuestos aislados fueron enviados para su análisis por Resonancia Magnética Nuclear. Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear de 1H a 400 MHz se determinaron en el espectrómetro Varian Mercury Plus 400 utilizando como disolvente cloroformo deuterado (CDCl3) y tetrametilsilano (TMS) como referencia interna. Los espectros fueron procesados mediante el programa MestReNova.

RESULTADOS. Mediante separación cromatográfica en columna se aislaron 3 compuestos. En la polaridad 19:1 hexanos-AcOEt se aislaron 362 mg del vouacapano **1** en forma de cristales incoloros con p.f. de 155-157 ºC. Siguiendo con la purificación en 9:1 se obtuvieron 1.12 g de **2** en cristales transparentes con p.f. de 115-117°C y en las fracciones obtenidas con la polaridad 3:2 se recuperaron 226 mg de **3** en forma de cristales con p.f. de 165-167°C. Los compuestos obtenidos fueron analizados por RMN de ^{1}H y sus datos espectroscópicos se presentan en la **tabla 1**.

El espectro de RMN de ^{1}H de **1** mostró las señales características de un grupo benzoilo, en 8.04 ppm una señal doble con *J*=7.2 Hz de los protones H-3' y H-7', y dos señales dobles de dobles con *J*=7.2 Hz de H-4', H-6' y H-5', respectivamente. Además, en 5.54 ppm presentó una señal triple con $J_{6e,7e}$ = 3.0 Hz correspondiente al protón base de benzoilo H-6 y tres señales múltiples en 2.52, 2.45 y 1.55 de los protones H-7a, H-7b y H-14.

Por su parte, el espectro de RMN de ^{1}H de **2** mostró las mismas señales del benzoilo y la señal del protón base de benzoilo H-6 se desplazó hacia 5.80 ppm como una señal doble con $J_{6e,7a}$ = 4.1 Hz, así mismo se observó un desplazamiento de H-7, ahora base de hidroxilo que presentó una señal doble de dobles con $J_{7a,8a}$=11.0 y $J_{7a,6e}$=4.1 Hz y en 3.02 ppm una señal múltiple de H-14.

Por último, el espectro de **3** presentó en la región de 7.76 a 7.28 ppm dos grupos de señales características de grupos benzoilo, en 6.04 una señal doble con $J_{6e,7e}$=3.7 Hz del protón base del benzoilo H-6 y en 5.76 se presentó el desplazamiento del protón H-7 que se volvió base de éster dando una señal doble de dobles con $J_{7a,8a}$=11.0 y $J_{7a,6e}$= 3.7 Hz.

HIDRÓGENO	δH en ppm (mult. y *J* en Hz)		
	1	**2**	**3**
H-6	5.54 (1H, t, $J_{6e,7e}$ = 3.0 Hz)	5.80 (1H, d, $J_{6e,7a}$ = 4.1 Hz)	6.04 (1H, d, $J_{6e,7e}$ = 3.7 Hz, H-6)
H-7	2.52 (1H, m, H-7a) 1.55 (1H, m, H-7b)	4.42 (1H, dd, $J_{7a,8a}$ =11.0 y $J_{7a,6e}$ = 4.1 Hz)	5.76 (1H, dd, $J_{7a,8a}$ = 11.0 y $J_{7a,6e}$ = 3.7 Hz)
H-8	2.00 (1H, m)	2.02 (1H, m)	2.48 (1H, m)
H-14	2.45 (1H, m)	3.02 (1H, m)	2.86 (1H, dc, *J* = 6.8 Hz)
H-3', H-7'	8.04 (2H, d, *J* = 7.2 Hz)	8.05 ppm (2H, d, *J* = 7.5 Hz)	7.76 (2H, d, *J* = 7.4 Hz)
H-4', H-6'	7.45 (2H, dd, *J* = 7.2 Hz)	7.45 (2H, dd, *J* = 7.5 Hz)	7.28 (2H, dd, *J* = 7.4 Hz)
H-5'	7.57 (1H, dd, *J* = 7.2 Hz)	7.57 (1H, dd, *J* = 7.5 Hz)	7.51 (1H, dd, *J* = 7.4 Hz)
H-3'', H-7''	-	-	7.79 (2H, d, *J* = 7.4 Hz
H-5''	-	-	7.48 (1H, dd, *J* = 7.4)
H-4'', H-6''	-	-	7.36 (2H, dd, *J* = 7.4 Hz)

Tabla 1. *Desplazamiento químico de RMN ^{1}H de los derivados benzoilados*

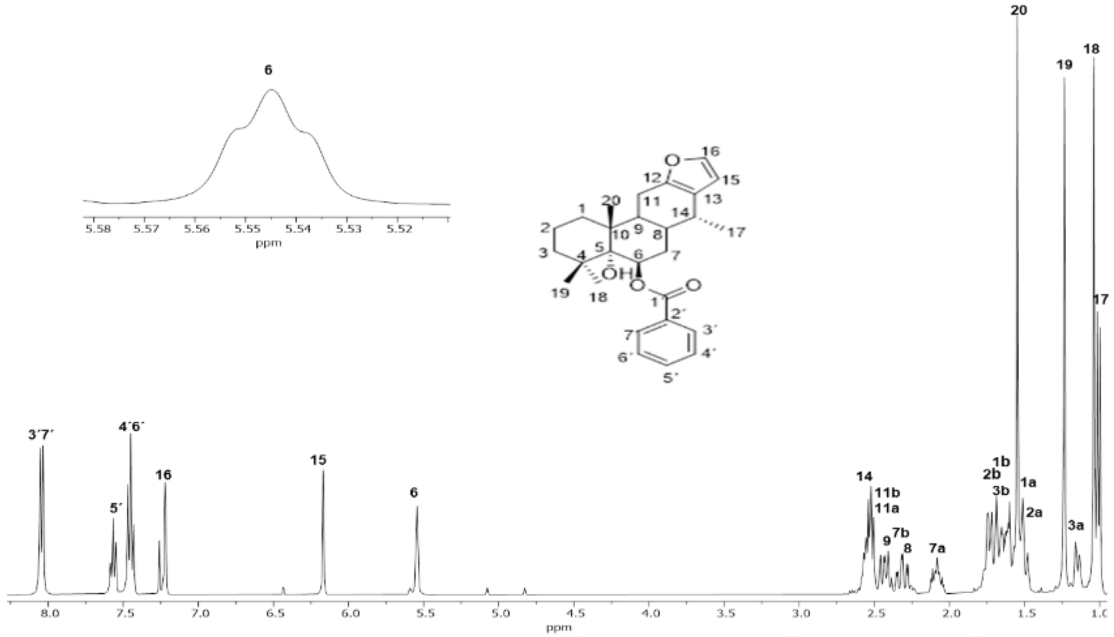


Figura 2. *Espectro de RMN de ^{1}H del 6β-benzoiloxi-5α-hidroxivouacapano (**1**)*

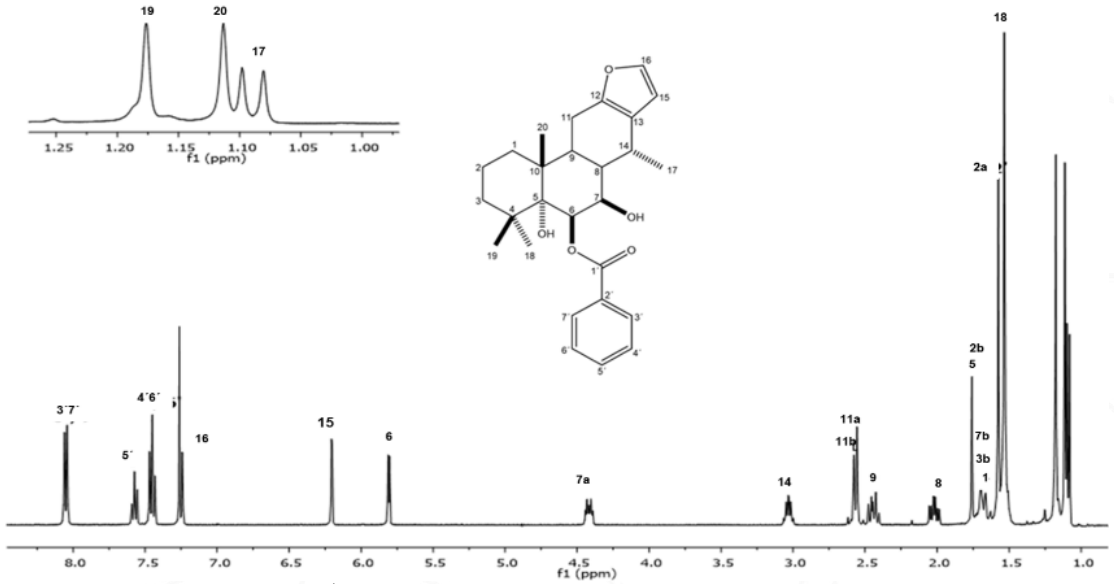


Figura 3. *Espectro de RMN de ^{1}H del 6β-benzoiloxi-5α,7β-dihidroxivouacapano (**2**)*

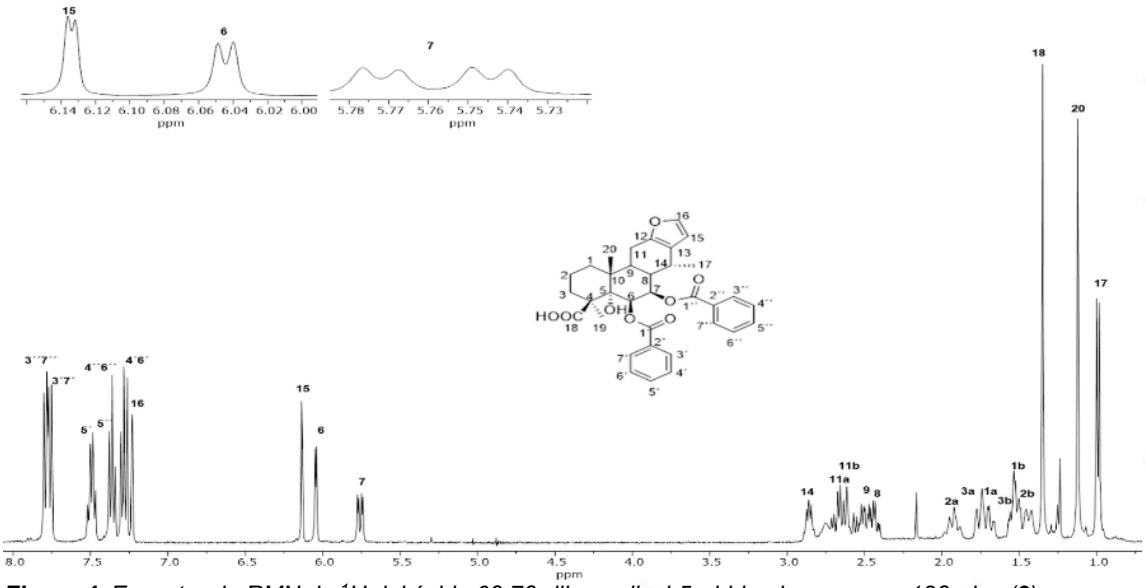


Figura 4. *Espectro de RMN de [1]H del ácido 6β,7β-dibenzoiloxi-5α-hidroxivouacapan-18β-oico (**3**)*

Todos los datos espectroscópicos fueron comparados con la literatura y mostraron concordancia con lo reportado, corroborando así el aislamiento del 6*β*-benzoiloxi-5*α*-hidroxivouacapano (**1**), el 6*β*-benzoiloxi-5*α*,7*β*-dihidroxivouacapano (**2**) y el ácido 6*β*,7*β*-dibenzoiloxi-5*α*-hidroxivouacapan-18*β*-oico (**3**). Estos compuestos presentan reportes de actividades citotóxicas moderada, antiinflamatoria y antimicrobiano (Ragasa *et al*., 2002; Promsawan *et al*, 2003).

CONCLUSIONES. En el presente estudio fue corroborada la utilidad de la resonancia magnética nuclear para la elucidación estructural de productos naturales, ya que a través del análisis de los desplazamientos químicos y las constantes de acoplamiento fue posible realizar la asignación posicional de los grupos funcionales de los derivados benzoilados 1, 2 y 3 aislados de las raíces de P. pulcherrima.

REFERENCIAS.

1. Erharuyi, O., Adhikari, A., Falodun, A., Jabeen, A., Imad, R., Ammad, M., Gören, N. (2016). Cytotoxic, anti-inflammatory, and leishmanicidal activities of diterpenes isolated from the roots of Caesalpinia pulcherrima. Planta Medica, 83, 104–110.
2. Kinghorn, A., Falk, H., Gibbons, S., Kobayashi, J., Asakawa, Y., y Liu, J. (2019). In Nuclear Magnetic Resonance in the Structural Elucidation of Natural Products. Progress in the Chemistry of Organic Natural Products. ISBN 978-3-319-05274-8.
3. Promsawan, N.; Kittakoop, P.; Boonphong, S.; Nongkunsam, P. (2003). Antitubercular cassane furanoditerpenoids from the roots of Caesalpinia pulcherrima. Planta Medica, 69, 776-777
4. Pullaiah, T. (2006). Encyclopedia of World Medicinal Plants. New Delhi: Regency publications, Vol. 1, 1680.
5. Ragasa, C. Y.; Hofileña, J. G.; Rideout, J. A. (2002). New furanoid diterpenes from Caesalpinia pulcherrima. Journal of Natural Products, 65 (8), 1107-1110.
6. Richard, T., Temsamani, H., Cantos-Villar, E., y Monti, J. (2013). Application of LC–MS and LC–NMR Techniques for Secondary Metabolite Identification. En Advances in Botanical Research, 67-98.
7. Sánchez y García Figueroa, F.L. (2022). Fitoquímicos y metabolismo secundario, en Fitoquímica. UNAM, México, 12-16. ISBN: 978-607-30-6019-6.
8. Yodsaoue, O, Karalai, C, Ponglimanont, C, Tewtrakul, S, Chantrapromma, S. (2011). Pulcherrins D-R, potential anti-inflammatory diterpenoids from the roots of Caesalpinia pulcherrima. Tetrahedron, 67, 6838–6846.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624108

CAMBIOS MORFO-FUNCIONALES DE Augochloropsis metallica COMO INDICADORES DE ESTRÉS AMBIENTAL A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL VOLCÁN DE TEQUILA, JALISCO

Humberto Ruíz Castañeda[1], Marcela Sofía Vaca Sánchez[2], Yurixhi Maldonado López[3], Ken Oyama[4], Pablo Cuevas Reyes[1]

1 Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

2 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM. msvaca.sanchez@gmail.com

3 Cátedras CONACYT-Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
yurixhimaldonado@gmail.com

4 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, UNAM. kenoyama@enesmorelia.unam.mx

Palabras Clave: Gradiente Altitudinal, Bioindicador, Morfología.

RESUMEN. Las zonas montañosas representan entornos hostiles para los insectos, debido a cambios en los factores abióticos (e.g. temperatura, precipitación); así como la disponibilidad de recursos alimenticios; siendo filtros ambientales para los insectos que pueden influir en su expresión fenotípica. En particular, las abejas nativas, son altamente susceptibles a cambios ambientales a lo largo en gradientes altitudinales, como la alta velocidad del viento y las bajas temperaturas, afectando algunos rasgos morfológicos como el tamaño del cuerpo y las alas, afectando la capacidad de buscar recursos alimentarios. El objetivo del presente estudio fue determinar los cambios morfo-funcionales de Augochloropsis metallica a lo largo de un gradiente altitudinal en el Volcán de Tequila, Jalisco, México. Se establecieron puntos de colecta cada 100 m a lo largo del gradiente, en donde en cada punto se ubicaron dos transectos de 50 mts de largo por 3 m de ancho, en los cuales, se colocaron 3 juegos de trampas Pitfall por transecto, así como la colecta manual de la especie con la ayuda de una red entomológica, esto para la obtención de los datos necesarios para la posterior construcción de los análisis de morfometría geometríca. Encontramos diferencias significativas en la forma de las alas de las abejas, siendo más angostas en las altitudes mayores en relación a las bajas altitudes, así como la reducción en el tamaño del cuerpo a medida que va aumentando la altura sobre el gradiente, siendo un indicador de estrés ambiental en A. metallica. Los resultados de este estudio demuestran que los cambios en las condiciones locales climáticas a lo largo del gradiente altitudinal tienen un impacto significativo en las características físicas de A. metallica. Por lo que resaltamos la importancia de la morfometría geométrica como una herramienta para el monitoreo de estrés ambiental en insectos polinizadores.

INTRODUCCIÓN. En los ecosistemas terrestres, las regiones montañosas se caracterizan por presentar variaciones climáticas debido a los cambios de altitud, lo que potencialmente causa estrés fisiológico en algunos organismos. (Fernandes y Price 1991; Vitasse et al. 2021). Por tanto, los gradientes altitudinales evidencian su importancia como filtros ambientales que moldean las respuestas evolutivas, ecológicas y morfo-funcionales de los

organismos, resultado de la variación de los factores ambientales y sus efectos en la disponibilidad de recursos. En este sentido, las montañas representan gradientes ambientales con entornos únicos, ocupan el 25% de la superficie terrestre y albergan un tercio de la diversidad de plantas, por lo tanto, representan "experimentaciones naturales" para detectar los impactos de los cambios globales e identificar los patrones de diversidad formando parte el volcán de Tequila, Jalisco, el cual a su vez, forma parte del Eje Volcánico Transversal en México (Fernandes et al. 2016). Uno de los factores de mayor importancia son las variables del clima, el cual, es un reflejo de la altitud y la latitud; jugando un papel importante en la distribución de plantas y animales en el mundo. Las variables climáticas y las condiciones meteorológicas son de extrema relevancia para los insectos, especialmente porque su capacidad de regular la temperatura corporal está determinada por la temperatura ambiental. La mayor diversidad y abundancia de las abejas se ha registrado en las zonas templadas-cálidas y regiones xéricas del mundo y su presencia es limitada en altitudes elevadas (Michener, 2000).

ANTECEDENTES. Por lo tanto, los factores ambientales pueden provocar cambios en el fenotipo de los individuos, el cual se define como la manifestación visible del genotipo en un determinado ambiente, es decir, que es la apariencia física y la constitución, o manifestación específica de un determinado rasgo (Dawkins, 2020), al alterar rasgos fisiológicos, morfológicos, y de comportamiento; las cuales son un efectos a ante cambios ambientales como temperatura, radiación, humedad se debe a la plasticidad fenotípica de los organismos (Via y Lande, 1985; Gianoli, 2004). La morfología de las alas de insectos es ampliamente utilizada en estudios ecológicos, debido a su relevancia como atributo funcional el cual influyen en la capacidad de vuelo, desempeño y búsqueda de alimentos, así como su alta plasticidad en el tamaño y la forma (Moreno, 2019). Las abejas, pertenecen al Orden Hymenoptera siendo un grupo diverso con alrededor de 20,000 especies, donde rasgos de tamaño corporal que pueden aumentar o disminuir la resiliencia a cambio ambientales. Particularmente las abejas de la tribu Halictini (Hymenoptera, Apidae), se distribuyen en el Neotrópico y en las zonas de transición, siendo abejas nativas (Dressler, 1982; Dec, et. al. 2019) las cuales, tienen una gran actividad de polinización, siendo el género Augochloropsis uno de los géneros de dicha tribu de abejas que más polinizan a diferentes tipos de plantas con flores, desde herbáceas, hasta cactáceas.

OBJETIVO. El objetivo de este estudio fue determinar los cambios morfo-funcionales y de Augochloropsis metallica a lo largo de un gradiente altitudinal en el Volcán de Tequila, Jalisco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para determinar los cambios de los aspectos morfo-funcionales de las abejas nativas asociados al gradiente altitudinal se establecerán puntos de colecta cada 100 m a lo largo del gradiente. En cada punto de colecta se ubicarán dos transectos de 50 mts de largo por 3 m de ancho, en los cuales, se colocarán 3 juegos de trampas por transecto para la colecta de abejas. Las trampas consisten en recipientes plásticos de color azul, amarillo y blanco con al menos 3 cm de sustancia jabonosa inodora e incolora, la cual tiene la propiedad de romper la tensión superficial, provocando la muerte de las abejas (Gollan et al. 2011). Las trampas permanecerán activas durante 48 hrs, posteriormente las abejas capturadas serán colocadas en frasco con alcohol al 70% para su posterior identificación. Adicionalmente se realizarán colectas manuales de abejas con la ayuda de una red entomológica durante 20 min al poner y quitar las trampas. Para

analizar si existe variación morfológica de las abejas a lo largo del gradiente altitudinal se utilizarán las abejas colectadas, a las cuales se les medirá la longitud total del cuerpo (del clípeo al último segmento del abdomen), largo de las alas y el área alar. Para llevar a cabo este objetivo se obtendrán imágenes digitales de las abejas capturadas y se aplicaron técnicas de morfometría geométrica, utilizando el programa MorphoJ.
Las alas de cada individuo se separarán suavemente del tórax utilizando unas pinzas y se colocarán en un portaobjetos. Se tomará una imagen digital de cada ala muestreada para medir la distancia de 11 venas del ala usando el programa ImageJ (p. ej., Cuevas-Reyes et al. 2018b). A partir de estos datos se elaboraron diferentes ANOVAs para la determinación de los porcentajes, anchos, largos de las partes morfológicas de los individuos en donde posteriormente se graficaron.

RESULTADOS. Los resultados de este estudio demuestran que los cambios en las condiciones locales climáticas a lo largo del gradiente altitudinal tienen un impacto significativo en las características físicas de *A. metallica.* A lo largo del gradiente altitudinal se pudo encontrar que las abejas de *A. metallica* sufren modificaciones en el tamaño y área de las alas superiores (Fig. 1A), encontrándose las alas con mayor área en las altitudes bajas, en contraste con las altitudes altas y medias en donde al área de las alas es menor. Así mismo, lo largo del gradiente se encontraron diferencias significativas en el área del ala inferior de *A. metallica* siendo correspondiente las alas de mayor área a las zonas bajas, y las de menor área a las zonas altas (Fig. 1B).

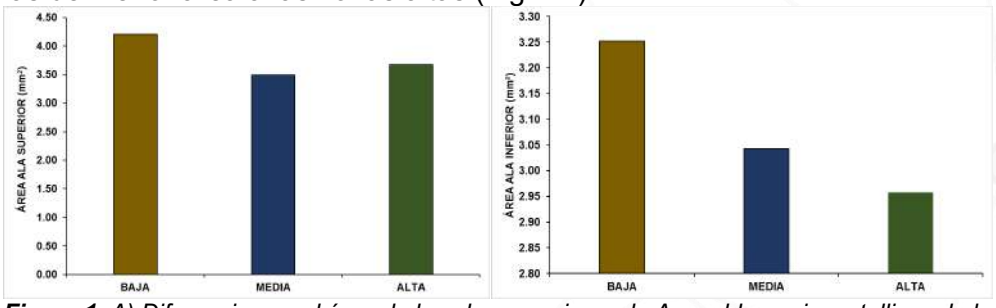


Figura 1. *A) Diferencias en el área de las alas superiores de Augochloropsis metallica a lo largo de las diferentes zonas del gradiente altitudinal. B) Diferencias en el área de las alas superiores de Augochloropsis metallica a lo largo de las diferentes zonas del gradiente altitudinal.*

A lo largo del gradiente altitudinal se encontraron diferencias significativas en el ancho de las cabezas de las abejas de *A. metallica,* siendo más anchas en las altitudes altas, y con menor anchura en las altitudes bajas (Fig. 2).

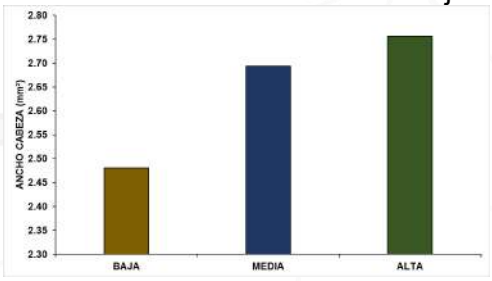


Figura 2. *Diferencias en el ancho de las cabezas de A. mettalica a lo largo de las diferentes zonas del gradiente altitudinal en el volcán de Tequila, Jalisco.*

Cabe resaltar que los individuos de la especie *Augochloropsis metallica* con mayor largo corporal fueron los que se encontraron en las zonas bajas a través del gradiente altitudinal, en contraste con las de menor largo corporal, que se encontraron en las zonas altas en el gradiente (Fig.3).

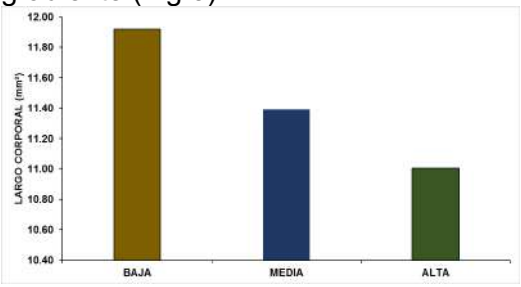


Figura 3. *Diferencias en el largo corporal de A. mettalica a lo largo de las diferentes zonas del gradiente altitudinal en el volcán de Tequila, Jalisco.*

CONCLUSIONES. Los resultados de este estudio demuestran que los cambios en las condiciones locales climáticas a lo largo del gradiente altitudinal tienen un impacto significativo en las características físicas de A. metallica. Dentro de las tres zonas de altitud a través del gradiente se encontró una mayor frecuencia de tamaño en el cuerpo y de las alas superiores e inferiores de los individuos de en las zonas bajas del volcán. Esto coincide con las condiciones climáticas las cuales son más cálidas en estas zonas. Esto indica a su vez una relación entre las venaciones y musculatura de las alas con la disponibilidad de recurso (vegetación) así como el éxito de forrajeo las cuales tiene mayor presencia y diversidad en las zonas cálidas. Por lo que resaltamos la importancia de la morfometría geométrica como una herramienta para el monitoreo de estrés ambiental en insectos polinizadores.

REFERENCIAS.

1. Cuevas-Reyes P, Canché-Delgado A, Maldonado-López Y, Fernandes GW, Oyama K, González-Rodríguez A (2018) Patrones de herbívoro y morfología foliar en dos complejos de encino híbrido mexicano: importancia de la asimetría fluctuante como Indicador de estrés ambiental en plantas híbridas. Eco Indic 90:164–170. https:// doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.009
2. Dawkins, R. (2020). El fenotipo extendido: el largo alcance del gen. CAPITÁN SWING LIBROS.
3. Dec, E., & dos Santos, I. A. (2019). Species distribution of Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) at an altitudinal gradient in Northern Santa Catarina. Sociobiology, 66(4), 568-574.
4. Dressler RL (1982). Biology of the orchid bees (Euglossini). Annu. Rev. Ecol. Syst. 13: 373-394.
5. Fernandes GW, Price PW (1991) Comparisons of tropical and temperate galling species richness: the roles of environmental harshness and plant nutrient status. In: Price PW, Lewinsohn TM, Fernandes GW, Benson WW (eds) Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions, 1st edn. John Wiley & Sons, New York, pp 91–115
6. Fernandes GW, Almeida HA, Nunes CA, Xavier JHA, Cobb NS, Carneiro MA, Cornelissen T, Neves FS, Ribeiro SP, Nunes YR, Pires AC (2016) Cerrado to rupestrian grasslands: patterns of species distribution and the forces shaping them along an altitudinal gradient. In: Fernandes GW (ed) Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil, 1st edn. Springer Nature, Switzerland, pp 345–377. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29808-5_15
7. Gianoli, E. (2004). Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Fisiología Ecológica en plantas. Mecanismos y Respuestas a Estrés en los ecosistemas, 13-25.
8. Gollan, J. R., Ashcroft, M. B., & Batley, M. (2011). Comparison of yellow and white pan traps in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). Australian Journal of Entomology, 50(2), 174-178.
9. Michener, D. (2000). Bees of the world. The Johns Hopkins University Press.
10. Moreno, A. (2019). Cuantificando la variación de las formas: aplicaciones de la morfometría geométrica alar de Lepidoptera (Insecta). Anartia, 28, 7-17.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624109

EFECTOS DE LA FRAGMENTACIÓN DE LAS MONTAÑAS EN LA DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS TERRESTRES: UNA COMPARACIÓN A GRAN ESCALA MÉXICO-BRASIL

Icauri Sofía Prieto Dueñas[1], Marcílio Fagundes[2], Marcela Sofía Vaca Sánchez[3], Ken Oyama[3], Yurixhi Maldonado López[4], Pablo Cuevas Reyes[1]

1 Facultad de biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; icauriprieto@gmail.com; pcragalla@gmail.com

UNIMONTES, Minas Gerais, Brasil. Marcilio.fagundes@gmail.com

3 ENES, Unidad Morelia. UNAM. Msvaca.sanchez@gmail.com; kenoyama@enesmorelia.unam.mx

4 CONAHCYT-Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

yurixhimaldonado@gmail.com

Palabras Clave: Fragmentación, Montañas, Coleópteros.

RESUMEN. Las zonas de montaña son de los principales biomas del mundo, ocupan alrededor del 25% del área terrestre del planeta. En México, las zonas de montaña están representados por bosques templados como los bosques de encinos y en Brasil por bosques tropicales como el cerrado de altitud, además son zonas de endemismos y alta biodiversidad. Particularmente, los escarabajos son el grupo de insectos más diverso del planeta, siendo buenos bioindicadores debido a su conocida taxonomía y su fácil colecta. A pesar de la importancia de las zonas de montaña, estas se ven fuertemente amenazadas por actividades antropogénicas como la fragmentación, la deforestación y la urbanización. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar los cambios en la diversidad de coleópteros terrestres en zonas de montañas fragmentadas y conservadas en México y en Brasil. Para este estudio se seleccionaron dos montañas conservadas y dos montañas fragmentadas en cada país, en cada una se colocaron 4 transectos de 50 metros, en temporada de lluvias respectivamente en cada país. Posteriormente, los coleópteros fueron identificados al menor nivel taxonómico posible con ayuda de expertos y claves dicotómicas especializadas en cada país. En México se colectaron un total de 2439 individuos mientras que en Brasil se colectaron un total de 519. Para el caso de ambos países encontramos que la mayor riqueza y abundancia de coleópteros se encuentra en las zonas de montaña conservadas ya que en las zonas perturbadas, la diversidad de los mismos decrece, además el gremio de los saprófagos domina en México tanto para zonas conservadas como fragmentadas y en Brasil solo en las zonas conservadas mientras que en las zonas perturbadas domina el gremio de los coleópteros depredadores. Por lo que resaltamos la urgente necesidad de conservar las zonas de montaña, tanto en los bosques templados de México como en los bosques tropicales de Brasil.

INTRODUCCIÓN. Las zonas de montaña cubren el 25% de la superficie terrestre y albergan al 10% de la población mundial. Aproximadamente el 50% de la población mundial depende directamente de los recursos de las montañas, como el agua (Gret-Regamey et al. 2012). Estas áreas son ricas en biodiversidad y endemismos, y son cruciales para estudiar los efectos del cambio climático. En México, los bosques templados se encuentran principalmente en cadenas montañosas como la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre

del Sur. Estos bosques representan el 17% de la cobertura vegetal del país y están amenazados por la urbanización y la deforestación (Esperón-Rodríguez y Barradas, 2014). Aproximadamente el 40% de estos ecosistemas se ha perdido, afectando negativamente la biodiversidad. Los artrópodos, con sus múltiples funciones ecológicas, son especialmente importantes en estas zonas. Brasil tiene el 22% de su territorio cubierto por zonas de montaña, destacando la Cordillera Brasileña. Esta región es un "hotspot" de biodiversidad, especialmente de artrópodos, pero está amenazada por actividades humanas como la deforestación (Netto y Assis, 2015). La fragmentación y pérdida de hábitat de las zonas de montaña resultado del cambio de uso de suelo a agrosistemas, urbanización, pastoreo y deforestación potencialmente afectan la diversidad, distribución y redes tróficas de insectos (Swart, 2016) debido a los cambios ambientales y en la disponibilidad de recursos asociados a la fragmentación. Particularmente, los escarabajos (Coleoptera) son el grupo más diverso de los insectos (392,415 spp), donde el 20% son saprófitos (Zhang et al., 2018). Los coleópteros han sido utilizados como bioindicadores de múltiples tipos de alteraciones del hábitat debido a que son un grupo de organismos terrestres con una gran diversidad de especies, una alta sensibilidad ante cambios ambientales, tienen demandas de hábitat específicas y pueden ser colectados con relativa facilidad (Ghannem et al., 2018). Principalmente las familias Carabidae, Curculionidae y Staphylinidae se han utilizado para evaluar los efectos de los cambios ambientales provocados por cambio de uso de suelo, fragmentación y contaminación de los hábitats (Avgin y Luff, 2010).

OBJETIVO. Evaluar los cambios en la diversidad taxonómica y funcional de las comunidades de coleópteros terrestres en zonas de montaña conservadas y fragmentadas de México y Brasil.

OBJETIVOS PARTICULARES. Determinar los cambios en la diversidad taxonómica de las comunidades de coleópteros terrestres en zonas de montaña conservadas y fragmentadas de México y Brasil. Evaluar los cambios en las respuestas funcionales de las comunidades de coleópteros terrestres en zonas de montaña conservadas y fragmentadas de México y Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para este estudio se establecieron cuatro sitios de muestreo por país, dos conservados y dos fragmentados. En México, los sitios conservados corresponden al Volcán de Tequila, Jalisco y a Ichaqueo, Michoacán. Los sitios fragmentados seleccionados fueron Atécuaro y Umécuaro en el estado de Michoacán En el caso de Brasil, se seleccionaron un sitio conservado y uno fragmentado en la Serra de Santa Marta y otro sitio fragmentado y otro conservado fueron seleccionados en el Parque Caminho dos Gerais, ambos en el estado de Minas Gerais. Las colectas se realizaron en temporada de lluvias, en México se realizaron en los meses de agosto a octubre del año pasado y en Brasil se llevaron a cabo en los meses de diciembre del año pasado y enero del presente año. En cada uno de los sitios se colocaron cuatro transectos de 50x5m y se colocaron seis trampas tipo pitfall con 10m de distancia entre cada una. Se utilizó plátano fermentado como atrayente. Los individuos colectados se transportaron al laboratorio, se separaron y limpiaron para identificarlos taxonómicamente y obtener los valores de abundancia y riqueza. Posteriormente, los coleópteros obtenidos de las colectas fueron montados para su registro.

RESULTADOS. Respecto a la diversidad de coleópteros terrestres, encontramos un total de 2439 coleópteros terrestres en México y 519 en Brasil. Nuestros resultados muestran una mayor abundancia y riqueza de coleópteros terrestres para México en las zonas de montaña conservadas en comparación con las zonas de montaña fragmentadas (Fig.1a,b).

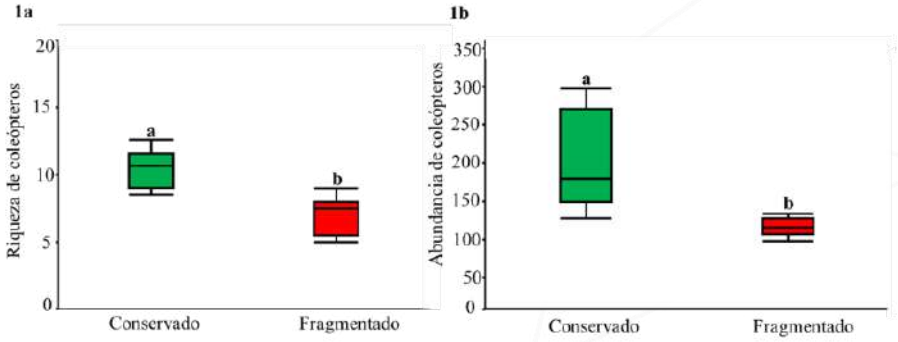


Figura 1.- *Boxplot de riqueza (1a) y abundancia (1b) de Coleópteros en zonas montañosas conservadas perturbadas en México*

El mismo patrón fue detectado para el caso de Brasil, encontramos mayor abundancia y riqueza de coleópteros terrestres en las zonas de montaña conservadas en comparación con las zonas fragmentadas (Fig.2a,b).

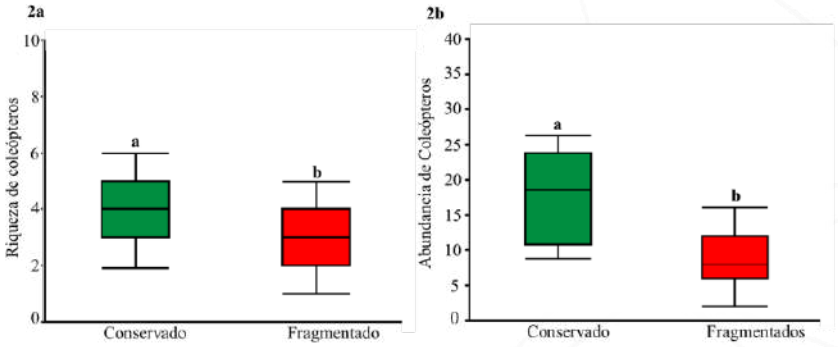


Figura 2.- *Boxplot de riqueza (1a) y abundancia (1b) de Coleópteros en zonas montañosas conservadas y perturbadas en Brasil*

En el caso de los gremios de los coleópteros, para el caso de México, el grupo de los saprófagos fue el que dominó tanto en zonas de montaña conservadas como perturbadas (Fig 3a,b).

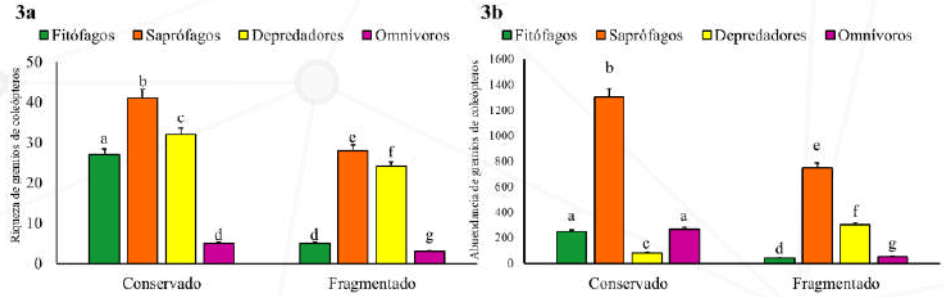


Figura 3. *Riqueza (3a) y abundancia (3b) de los gremios tróficos de los coleópteros presentes en las zonas de montaña conservadas y fragmentadas en México.*

Para el caso de Brasil, los depredadores fueron los que presentaron una mayor riqueza de especies para zonas de montaña conservadas y fragmentadas. Sin embargo, fue el gremio de los saprófagos el que presentó una mayor abundancia en zonas de montaña conservadas y fragmentadas (Fig 4a,b).

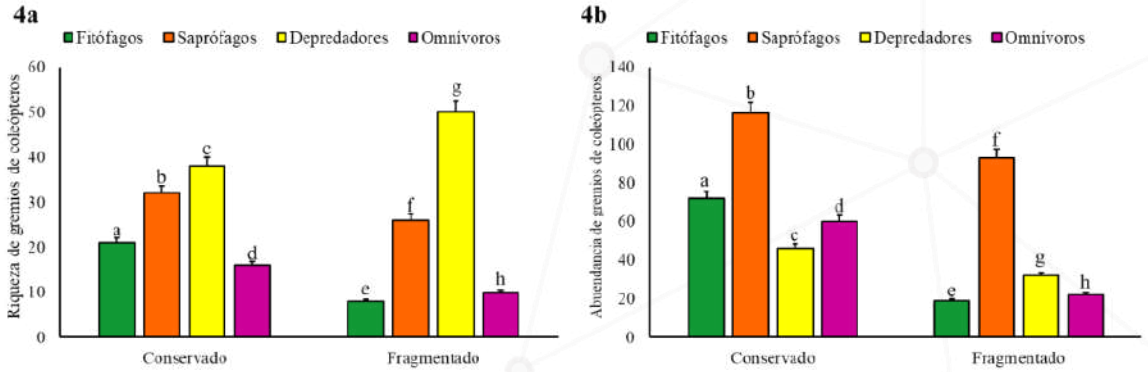


Figura 4. *Riqueza (4a) y abundancia (4b) de los gremios tróficos de los coleópteros presentes en las zonas de montaña conservadas y fragmentadas en Brasil.*

CONCLUSIONES. Encontramos un patrón de diversidad para ambos países, el cual demuestra una mayor diversidad de coleópteros en las zonas de montaña conservadas, lo cual puede deberse a la mayor cantidad de recursos disponibles para alimentación y refugio en comparación con los recursos disponibles en zonas de montaña fragmentadas. Por otro lado, en el caso de México, encontramos una mayor diversidad de coleópteros saprófagos en las zonas de montaña conservadas, lo cual puede deberse a que en ese tipo de sitios se presenta una mayor cantidad de recursos para que puedan cumplir sus funciones ecosistémicas. En el caso de Brasil, la riqueza de los gremios es mayor para el grupo de los depredadores, pero en abundancia dominó el grupo de los saprófagos, esto puede deberse a la cantidad de recurso disponible y a la estabilidad en las variables climáticas que existe en las zonas de montaña conservadas en comparación con las fragmentadas. Por lo tanto, resaltamos la importancia de conservar y manejar adecuadamente los recursos de las zonas de montañas templadas y tropicales.

REFERENCIAS.

1. Grêt-Regamey, A., Brunner, S. H., & Kienast, F. (2012). Mountain ecosystem services: who cares? MRD, 32-S1.
2. Esperón-Rodríguez, M., & Barradas, V. L. (2014). Potential vulnerability to climate change of four tree species from the central mountain region of Veracruz, Mexico. Clim Res, 60(2), 163-174.
3. Netto, A. L., and Assis, R. L. (2015). Public Policies for Sustainability in Mountain 777 Environments in Brazil. Rev. Prod. Desenvolv, 1, 1—14.
4. Swart, R. C. (2016). The effect of commercial forestry plantations and roads on southern Afrotemperate forest arthropod diversity (Doctoral dissertation, Stellenbosch:
5. Stellenbosch University).
6. Zhang, S. Q., Che, L. H., Li, Y., Liang, D., Pang, H., Ślipiński, A., and Zhang, P. (2018). Evolutionary history of Coleoptera revealed by extensive sampling of genes and species. Nat. Commun, 9(1), 205.
7. Ghannem, S., Touaylia, S., and Boumaiza, M. (2018). Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 24(2), 456-464.
8. Avgın, S.S., and Luff M.L. (2010). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators of human impact. Munis Entomol Zool, 5(1):209–15

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624110

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE UNA MATERIA PRIMA RECICLADA

David Ricardo Poiré de La Cruz[1], Francisco Gabriel Granados Martínez[1], Juan Luis Ignacio de La Cruz[1], Alhelí Hernández Pérez[1], Lada Domratcheva Lvova[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; lvova@umich.mx

Palabras Clave: Compósito, nanomateriales de carbono, reciclado.

RESUMEN. En la actualidad la demanda por la obtención de nuevos y mejores materiales compuestos se ha vuelto de suma importancia para la investigación y su desarrollo. Estos materiales compuestos reforzados con nanomateriales son atractivos debido a que presentan más y mejores propiedades que los materiales convencionales actuales. Hoy en día destacan los materiales reforzados con nanomateriales de carbono (CNMs) gracias a las propiedades que estos les transfieren (dureza, conductividad, etcétera). En el presente trabajo sintetizamos CNMs por deposición química de vapor usando unicel reciclado como precursor. Obtuvimos los compósitos (prístino y reforzado) de unicel con CNMs, los caracterizamos y realizamos un ensayo de microdureza Vickers, con la finalidad de comparar los resultados obtenidos. Las muestras sintetizadas se caracterizaron por microscopía electrónica de barrido, que determinó la morfología esférica de los nanomateriales de carbono formados, así como la distribución de estos dentro de la matriz polimérica de poliestireno. La espectroscopía de energía dispersa mostro un alto porcentaje de carbono en los compósitos formados. El espectro FTIR mostro que las bandas típicas de los CNMs se traslapan con las bandas del polímero, pero un incremento de la intensidad de los picos C-C (2315 cm-1) y CHx (2261 cm-1) en el material reforzado mostró la presencia de nanomateriales de carbono.

INTRODUCCIÓN. Hoy en día la alta demanda por la obtención de nuevos y mejores materiales compuestos se ha vuelto de gran importancia para la investigación y su desarrollo. Estos materiales compuestos que están reforzados con nanomateriales son muy atractivos debido a las mejores propiedades que estos presentan en comparación de los materiales actuales convencionales. Actualmente los materiales compuestos con nanomateriales de carbono (CNMs) destacan por las excelentes propiedades que estos pueden presentar y mejorar por ejemplo la falta de dureza en algunos materiales que son usados como matriz [1]. Existe una gran variedad de CNs de las cuales podemos destacar los Fullerenos, Grafito, Grafeno, nanotubos de carbono, nano y microesferas carbono (CSs) [2,3], dentro de estas estructuras podemos resaltar las CSs debido a las propiedades únicas que pueden presentar y sus diversas aplicaciones en diversos campos [4]. Particularmente presenta una gama de diferentes de morfologías como: sólidas, huecas o como cascara con núcleo [5]. También se pueden clasificar acorde a la orientación de sus capas que las conforman las CSs como se puede apreciar en la figura 1[6]. Comercialmente hay muchos métodos para obtener CNMs los cuales incluyen: ablación laser, descarga de arco eléctrico y deposición química de vapor (CVD), entre otras [7]. Esta ultima resalta de las otras por la versatilidad que presenta como: usar diferentes tipos de precursores, síntesis a presión

atmosférica, obtener diferentes estructuras, bajo costo a demás de ser un método para sintetizar CNMs [8]



Figura 1 *Diferentes orientaciones de las capas en CSs.*

Existe una amplia variedad de polímeros que han sido usados para fabricar compósitos los cuales incluyen poliamida 6 [9], poliestireno funcionalizado [10] y polimetil metacrilato [9]. Algunos métodos comunes para la fabricación de compositos poliméricos son: Mezcla de soluciones/ método de vaciado, proceso de fundición y de polimerización in situ. La mezcla de solución/ método de vaciado es ampliamente usado debido a que es relativamente sencilla en relación costo-beneficio [2,11].

OBJETIVO. El objetivo del presente trabajo sintetizar CNMs por CVD usando unicel reciclado como precursor, analizar estas estructuras por microscopía electrónica de barrido (MEB), espectroscopía de energía dispersa (EDS) y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) ya analizadas las muestras de CNMs, obtener dos compósitos (prístino y reforzado), que se analizaran mediante las técnicas ya mencionadas, además de realizarles un ensayo de micro dureza Vickers y comparar los resultados obtenidos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Iniciamos con nuestro precursor reciclado (unicel), se introduce a al reactor CVD (tubo de cuarzo+ catalizador metálico AISI 304+horno tubular) se usa una temperatura de 850 °C, 30 minutos de tiempo de síntesis y un flujo de 10 ml/min de un gas de arrastre (argón de alta pureza). Una vez sintetizados las CNMs se procede a hacer una mezcla para hacer el material compuesto (unicel 98.4 % + CNMs 1.6 % concentración peso) disueltos en un solvente (tolueno), se mete a un baño ultrasónico por 30 minutos, se vierte en una caja Petri dejando secar por aproximadamente 12 horas para finalmente desmoldar el compósito.

RESULTADOS. La muestra fue recolectada mecánicamente de la superficie del catalizador. El análisis MEB mostro una morfología de los CNMS sintetizadas, logrando encontrar nano y microesferas de carbono como estructura dominante (fig. 2).

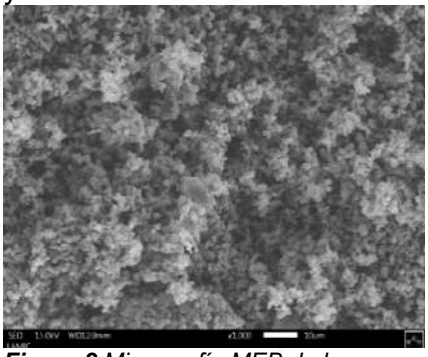


Figura 2 *Micrografía MEB de las nano y microesferas de carbono.*

El EDS mostró una cantidad atómica porcentual (peso) de las esferas de carbono. Se detectó la presencia de carbono (97.74 %), oxígeno ( ), cromo (0. 18%) y hierro (0.11 %). El espectro FTIR de las nano y microesferas de carbono obtenidas del unicel reciclado mostraron las bandas correspondientes; OH, CHx, C=O y C=C [13]. La presencia de estos grupos funcionales influye en las potenciales aplicaciones que pueden tener estas estructuras. Por otra parte, el compósito a una concentración de 1.6% presento en la micrografía que las CSs se encontraban dispersadas en la matriz polimérica, la superficie de esta presento una superficie porosa debido a la evaporación del solvente (Fig. 3)

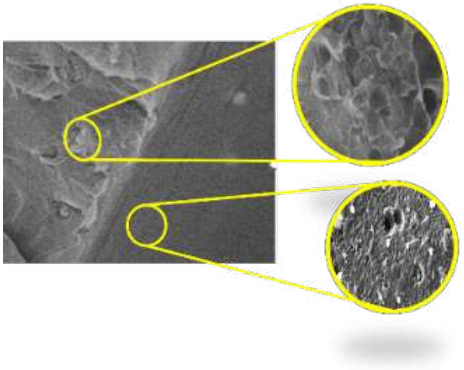


Figura 3 *Micrografía MEB del compósito a 1.6%.*

Como era de esperarse el análisis EDS presento una mayor concentración de carbono (98.11 %), una menor presencia de oxígeno (1.85%), cromo (0.0%) y hierro (0.04) como se puede observar en la Fig. 4.

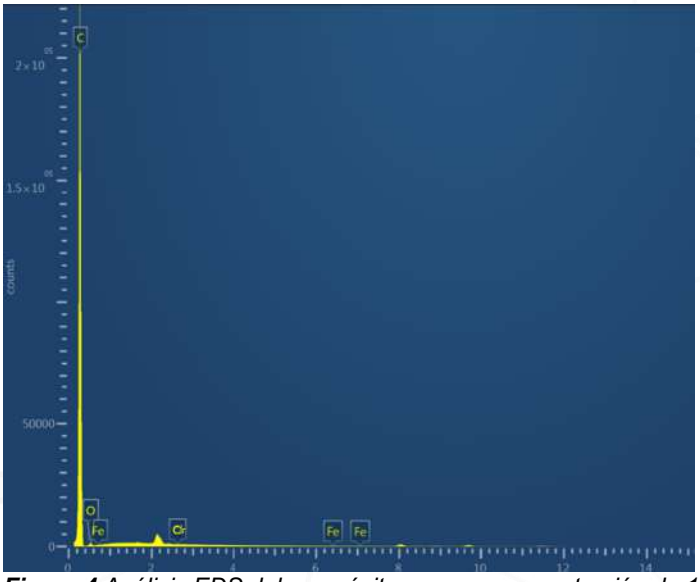


Figura 4 *Análisis EDS del compósito con una concentración de 1.6%.*

El espectro FTIR del compósito a 1.6% mostro un mínimo desplazamiento de la banda OH (3375 cm^{-1}), lo que indica una interacción entre la matriz polimérica y las CSs. Dos picos a 1601 y 1492 cm^{-1} son asignados al estiramiento del C=C aromático [13], así como el pico a 1582 cm^{-1} que corresponde al estiramiento del anillo bencénico del C=C [14]

Los ensayos de dureza demostraron que el refuerzo incrementó la dureza de los compositos, alcanzando un valor máximo de microdureza Vickers 1.4 veces mas alto que el pristino.

CONCLUSIONES. Se logró reforzar con CSs la matriz polimérica obtenida a partir de un precursor que alcanzó un valor 1.4 más alto que el polimero pristino, lo que demostró el potencial de refuerzo de este tipo de estructuras. El método utilizado para incorporar CSs en la matriz polimérica puede interferir significativamente en las propiedades finales del compósito. Es crucial conseguir una dispersión uniforme de los CSs para alcanzar una mejora significativa en la dureza del material compuesto. Esta incorporación puede ser sustentada por los análisis MEB y FTIR, la primera que mostró la ubicación de las CSs dentro de la matriz y el FTIR que confirma la presencia de estas.

REFERENCIAS.

1. Isaza Merino, C. A., Ledezma Sillas, J. E., Meza, J. M., & Herrera Ramirez, J. M. (2017). “Metal matrix composites reinforced with carbon nanotubes by an alternative technique”. Journal of Alloys and Compounds, 707, 257–263.
2. J.M. Ambriz-Torrez, C.J. Gutiérrez-García, D.L. García-Ruiz, et al, J. (2020) “Electrical conductivity and Vickers microhardness of composites synthesized from multiwalled carbon nanotubes and carbon spheres with poly(methyl methacrylate): a comparative study”. Journal of Material Science. Volume 31, pages 7411–7422
3. D.R. Poiré-de la Cruz, D.L. García-Ruiz, J.L. Ignacio-de la Cruz et al. (2022). “The use of Taguchi statistical tool for synthesis of carbon nanostructures by chemical vapor deposition from EPS”. MRS Advances. Volume7, pages 956–961, (2022)
4. P. Zhang, Z.-A Qiao, & S. Dai, Chem. Comm. (2015). “Recent advances in carbon nanospheres: synthetic routes and applications”. Chemical Communications, 51(45), 9246–9256.
5. D.R. Poiré-de la Cruz, F.G.Granados-Martínez, J.L. (2023). “Flow variation impact in the synthesis of carbon nanomaterials from polystyrene recycling”. MRS Advances. Volume 8, pages 1315–1318.
6. A. Deshmukh, S. D. Mhlanga, and N. J. Coville. (2010). “Carbon spheres”. Materials Science and Engineering R. 70. 1-28.
7. G. Maduraiveeran and W. Jin. Mat. Sci. Eng. B. (2021). “Carbon nanomaterials: Synthesis, properties and applications in electrochemical sensors and energy conversion systems”. Materials Science and Engineering: B, 272, 115341
8. J.L. Ignacio-de la Cruz, C.J. Gutiérrez-García, D.R. Poiré-de la Cruz et al. (2022). “Carbon nanomaterials synthesis by chemical vapor deposition from conifer exudate”. MRS Advances. Volume 7, pages 668–673.
9. J.J. Contreras-Navarrete, J. M. Ambriz-Torres, C. J. Gutiérrez-García, et al. (2018). “Electrical and mechanical properties enhancing of PMMA and PA6 by functionalized MWCNTs addition”. MRS Advances, 1–7.
10. F.G. Granados-Martínez, L. Domratcheva-Lvova, N. Flores-Ramírez et al., Mater. Res. (2017). “Composite Films from Polystyrene with Hydroxyl end Groups and Carbon Nanotubes”. Materials Research
11. J.M. Ambriz-Torrez, C.J. Gutiérrez-García, J.J. Contreras-Navarrete, et al, J. of E. Mat. (2019). “Synthesis and Characterization of Carbon Spheres/Poly(Methyl Methacrylate) Composites with Enhanced Electrical Conductivity and Vickers Microhardness”. Journal of Electronic Materials.
12. Gutiérrez-García, C. J., García-Ruiz, D. L., García-González, L., ... & Domratcheva-Lvova, L. (2019). "Synthesis of carbon spheres by atmospheric pressure chemical vapor deposition from a serial of aromatic hydrocarbon precursors". Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 112, 78-85
13. Ismail I., Abdullah, A. H., Abdul Arifin A. S., Ibrahim I. R., Shafiee F. N. Azis R. S. (2019). “Phase, morphological, and magnetic properties of iron oxide nanoparticles extracted from mill scale waste and its surface modification with CTAB surfactant”. Journal of the Australian Ceramic Society.
14. Al-Kadhemy, M. F. H., Abaas, W. H. and Fahker I. (2013). “The Effect of Gamma Radiation on the FTIR Spectrum of Crystal Violet Doped Polystyrene Films”. Caspian Journal of Applied Sciences Research. 2 (7), pp. 11-17.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624111

EFECTO DE LA ADICIÓN DE DISOLVENTES EUTÉCTICOS PROFUNDOS EN LA ALINEACIÓN DE NANOFIBRAS PARA SISTEMAS DE LIBERACIÓN FARMACOLÓGICA CON ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA

Andrés Ornelas Guillén[1], Betzabé González Campos[2], Alejandra Pérez Nava[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1343585k@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jbgonzalez@umich.mx
3Universidad Nacional Autónoma de México; alejandra.perez@iquimica.unam.mx

Palabras Clave: Electrospinning, nanofibras, biomateriales.

RESUMEN. En los últimos años, se ha explorado el uso de nanofibras como vehículos para la administración de fármacos en la lucha contra la resistencia bacteriana a los antibióticos. Aunque los nanomateriales diseñados para la liberación controlada de medicamentos suelen presentar limitaciones, la técnica de electrohilado permite crear vehículos farmacológicos ideales basados en polímeros biocompatibles y biodegradables, cuya microestructura se asemeja a la matriz extracelular. A pesar de que existen pocos estudios sobre el efecto de la alineación de las nanofibras sobre la cinética de liberación, se ha demostrado que las nanofibras alineadas son eficaces en la liberación de sustancias antimicrobianas, manteniendo una concentración terapéutica más sostenida del fármaco en el sitio de infección; lo que puede optimizar el tratamiento y disminuir el riesgo de resistencia bacteriana. Por ello, el presente proyecto se centra en analizar cómo el empleo de una mezcla eutéctica como aditivo en el electrohilado influye en la orientación y estructura de nanofibras de alcohol polivinílico (PVA) y tetraciclina (TTC), con el objetivo de mejorar la liberación prolongada y efectiva del fármaco. La cinética de liberación se estudia mediante espectroscopia UV-Vis y se compara con modelos cinéticos, además de evaluarse la capacidad de inhibición frente a cepas bacterianas ATCC. Otras caracterizaciones incluyen análisis estructural por FTIR, pruebas de hinchamiento, análisis de propiedades mecánicas, y estudios de viabilidad celular, asegurando la biocompatibilidad del material con células vivas, para puedan ser utilizadas de manera segura en aplicaciones biomédicas.

INTRODUCCIÓN. Los sistemas de administración basados en nanofibras alineadas son de gran interés en la actualidad debido a que pueden aumentar la eficacia de los compuestos como plataformas de administración de fármacos, ofreciendo numerosas ventajas sobre las formas de dosificación convencionales, entre ellas una mayor eficacia, mejores pautas de dosificación y perfil farmacocinético, menor toxicidad e incluso disminución de los efectos secundarios [1,2]. El electrohilado es un método eficiente y versátil para la producción de nanofibras alineadas, caracterizadas por una elevada relación superficie/volumen, lo que las convierte en matrices óptimas para la liberación controlada de fármacos, especialmente cuando se emplean polímeros biocompatibles y biodegradables. Entre ellos, el alcohol polivinílico (PVA) destaca como un biopolímero ampliamente utilizado debido a su excelente electrohilabilidad, biodegradabilidad y biocompatibilidad. Además, en la actualidad es

comúnmente empleado en formulaciones farmacéuticas comerciales [3]. Por otro lado, los disolventes eutécticos profundos (DES), reconocidoss como solventes verdes, han adquirido relevancia en el procesamiento de polímeros al facilitar la obtención de microestructuras porosas. Como aditivos en el proceso de electrohilado, los DES pueden mejorar la alineación de las nanofibras al proporcionar un entorno dieléctrico optimizado y aumentar las propiedades viscoelásticas del PVA [4]. Este trabajo aborda el análisis de la influencia e interrelación de la adición de la mezcla eutéctica cloruro de colina:urea (ChCl:U), como aditivo de electrospinning para inducir la orientación axial y estructura de las nanofibras de alcohol polivinílico (PVA) y tetraciclina (TTC), con el objetivo de lograr una liberación más eficaz y sostenida del fármaco. La relevancia de esta propuesta radica en la obtención de nanofibras de PVA-TTC-DES axialmente alineadas y con diámetros uniformes, que puedan aplicarse a nuevos sistemas de administración sostenida de fármacos, para obtener un andamio celular con excelentes propiedades mecánicas y altos porcentajes de viabilidad, siendo aptos para su uso como biodispositivos implantables según la norma ISO 10993-1 [5].

ANTECEDENTES. La resistencia bacteriana a los antibióticos representa un problema creciente a nivel global. En respuesta a ello, se ha investigado el uso de nanofibras como sistemas de liberación controlada de fármacos, con antecedentes que se remontan a la década de 1990, cuando se emplearon nanofibras aleatorias para este fin. Actualmente, las investigaciones han abordado el uso de nanofibras; tanto aleatorias como alineadas para la liberación sostenida de antibióticos, como en el caso de parches de vancomicina y apósitos con clorhidrato de tetraciclina [6]. Se ha demostrado que las nanofibras alineadas ofrecen ventajas al liberar los fármacos de manera sostenida y programada en el sitio de infección, manteniendo concentraciones terapéuticas prolongadas y reduciendo la formación de resistencia bacteriana. Aunque los estudios sobre la influencia de la alineación son limitados, se ha evidenciado su eficacia en la liberación de antimicrobianos, como el aceite esencial de tomillo [7], mejorando la eficacia terapéutica.

OBJETIVO. Obtener colecciones de nanofibras compuestas PVA/TTC con alto grado de orientación inducida mediante el método de electrohilado air gap, empleando el DES ChCl:U como aditivo de electrohilado, para la evaluación de la influencia de la microestructura en la cinética de liberación del antibiótico TTC.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se preparó una disolución acuosa de PVA puro al 10% p/v calentando a 90°C durante 8 horas. Para obtener las colecciones de nanofibras compuestas de PVA-DES, se incorporó una cantidad discreta del DES CHCl:U respecto al PVA. Posteriormente, se añadió tetraciclina (TTC) previamente disuelta en etanol en una proporción de 3% p/v, a la disolución de PVA-DES. La fabricación de las nanofibras se llevó a cabo mediante una jeringa equipada con una aguja de acero inoxidable (9G). Se determinaron los parámetros de electrohilado idóneos para la producción de nanofibras de alta calidad microestructural. El proceso de electrohilado se realizó bajo condiciones ambientales, utilizando un sistema colector tipo air gap. La caracterización microestructural se llevó a cabo mediante microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM) en un microscopio de alta resolución JEOL JSM-7600F (resolución de 1 nm). Los análisis estadísticos y mapas de color de las nanofibras se procesaron con el software ImageJ. La cinética de liberación de fármaco se monitoreó mediante espectroscopía UV-

Vis, y se realizaron otras caracterizaciones como análisis FTIR, pruebas de hinchamiento, propiedades mecánicas y estudios de viabilidad celular.

RESULTADOS. La Fig. 1 muestra las colecciones de nanofibras obtenidas mediante electrohilado air gap, tales estructuras presentan morfologías y grado de orientación aceptables, sin embargo, destacan las de PVA-TTC, ya que el 65% de las nanofibras están orientadas a un ángulo de 84° con una desviación estándar de ± 14°; mejorando la alineación y la orientación respecto a las colecciones de PVA puro. Se observa que al adicionar el DES, el porcentaje de alineación aumenta a 86% con respecto al ángulo de alineación de 87°, con una desviación estándar de ±15°. La porosidad media de las nanofibras de PVA puro es de 14.3%, de manera que el adicionar la TTC y el DES, aumenta la porosidad de las nanofibras obteniendo valores promedios de 17.8% y 20.3% respectivamente

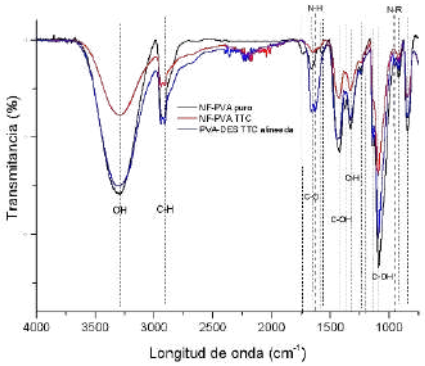


Figura 1. *Mapas de colores de las nanofibras alineadas (A) PVA, (B) PVA-TTC, (C) PVA-DES, (D) PVA-TTC-DES*

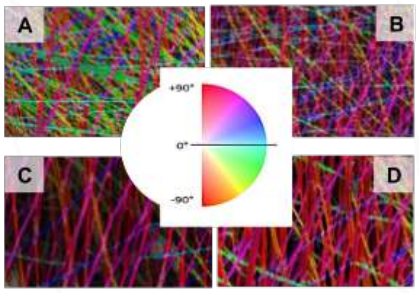


Figura 2*. Espectro FTIR de las nanofibras alineadas de PVA, PVA-TTC y PVA-TTC-DES.*

Para demostrar la adecuada incorporación de la TTC y el DES se llevó a cabo el análisis de espectroscopia ATR-FTIR de las diferentes nanofibras (Fig. 2). El espectro FTIR del PVA puro muestra señales características: vibración de estiramiento de OH en 3300 cm^{-1}, la vibración del estiramiento asimétrico del enlace C-H en 2900 cm^{-1} y la vibración fuera del plano del grupo O-H 800 cm^{-1}; así como las frecuencias vibracionales en la región cristalina: la vibración de estiramiento del enlace C-O en 1100 cm^{-1} y las vibraciones de balanceo del metileno en 900 cm^{-1}. En los materiales híbridos PVA-DES y PVA-DES-TTC se pueden observar vibraciones similares a las del espectro de PVA puro, esto debido a la alta concentración de PVA respecto de la concentración de TTC y del DES; a su vez las vibraciones de estos suelen ser similares; sin embargo, se observa la vibración torsional en el plano del NH_2 en 1624 cm^{-1} y señales de amonio cuaternario en 959 cm^{-1} característico del DES. En las nanofibras PVA-TTC se observan dos vibraciones adicionales en 2941 y 2910 cm^{-1} pertenecientes al estiramiento simétrico y asimétrico del enlace C-H (dobles enlaces de anillos) respectivamente, así como bandas de sobretonos del anillo aromático trisustituido; demostrando la presencia de TTC en la disolución.

Las pruebas de hinchamiento de la Fig. 3 muestran que las nanofibras alineadas PVA-TTC-DES despliegan un mayor grado de hinchamiento con respecto a las nanofibras alineadas de PVA-TTC, teniendo un valor inicial de hinchamiento a los 5 minutos de 235% y después

de 12 horas se mantiene constante en 455%. Esto puede estar influenciado por la presencia de DES y su capacidad para interactuar con el polímero. La variación del índice de hinchamiento con el tiempo sugiere que las propiedades físicas y químicas de las nanofibras, y su interacción con el medio circundante, pueden cambiar. Un aumento inicial del índice de hinchamiento puede estar asociado a la absorción de líquido debido a la polaridad, que conduce a la expansión de la estructura de la nanofibra. En ello puede influir la presencia de DES y su capacidad para interactuar con la matriz polimérica.

Las cinéticas de liberación de TTC en los nanomateriales se analizaron mediante espectroscopia UV-VIS y se examinaron mediante su ajuste a los modelos de orden cero, primer orden, Korsmeyer-Peppas, Higuchi, Hixon-Crowell, Makoid-Banakar y Peppas-Sahlin; estos tienen en cuenta el tiempo de retardo (Tlag). Los ajustes de los datos experimentales con mejor correlación se muestran en la Fig. 4. En el caso de las nanofibras de PVA-TTC, los datos experimentales presentaron un mejor ajuste al modelo de Korsemeyer-Peppas, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9958 y un exponente (n) de 0.112. Estos resultados sugieren que la liberación del fármaco sigue una liberación lenta y controlada. Para las nanofibras de PVA-TTC-DES, la liberación se ajustó mejor estadísticamente al modelo de Peppas-Sahlin mostrando un R^2 de 0.9925, describiendo la difusión Fickiana, gobernada por fenómenos de difusión e hinchamiento sin embargo dado que la constante K_2. es negativa se opta por emplear el modelo de Korsemeyer-Pepppas, lo cual demuestra una liberación de tipo Fickiana y controlada.

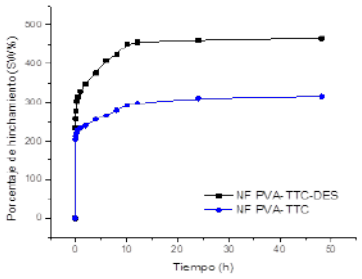


Figura 3. *Porcentaje de hinchamiento de las nanofibras alineadas en PBS (pH: 7.4) a diferentes intervalos de tiempo.*

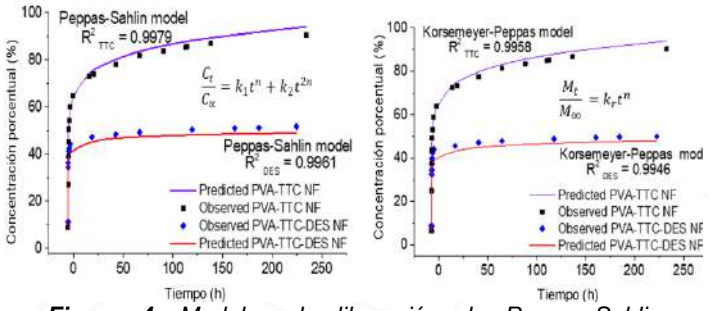


Figura 4. *Modelos de liberación de Peppas-Sahlin y Korsemeyer-Peppas convergentes en las nanofibras de PVA-TTC y PVA-TTC-DES.*

Las propiedades mecánicas de los materiales basados en colecciones alineadas de NF PVA-DES, PVA-TTC y NF PVA-TTC-DES, se muestran en la Fig. 5. Donde se evidencia que las colecciones de nanofibras que contienen DES presentan un mayor grado de elasticidad, siendo el compósito NF PVA-DES el material que presenta un mejor desempeño mecánico, lo cual se refleja como valores altos de módulo de Young, tensión de rotura y esfuerzo último de tensión. El compósito bioactivo NF PVA-TTC-DES presenta una ligera reducción del rendimiento mecánico, que puede atribuirse a las interacciones con el antibiótico TTC debido al aumento de fuerzas intermoleculares, aumentando la dureza de la muestra, lo que a su vez resultó en mayor dureza y resistencia del material.

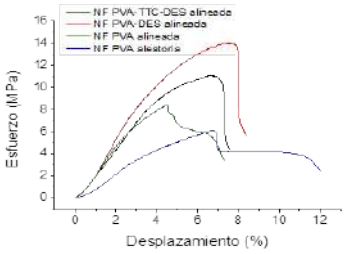


Figura 5. *Curvas de tensión – deformación de los materiales obtenidos a partir de electrohilado.*

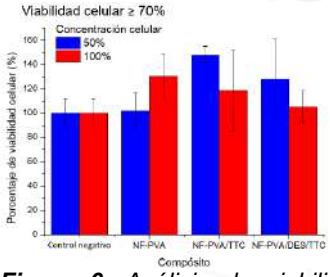


Figura 6. *Análisis de viabilidad celular en las colecciones de nanofibras alineadas de PVA, PVA-TTC y PVA-TTC-DES*

Finalmente, se analizó la citotoxicidad/viabilidad de las colecciones de nanofibras alineadas NF PVA-TTC y NF PVA-TTC-DES a partir del ensayo MTT de acuerdo con la Norma ISO 10993-1, empleando como referencia la línea celular de fibroblastos de ratón L929 [8]. En la Fig. 6 se evidencia que todos los materiales, incluso las NF PVA empleadas como control, presentan valores de viabilidad superiores al 100%. A partir de estos resultados se pone de manifiesto que los dispositivos de liberación de TTC basados en colecciones de NF PVA no presentan toxicidad en fibroblastos.

CONCLUSIONES. Se establecieron condiciones operacionales óptimas para la obtención de nanofibras alineadas de PVA-TTC asistido por DES mediante electrohilado air gap; la configuración es adecuada para la inducción de orientación axial. Existe una tasa de liberación más lenta en las nanofibras alineadas de PVA-TTC-DES, con un máximo de liberación a las 2 h, manteniendo una liberación eficaz y sostenida. Las nanofibras de PVA-TTC convergen en el modelo de Korsemeyer-Peppas, lo que implica una liberación lenta y controlada. Las de PVA-TTC-DES describen la difusión Fickiana, regida por fenómenos de difusión e hinchamiento. Las nanofibras de PVA-TTC y PVA-TTC-DES muestran un hinchamiento inicial rápido de líquido seguida de una estabilización a lo largo del tiempo. No obstante, el uso de DES indica una capacidad de retención de líquidos más prolongada en comparación con las nanofibras PVA-TTC. Los materiales producidos presentan excelentes propiedades mecánicas y elevados porcentajes de viabilidad en fibroblastos L929, siendo aptos para su uso como biodispositivos implantables de acuerdo con la ISO 10993-1.

REFERENCIAS.

1. W.-H. Han, M.-Q. Wang, J.-X. Yuan, C.-C. Hao, C.-J. Li, Y.-Z. Long, S. Ramakrishna, Electrospun aligned nanofibers: A review, Arab. J. Chem. 15 (2022) 104193. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104193.
2. J. Brouwers, Advanced and controlled drug delivery systems in clinical disease management, Pharm. World Sci. 18, 153–162, 1996.
3. Z.-M. Huang, Y.-Z. Zhang, M. Kotaki, S. Ramakrishna, A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, Compos. Sci. Technol. 63, 2223–2253, 2003.
4. L.H. Delgado-Rangel, A. Huerta-Saquero, N. Eufracio-García, A. Meza-Villezcas, J.D. Mota-Morales, J.B. González-Campos, Deep eutectic solvent-assisted phase separation in chitosan solutions for the production of 3D monoliths and films with tailored porosities, Int. J. Biol. Macromol. 164 , 4084–4094, 2020.
5. UNE-EN ISO 10993-1:2021. Evaluación biológica de productos sanitarios. Parte 1: Evaluación y ensayos mediante un proceso de gestión del riesgo. (ISO 10993-1:2018, incluyendo versión corregida 2018-10)., (2021). https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0067302.
6. Ghorbani, M., Mahmoodzadeh, F., Yavari Maroufi, L., & Nezhad-Mokhtari, P. (2020). Electrospun tetracycline hydrochloride loaded zein/gum tragacanth/poly lactic acid nanofibers for biomedical application.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624113

ENCRIPTACIÓN DE IMÁGENES MEDIANTE LA LLAVE GENERADA POR UN SISTEMA JERK DE TIPO DUFFIN

Alejandro Bucio Gutiérrez[1], Ulises Uriostegui Legorreta[2], Eduardo S. Tututi Hernández[3]
1Doctorado en Ciencias en Ingeniería Física, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandro.bucio@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ulises.uriostegui@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; eduardo.tututi@umich.mx

Palabras Clave: Encriptación, Sistema Jerk, Llave de cifrado

RESUMEN. Se presenta un algoritmo de encriptado de imágenes que integra un sistema Jerk de tipo Duffing con potencial de triple pozo para la generación de la llave del cifrado para una imagen cuadrada. Esto se lleva a cabo con la generación de soluciones numéricas del sistema caótico; una parte de la clave contiene propiedades estadísticas de la imagen que se toman como condición inicial del sistema y se hacen evolucionar en el tiempo mientras que otra parte se obtiene al concluir el cifrado de la imagen. La clave de cifrado se utiliza en el algoritmo de encriptación que involucra dos etapas, la primera es el proceso de barajado que utiliza la transformación de Arnold para permutar los pixeles, la segunda etapa utiliza el mapeo logístico para el proceso de difusión de intensidades y obtener la imagen cifrada. El proceso de desencriptación es realizado en orden inverso al de cifrado. Se encuentra que la generación de la llave del sistema Jerk es lo suficientemente sensible a las condiciones iniciales para obtener llaves diferentes para imágenes con propiedades estadísticas similares.

INTRODUCCIÓN. La seguridad de la información se ha convertido en un tema de suma importancia debido al rápido desarrollo tecnológico y a la facilidad con la que la información se transmite. Esto ha dado lugar a la problemática de accesos no autorizados a la información transmitida. Por lo tanto, es crucial evitar el acceso no autorizado al contenido de la información. Con el aumento en el uso de las redes sociales, el formato más común de información transmitida es el de imágenes. Por esta razón, la encriptación se ha convertido en una técnica de creciente interés para proteger la información. En particular, el cifrado de imágenes ha ganado popularidad ya que resulta efectivo y sencillo, transformando una imagen en una forma irreconocible. Sin embargo, la información original se mantiene presente y puede ser recuperada mediante el mismo proceso siempre que se cuenten con las condiciones necesarias. Los sistemas dinámicos caóticos, debido a su ergodicidad, impredecibilidad, no convergencia y alta sensibilidad a las condiciones iniciales, se han utilizado como herramientas para generar números pseudoaleatorios que pueden ser utilizados en la generación de claves de cifrado. En (Huang 2012) se utiliza un algoritmo secuencial de claves basado en las funciones de Chebyshev para mejorar la seguridad del cifrado de imágenes. Sin embargo, este enfoque se limita a imágenes en blanco y negro. Por otro lado algoritmos de encriptación para imágenes en color RGB, como en (Cheng 2019) utilizan un sistema dinámico hipercaótico para generar las claves de acceso. Las propiedades estadísticas de las imágenes revelan la viabilidad de los algoritmos de cifrado, siendo principalmente el histograma de una imagen el que revela

información sobre la distribución de los valores de los píxeles. En el cifrado de imágenes, los píxeles de la imagen cifrada deben tener un histograma completamente diferente al de la imagen original, para evitar comprometer la información de la imagen.

ANTECEDENTES. El estudio de sistemas dinámicos abarca campos como la ingeniería de control, en particular los sistemas con potenciales de tipo Duffing estudiados en (Uriostegui-Legorreta and Tututi-Hernández 2022; Uriostegui and Tututi 2023) para distintos acoplamientos de maestro-esclavo. Aunado a lo anterior, se ha estudiado el sistema Jerk con potencial de tipo Duffing de triple pozo bajo un amortiguamiento exponencial, obteniendo que el sistema bajo ciertos parámetros presenta un comportamiento caótico caracterizado por un atractor extraño delimitado en una región del espacio fase cuya dinámica puede variar al cambiar el amortiguamiento (Bucio-Gutiérrez, Uriostegui-Legorreta and Tututi-Hernández 2024). Debido a la posibilidad de manipular la dinámica del sistema, el presente trabajo implementa el sistema Jerk de tipo Duffing para la generación pesudo-aleatoria de valores para el cifrado de imágenes.

OBJETIVO. Generar llaves pseudo-aleatorias para algoritmos de codificación de imágenes utilizando los sistemas dinámicos Jerk con potencial de triple pozo amortiguado.

MATERIALES Y MÉTODOS. Como material de las simulaciones se utilizó una computadora personal con las siguientes especificaciones:

- Procesador: AMD Ryzen 7 3700U
- GPU: Radeon Vega Mobile Gfx
- Frecuencia: 2.30 GHz.
- RAM: 12 GB.
- Sistema operativo: Windows 10.
- Software: MATLAB versión R2019b.

Un algoritmo de encriptado de imágenes generalmente consta de tres procesos:

1. La generación de la llave de cifrado.
2. El proceso de barajado de la imagen (acción conocida como “shuffle”).
3. El proceso de difusión en los valores de las intensidades de color de los píxeles.

Mientras que en el algoritmo de desencriptación se aplica en orden inverso mientras se tenga la llave correcta de cifrado:

1. El proceso de des-difusión en los valores de los píxeles.
2. El proceso de des-barajado de la imagen.

El algoritmo implementado es valido para imágenes cuadradas en escala de Grises.

Generación de la llave

Los valores utilizados en los procesos de barajado y de difusión comprenden la clave de cifrado, la cual es obtenida mediante un sistema caótico Jerk de tipo Duffing amortiguado que viene dado por

$$\dddot{x} = c_1\ddot{x} - c_5c_2\dot{x} + c_5e^{-\alpha x^2}\left(\frac{x^2}{2} + c_3\frac{x^4}{4} + c_4\frac{x^6}{6}\right),$$

que puede escribirse como un sistema de ecuaciones

$$\dot{x} = y,$$
$$\dot{y} = c_5 z,$$
$$\dot{z} = -c_1 z - c_2 y + e^{-\alpha x^2} \frac{d}{dx}\left(\frac{x^2}{2} + c_3 \frac{x^4}{4} + c_4 \frac{x^6}{6}\right).$$

Eligiendo los valores de los parámetros como $c_1 = 0.67, c_2 = 0.7, c_3 = -0.6, c_4 = 0.06, c_5 = 3.55$ y $\alpha = 0.01$, ya que bajo estos parámetros el sistema presenta un atractor extraño, la llave Ω se obtiene de la evolución del sistema utilizando como condiciones iniciales del sistema propiedades estadísticas de la imagen original (entropía de Shannon H, valor esperado μ y desviación estándar σ)

$$x_0 = \frac{log\ log\ H}{2}, y_0 = \frac{log\ log\ \mu}{6}, z_0 = \frac{log\ log\ \sigma}{10}.$$

La elección de tomar los logaritmos se debe a que las condiciones iniciales deben encontrarse en la región del atractor extraño, ya que fuera de esta región las soluciones del sistema divergen. A continuación, se hace evolucionar el sistema hasta un tiempo igual a la suma de las dimensiones de la imagen $t = t_s + 2N$, siendo t_s un tiempo de sesgo fijo. El punto generado es operado para formar un vector de valores enteros, aunado a la desviación estándar de la imagen original. Obteniendo la llave de cifrado

$$\Omega = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, mod(\sigma^{2,}1)\},$$

donde tomando de \cite{liang2019image} para tomar cifras significativas, se tiene que

$$\alpha_i = mod\left(floor\left(mod\left(floor\left(abs\left(x_i(t_{2N})\right)\right)\cdot 10^{15}\right), 10^8\right), 2^8\right) \in [0{,}255].$$

Siendo $x_i = x, y, z$ para $i = 1{,}2{,}3$, respectivamente. El valor de $mod(\sigma^{2,}1)$ es la condición inicial para el mapeo poblacional, por lo que debe encontrarse entre 0 y 1.

Proceso de barajado

La llave de cifrado $\Omega = \{\alpha_1 = n, \alpha_2 = p, \alpha_3 = q, mod(\sigma^{2,}1) = L_0\}$ contiene valores enteros n, p, q y un decimal L_0. Los primeros tres valores son utilizados en el proceso de barajado, que involucra la transformación del mapeo de Arnold

$$A = (1\ p\ q\ pq + 1\ )(X_k\ Y_k\ )mod\ (N).$$

Mientras que para el proceso de des-barajado se utiliza la transformación inversa:

$$A^{-1} = (1 + pq\ \ -p\ \ -q\ 1\ )(X_k\ Y_k\ )mod\ (N).$$

Proceso de difusión

El valor de la llave, L_0, es tomado como el valor inicial en el mapeo logístico caótico

$$L_{n+1} = 4L_n(1 - L_n).$$

Si el siguiente valor obtenido, L_1, está dentro del intervalo $[0.2,0.8]$, se continuará con el proceso. En caso de que la evolución del mapeo coincida con un punto tal que al aplicar el mapeo nuevamente se obtenga un punto fijo, se agrega una pequeña perturbación, tal es el caso del valor 0.5. Una vez elegido un valor correcto de L_n con el criterio anterior, se procede a calcular la evolución del mapeo logístico un total de veces igual a la cantidad de pixeles, es decir $N \times N$ veces, donde cada valor L_n se representará en su forma binaria de 8 bits y se designa como $\phi(k)$ para $k = 2, \dots, N \times N$. Posteriormente se realiza la operación XOR para agregar aleatoriedad a los valores (Chen 2004)

$$C(k) = \phi(k) \oplus mod(I(k) + \phi(k), 2^8) \oplus C(k-1),$$

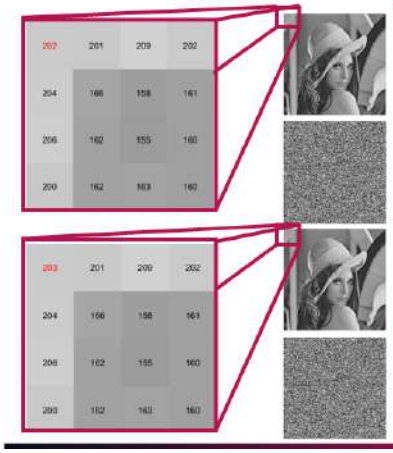
donde $I(k)$ es el píxel actualmente operado y $C(k-1)$ es el píxel de cifrado previamente generado, 2^8 es el nivel de color, y $C(k)$ es el valor del píxel ya cifrado. Notemos que se guarda el primer valor $I(1) = S$ y se agrega a la llave de cifrado:

$$\Omega = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, mod(\sigma^{2,}1), S\}.$$

Mientras que para la desencriptación en el proceso de des-difusión se utiliza la operación inversa:

$$I(k) = mod(\phi(k) \oplus C(k) \oplus C(k-1) - \phi(k) + 2^8, 2^8).$$

RESULTADOS. Se aplico el algoritmo previamente descrito a la imagen de “Lena” de 258258 pixeles de 8 bits por pixel en escala de grises. Se obtiene la distribución de probabilidad al encontrar la frecuencia de aparición de cada color de pixel. Con la distribución de probabilidad se encuentran propiedades estadísticas de la imagen original como la entropía H, valor esperado y desviación estándar , con la que se genera la llave de cifrado para encriptar la información de la imagen. También se obtienen otras propiedades para analizar la efectividad de la imagen cifrada como lo son las correlaciones entre pares de pixeles horizontales Ch, verticales Cv y diagonales Cd. Para garantizar la sensibilidad de la generación de la llave de cifrado aplicamos el algoritmo de encriptado a una imagen casi idéntica que solo difiere en el valor de su primer pixel en una unidad. Debido a la sensibilidad a las condiciones iniciales del sistema Jerk, las llaves de cifrado generadas difieren notablemente, tal como se muestra en la Figura 1. Encontrando además que las propiedades estadísticas de las imágenes cifradas se acercan a los valores de una imagen idealmente cifrada.



$\bar{H}$ 8	μ 127.5	σ 73.9003	Ω	C_h 0	C_v 0	C_d 0
7.4342	124.8775	47.7468	$\begin{bmatrix} 213 \\ 23 \\ 81 \\ 0.760045 \end{bmatrix}$	0.96626	0.93851	0.90515
7.9974	127.9363	73.8477		−0.001716	0.002102	0.001098
7.4342	124.8775	47.7469	$\begin{bmatrix} 135 \\ 232 \\ 167 \\ 0.762377 \end{bmatrix}$	0.96626	0.93851	0.90515
7.9973	127.7385	74.0208		−0.000414	−0.003568	-0.002425

Figura 1. *Propiedades estadísticas y llave de cifrado para dos imágenes "Lena" que difieren en el valor de su primer pixel. La variación de los valores encerrados es debida a la diferencia del primer pixel entre imágenes. Los valores de los encabezados son para una imagen idealmente cifrada.*

CONCLUSIONES. Se realizo un método de cifrado de imágenes basado en un sistema caótico Jerk tipo Duffing de triple pozo con amortiguamiento. La generación de la llave de cifrado usa propiedades estadísticas de la imagen como condiciones iniciales, lo que la hace altamente sensible a pequeñas variaciones, por lo que dos imágenes casi idénticas generan llaves totalmente diferentes. El proceso de cifrado combina la transformación de Arnold y el mapeo logístico para obtener una imagen cifrada con propiedades estadísticas cercanas a las de una imagen con distribución de probabilidad equitativa, esto se vislumbra en la entropía de la información que resulta ser cercana al valor ideal de 8.

REFERENCIAS.

1. Bucio-Gutiérrez, A., Tututi-Hernández, E. S., & Uriostegui-Legorreta, U. (2024). Analysis of the dynamics of a ϕ6 Duffing type jerk system. Chaos Theory and Applications, 6(2), 83-89. https://doi.org/10.51537/chaos.1376471
2. Chen, G., Mao, Y., & Chui, C. K. (2004). A symmetric image encryption scheme based on 3D chaotic cat maps. Chaos, Solitons & Fractals, 21(3), 749-761. Elsevier.
3. Cheng, G., Wang, C., & Chen, H. (2019). A novel color image encryption algorithm based on hyperchaotic system and permutation-diffusion architecture. International Journal of Bifurcation and Chaos, 29(09), 1950115. World Scientific.
4. Huang, X. (2012). Image encryption algorithm using chaotic Chebyshev generator. Nonlinear Dynamics, 67, 2411-2417. Springer.
5. Uriostegui-Legorreta, U., & Tututi, E. S. (2023). Control and synchronization in the Duffing-van der Pol and ϕ6 Duffing oscillators. Indian Journal of Physics, 1-13. Springer.
6. Uriostegui-Legorreta, U., & Tututi, E. S. (2023). Master-slave synchronization in the Duffing-van der Pol and ϕ6 Duffing oscillators. International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation, 24(3), 1059-1072. De Gruyter.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624114

DERIVATIZACIÓN OXIDATIVA PARA LA OBTENCIÓN DE UN TRITERPENO HEXACÍCLICO

Irving R. Vázquez-Cacho[1], Armando Talavera-Alemán[2], Gabriela Rodríguez-García[3], Yliana López[4], Brenda Y. Bedolla-García[5], Rosa E. del Río[6], Mario A. Gómez-Hurtado[7]

1Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; 1419177g@umich.mx

2Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; armando.talavera@umich.mx

3Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; gabriela.rodriguez@umich.mx

4Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; yliana.lopez@umich.mx

5INECOL, Centro Regional del Bajío, Patzcuaro, Mich; brenda.bedolla@inecol.mx

6Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; norma.del.rio@umich.mx

7Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, U.M.S.N.H, Morelia, Mich; mario.gomez@umcih.mx

Palabras Clave: triterpeno pentacíclico, lactona, producto natural, semisíntesis.

RESUMEN. Las plantas producen una amplia variedad de compuestos orgánicos denominados metabolitos secundarios, los cuales no parecen participar directamente en el crecimiento y desarrollo. Estas sustancias son específicas de cada grupo taxonómico, limitando así su distribución dentro del reino vegetal. Los químicos orgánicos están interesados en esta clase de compuestos y se han investigado sus propiedades químicas en profundidad en busca de nuevos agentes terapéuticos. En una recopilación realizada en 2020, Newman y Cragg estimaron que un 3.8% de los agentes terapéuticos aprobados por la FDA son un producto natural mientras que el 18.9% corresponde a moléculas derivadas a partir de un producto natural. Por ello, surge el interés de llevar a cabo modificaciones en los esqueletos de compuestos naturales lo que podría promover el aumento de su selectividad con el receptor, potencia y/o farmacocinética. Los triterpenos pentacíclicos pertenecen a la familia de los terpenos, y son comunes de encontrar en las plantas. Estos se caracterizan por tener diversas funcionalizaciones capaces de ser modificadas químicamente. Las lactonas son un grupo de compuestos ampliamente distribuidos en la naturaleza, las más comunes son las gama-lactonas. Los compuestos con la fracción lactona pueden asignarse a diferentes clases de compuestos como lactonas sesquiterpénicas, cumarinas y las lactonas con esqueleto esteroide. Gracias a esta diversidad, es un grupo que exhibe propiedades biológicas importantes como actividad citotóxica, antiinflamatorias, antiespasmódicas, antivirales y antibacteriales. En el presente trabajo se llevó a cabo la preparación de un derivado hexacíclico a partir del ácido oleanólico, el cual fue caracterizado mediante sus datos físicos y espectroscópicos.

INTRODUCCIÓN. Los metabolitos secundarios, también conocidos como productos naturales (PN), son compuestos que aparentemente no son necesarios para que una célula viva, pero desempeñan un papel en la interacción con la célula y su entorno (Pagare et al., 2015). Estos compuestos suelen estar implicados en la protección de las plantas contra el estrés biótico y abiótico. Algunos PN se utilizan especialmente como productos químicos, fármacos, sabores, fragancias, insecticidas y tintes (Croteau et al., 2000). Se estima que aproximadamente 3.8% de los agentes terapéuticos aprobados por la FDA en 2020 son

directamente un PN, mientras que el 18.9% corresponde a compuestos derivados de uno de estos (Newman y Cragg, 2020). Es por ello que existe un interés en llevar a cabo modificaciones en las estructuras de estos compuestos con el fin de promover un aumento en su selectividad con el receptor, su potencia y/o farmacocinética (Gil et al., 2014).

ANTECEDENTES. Los triterpenos son un conjunto importante de compuestos que tienen varias propiedades farmacológicas prometedoras, como actividades hepatoprotectoras, antiinflamatorias, anti-VIH, antioxidantes o anticancerígenas (Żwawiak et al., 2021). El ácido oleanólico (1) (Fig. 1) es un triterpeno pentacíclico presente en el reino vegetal y que posee acciones terapéuticas interesantes que lo han hecho objeto de investigaciones farmacológicas sobre sus efectos beneficiosos, estudios de biodisponibilidad, toxicidad y uso clínico de 1 en la prevención de diferentes patologías, principalmente aquellos trastornos crónicos en donde el estrés oxidativo y la inflamación se ven implicados; además del desarrollo de metodologías para la obtención de derivados sintéticos más eficaces y solubles (Castellano et al., 2022, Pollier y Goossens, 2012).

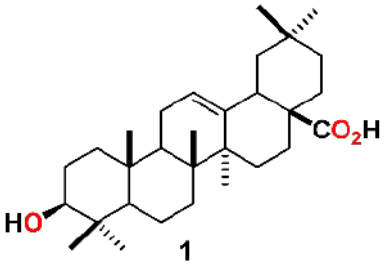


***Figura 1**. Estructura del ácido oleanólico (1).*

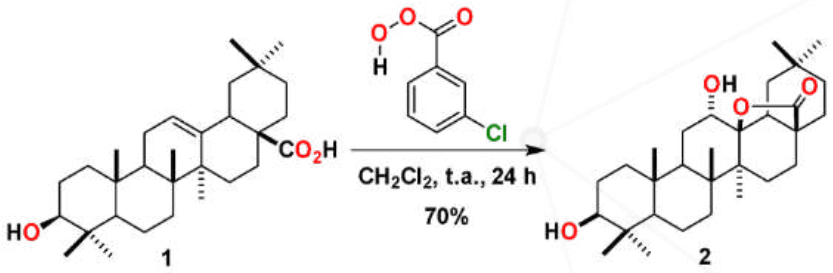
Los anillos de lactona son estructuras ampliamente distribuidas en la naturaleza. Debido a la estabilidad del anillo, las más comunes son las γ-lactonas. Estos anillos son frecuentemente sintetizados debido a que exhiben propiedades citotóxicas, antiinflamatorias, antiespasmódicas, antivirales y antibacteriales (Mazur y Masłowiec, 2022). El presente trabajo enfoca la síntesis de un anillo de lactona en el esqueleto del ácido oleanólico (1), un componente abundante en las partes aéreas de Salvia dugesii.

OBJETIVO. Llevar a cabo el aislamiento del ácido oleanólico (1) para posteriormente oxidar el doble enlace presente en la estructura utilizando ácido m-cloroperbenzoico con el fin de obtener un compuesto hexacíclico el cuál será caracterizado mediante sus datos físicos y espectroscopia de Resonancia Magnética Núclear.

MATERIALES Y MÉTODOS. Salvia dugesii fue recolectada en la Alberca de Los Espinos, Municipio de Villa Jiménez, Michoacán. La materia vegetal se dejó secar a la sombra durante tres días. Posteriormente se trituraron las partes aéreas y se maceraron en acetona durante tres días. El extracto de acetona se obtuvo por medio de la filtración y evaporación en rotavapor del macerado. La obtención del ácido oleanólico (1) se realizó mediante columna cromatográfica utilizando como fase estacionaria gel de sílice y mezclas de hexanos-acetato de etilo (AcOEt) como eluyente en orden de polaridad ascendente. Los ensayos de reacción se llevaron a cabo con ácido m-cloroperbenzoíco (AMCPB) como agente oxidante y diclorometano como medio de reacción. El crudo de la reacción se obtuvo mediante extracción líquido-líquido. El producto de interés fue purificado en columna

cromatográfica y caracterizado mediante punto de fusión (p.f.) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de 1H y 13C.

RESULTADOS. La materia prima **1** se aisló en forma de un sólido blanco con p.f. de 280-283 °C siguiendo la metodología establecida en el grupo de trabajo y se identificó por comparación de sus datos espectroscópicos (Vázquez-Cacho, 2022). Se tomaron 250 mg de **1** y se hicieron reaccionar con AMCPB durante 24 horas (**Esquema 1**). El seguimiento de la reacción se realizó mediante cromatografía en capa fina en donde se determinó el consumo total de la materia de partida. Tras la purificación en la polaridad 5:3 hexanos-AcOEt se obtuvieron 33 fracciones de 10 mL donde en las fracciones 15-33 se recuperaron 180 mg, que corresponde a un rendimiento del 70%, de un sólido color blanco con p.f. de 240-243 °C.



Esquema 1. *Esquema general de reacción.*

En el experimento de RMN de ^{1}H (**Fig. 2, Tabla 1**) se observa una señal triple ancha en 3.89 ppm correspondiente al protón base de alcohol H-12 (J = 2.8 Hz), también se puede observar la presencia de una señal doble de dobles en 3.22 ppm correspondiente al protón base de alcohol H-3 (J = 11.2, 4.9 Hz) de la estructura. De igual manera, se observan siete señales simples correspondientes a los metilos CH_3-23, CH_3-24, CH_3-25, CH_3-26, CH_3-27, CH_3-29 y CH_3-30 en 0.99, 0.88, 0.78, 1.30, 1.14, 0.90 y 0,98, respectivamente. En el espectro de RMN de ^{13}C (**Fig. 3, Tabla 1**) se observa en 180.1 ppm la señal del carbono carbonílico C-28 de la lactona. En 90.5 ppm se observa la señal correspondiente al carbono C-13 base de la lactona, mientras que en 78.9 ppm se encuentra la señal del carbono C-3 base de oxígeno. Por último, la señal del carbono C-12 también base de oxígeno se encuentra en 76.5 ppm. El resto de señales ubicadas entre 57.0 a 15.0 ppm corresponden al resto de carbonos del esqueleto del triterpeno. Se corroboró la formación de la lactona **2** al comparar los datos experimentales con los reportados por Csuk y Siewert en 2011 (Tabla 1).

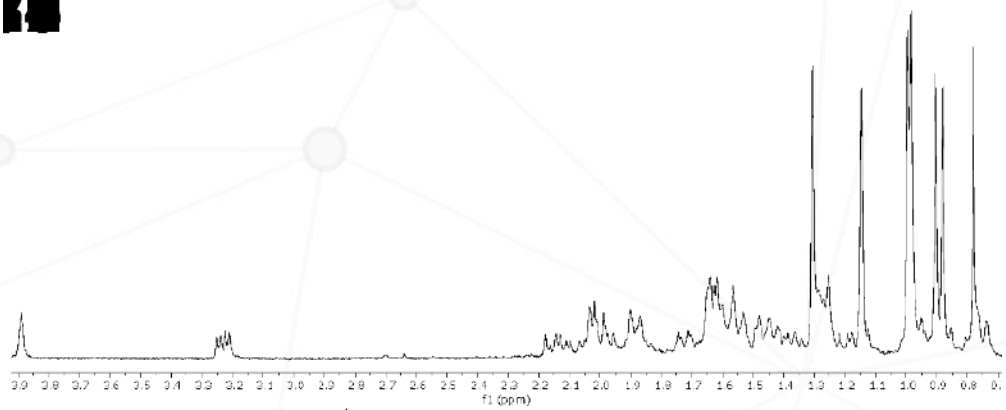


Figura 1. *Espectro de RMN de ^{1}H de la lactona **2**.*

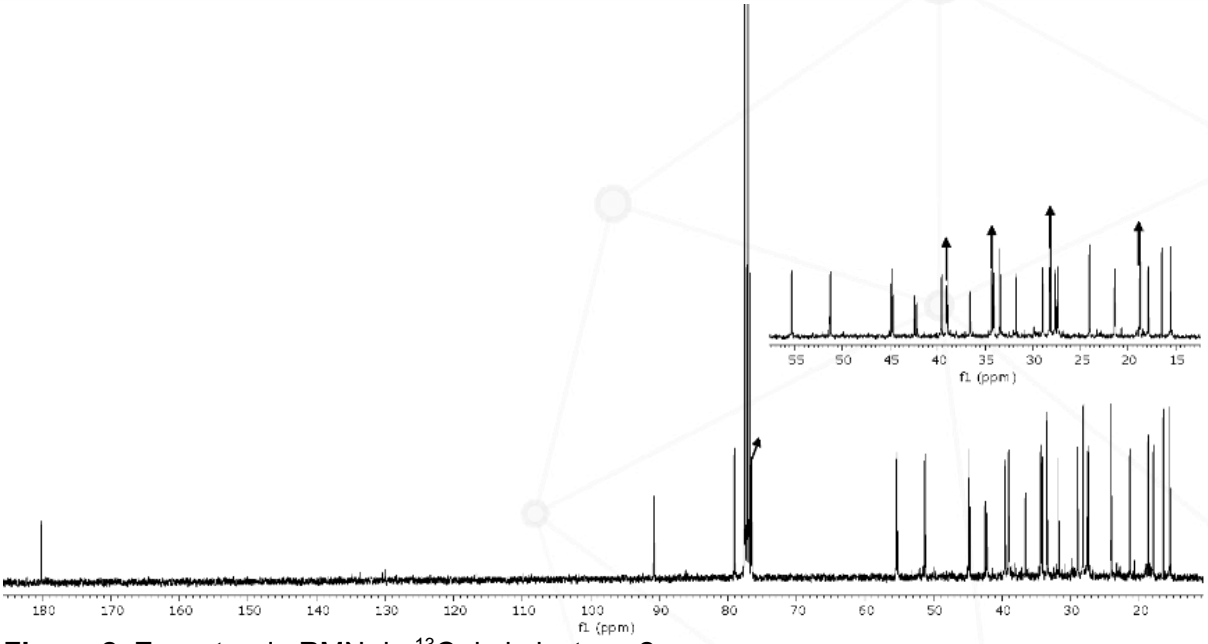


Figura 2. Espectro de RMN de ^{13}C de la lactona **2**.

Posición	δ_H, (Mult, *J* en Hz)	
	Experimental	**Csuk y Siewert, 2011**
3	3.22, dd, (11.2, 4.9)	3.15, dd, (11.4, 4.4)
12	3.89, ta, (2.8)	3.83, dd, (2.7, 2.7)
23	0.99, s	0.99, s
24	0.88, s	0.88, s
25	0.78, s	0.78, s
26	1.30, s	1.31, s
27	1.14, s	1.15, s
29	0.90, s	0.90, s
30	0.98, s	0.98, s

CONCLUSIONES. El uso de AMCPB como agente oxidante permitió la obtención de la lactona 2 en rendimientos moderados. Dicho derivado podrá ser utilizado en posteriores trabajos donde se siga explorando la reactividad del esqueleto del oleanano en busca de un agente que, en conjunto con el anillo de lactona, exhiba acciones terapéuticas acrecentadas o diferentes al compuesto original.

REFERENCIAS.

1. Castellano, J. M., Ramos-Romero, S., y Perona, J. S. (2022). Oleanolic acid: extraction, characterization and biological activity. Nutrients, 14(3), 623.
2. Croteau, R., Kutchan, T. M., y Lewis, N. G. (2000). Natural products (secondary metabolites). Biochemistry and molecular biology of plants, 24, 1250-1319.

3. Csuk, R., & Siewert, B. (2011). A convenient separation of ursolic and oleanolic acid. Tetrahedron letters, 52(49), 6616-6618.
4. Gil, J. F., Quiñones, W., Escobar, G., y Echeverri, F. (2014). Búsqueda de antiparasitarios: derivatizacion de rotenoides. Vitae, 21(1), 35–36.
5. Mazur, M., & Masłowiec, D. (2022). Antimicrobial activity of lactones. Antibiotics, 11(10), 1327.
6. Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. Journal of natural products, 83(3), 770-803.
7. Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., y Bansal Y.K. (2015). Secondary metabolites of plants and their role: Overview. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy, 9(3), 293-304.
8. Pollier, J., y Goossens, A. (2012). Oleanolic acid. Phytochemistry, 77, 10-15.
9. Vázquez-Cacho, I.R. (2022). Síntesis de derivados del ácido oleanólico aislado de Salvia dugesii. Tesis de Maestría en Ciencias Químicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.
10. Żwawiak, J., Pawełczyk, A., Olender, D., y Zaprutko, L. (2021). Structure and activity of pentacyclic triterpenes codrugs. A review. Mini Reviews in Medicinal Chemistry, 21(12), 1509-1526.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624115

INMOVILIZACIÓN DE LACASA Y ALDOSA REDUCTASA EN PARTÍCULAS MESOPOROSAS

Roberto Infante Hernández[1], Yesenia Alonso Hurtado[1], Mariana Álvarez Navarrete[1], Alberto Flores García[2], Katia Lizbeth Alonso Hurtado[2]

1Instituto Tecnológico de México, Campus Morelia; I20120868@morelia.tecnm.mx

1Instituto Tecnológico de México, Campus Morelia; I20120807@morelia.tecnm.mx

1Instituto Tecnológico de México, Campus Morelia; mariana.an@morelia.tecnm.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alberto.flores@umich.m

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1316242f@umich.mx

Palabras Clave: Inmovilización, enzimas, mesoporosa.

RESUMEN. El proceso de inmovilización consiste en encapsular enzimas en una matriz de sílice mesoporosa. Diferentes métodos existen para la inmovilización tales como adsorción, impregnación y covalente. Los cuales retienen a las enzimas en los poros de sílice y evitan su lixiviación o inactivación durante una reacción. La inmovilización de lacasa y aldosa reductasa en partículas mesoporosas de sílice tiene varias ventajas. La estabilidad de las enzimas aumenta, lo que permite su reutilización en múltiples ciclos de reacción. Asimismo, la estructura mesoporosa facilita el contacto entre el sustrato y la enzima, lo que mejora la eficiencia de la reacción. Por ello, en este trabajo se tuvo como objetivo inmovilizar a la aldosa reductasa y la lacasa en partículas mesoporosas. Los diámetros de las partículas de sílice y de las enzimas se determinaron en Chimera. Después, la síntesis se realizó por hidrólisis/condensación con agentes de hinchamiento para modificar el tamaño del poro. La caracterización se realizó mediante microscopía electrónica de barrido y espectroscopía de infrarrojo. Los resultados mostraron la obtención de partículas mesoporosas con un diámetro adecuado para la inmovilización de ambas enzimas.

INTRODUCCIÓN. La inmovilización de enzimas es una técnica que destaca por su eficacia para generar biocatalizadores con mejores funciones. De las bondades de la inmovilización enzimática son: el aprovechamiento de la vida útil de las enzimas en ambientes extremos durante un tiempo prolongado. La recuperación, la reutilización de enzimas, una reducción de los costos de operación y mejoramiento de la calidad del producto (Han et al., 2022).

ANTECEDENTES. En nuestro grupo de investigación se identificaron nuevas fuentes de obtención de enzimas óxido reductoras con potencial aplicación en el área biotecnológica tales como la lacasa y la aldosa reductasa. Alonso-Hurtado (2022) realizó la purificación parcial de lacasas de Fusarium oxysporum species complex 33 en donde se determinó que tienen capacidad de transformar sustratos recalcitrantes tal como acetaminofén, RBBR y carbamazepina con un valor de Km y Vmax de 0.83 µM y 1.27 mM, respectivamente. Sin embargo, la reusabilidad de la enzima es nula en condiciones de laboratorio. Por otro lado, Méndez-Pérez (2018) identificó la producción de xilitol mediante la reacción con aldosa reductasa, pero con el mismo problema técnico sin resolver. Por ello, una alternativa para

la reusabilidad de las lacasas de FOSC33 y la aldosa reductasa (AKR1B1) es la inmovilización partículas mesoporosas de sílice. El-Fakharani et al., (2016) aislaron una cepa de F. oxysporum con la capacidad de degradar el colorante azul de malaquita, rojo congo y naranja de metilo en un 98 %, 95 % y 87.6 %, respectivamente. Asimismo, Huy et al., (2020) determinaron que una cepa de F. oxysporum degradó con más del 95 % de eficacia el azul de bromotimol, el naranja de metilo, el azul brillante de remazol R (RBBR) y la indigotina. Desde 1977 se reportaron experimentos de inmovilización de enzimas tal como la inulinasa que se aisló del hongo Penicillium sp. inmovilizada en alginato y carragenina. La estabilidad térmica de la α-amilasa que se inmovilizó en paralelo con la forma nativa incrementó 3.5 más veces. Asimismo, el uso de α- amilasa inmovilizada en lugar de α-amilasa libre conduce a un aumento del rendimiento del hidrolizado de malta de cebada de 1.5 veces (Yushkova et al., 2019). Un método de inmovilización de enzimas consiste en mantener la biomolécula unida o atrapada en un soporte físico para conservar su actividad catalítica y permitir el flujo de sustratos y productos (Mirsalami et al., 2024).

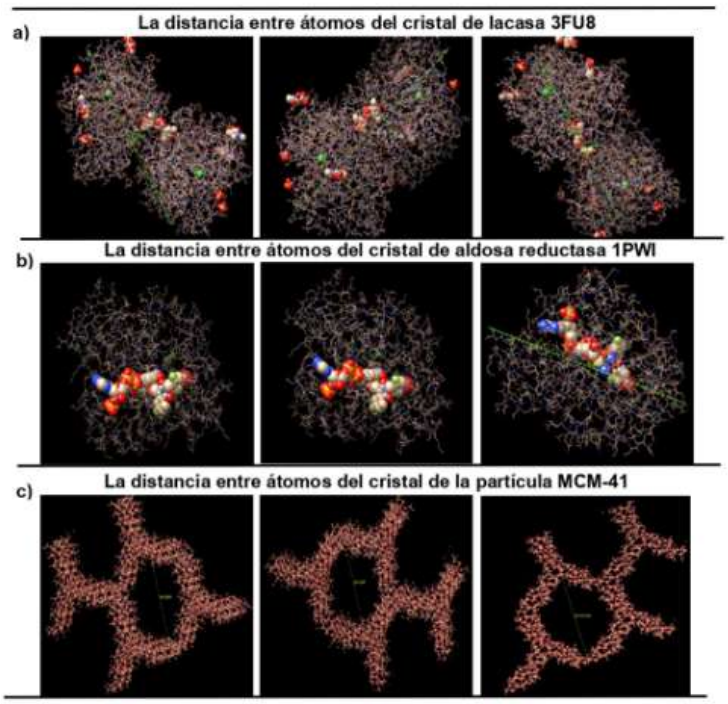
OBJETIVO. Obtener un modelo teórico de la interacción de la aldosa reductasa y la lacasa con partículas mesoporosas.

OBJETIVOS PARTICULARES. Modelar in silico la estructura de las partículas mesoporosas y su interacción con aldosa reductasa y lacasa. Sintetizar las partículas mesoporosas mediante el método sol-gel. Caracterización de las partículas mesoporosas.

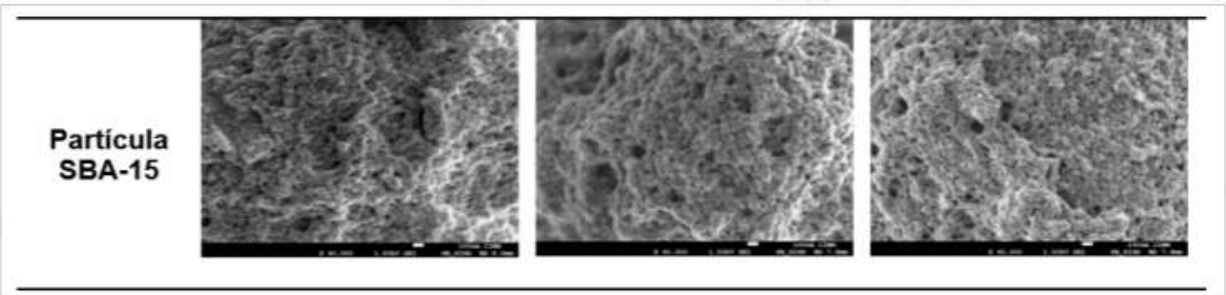
MATERIALES Y MÉTODOS. Modelado in silico de la estructura de la partícula mesoporosa MCM-41. El modelado in silico se realizó con el programa Crystallography Open Database y Vesta v. 3. 4. 7. El cristal de la partícula mesoporosa MCM-41 se obtuvo del repositorio Crystallography Open Database (http://www.crystallography.net/cod/). En el programa Vesta v 3.4.7 se construyó un poro con el cristal de la partícula MCM-41 y se guardó en formato .pdb. Las propiedades de la partícula, como medidas del poro se analizaron en el programa Maestro Elements. Síntesis de las partículas mesoporosas mediante el método sol-gel. La síntesis de hidrólisis/condensación de nanopartículas se realizó de acuerdo (Ma et al., 2011). La síntesis de la partícula mesoporosa SBA-15 se realizó con ácido plurónico F127 como surfactante en proporción molar surfactante/ciclohexano de acuerdo con Katiyar et al., (2020). Posteriormente, una disolución de CTAB/ciclohexano añadiendo TEOS se realizó y mantuvo en agitación constante. **Caracterización de la partícula mesoporosa SBA-15.** Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). El análisis se realizó en un equipo Jeol JSM 7600F a 5 kV, los materiales se recubrieron de cobre por aspersión previo a su análisis (Ma et al., 2011). FTIR. La espectroscopía de absorción se usó en el intervalo medio infrarrojo de 400 a 4 000 cm-1. Un compuesto absorbió la radiación infrarroja en el intervalo medio que corresponde a uno de sus modos de vibración fundamentales. Cada grupo funcional resulta en una frecuencia única determinada por la fuerza del enlace y la masa de los átomos. Las partículas se secaron en desecador antes de realizar este análisis para evitar la interferencia de moléculas de agua en el espectro. El análisis se llevó a cabo con la técnica ATR (Namba et al., 1998).

RESULTADOS. La distancia promedio entre los átomos de los cristales de las enzimas lacasa 3FU8 y aldosa reductasa 1PWI se calculó a partir del diámetro promedio de los cristales de cada una. El diámetro promedio de la lacasa fue de **10.43 nm**, y el de la aldosa

reductasa fue de **5.77 nm**. Además, la distancia promedio entre los átomos del cristal de la partícula MCM-41 fue de **4.20 nm**.



La caracterización de partículas mesoporosas SBA-15 mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) proporcionó información clave sobre su textura superficial y estado de aglomeración de los poros. La MEB permitió observar la rugosidad y posibles poros en la superficie. La observación fue que el material tiene una superficie bien definida y porosa.



CONCLUSIONES. La inmovilización de aldosa reductasa y lacasa en partículas mesoporosas de sílice requiere de la utilización de agentes de hinchamiento para el agradamiento del poro de partícula y su inclusión dentro del poro de la partícula MCM-41. Debido a que el poro de la partícula presenta un menor diámetro interno que el tamaño de las enzimas.

REFERENCIAS.

1. Han, Z., Fan, X., Yu, S., Li, X., Wang, S., y Lu, L. (2022). Metal-organic frameworks (MOFs): A novel platform for laccase immobilization and application. Journal of environmental chemical engineering, 10(6), 108795. doi.org/10.1016/j.jece.2022.108795
2. Alonso Hurtado, K.L. (2022). Establecimiento de las condiciones de fermentación de Fusarium oxysporum para la producción de Lacasas con potencial en la degradación de contaminantes fenólicos. [tesis de maestría] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
3. Méndez Pérez, T. (2018). Evaluación de la actividad enzimática en sistemas inmovilizados de la aldosa reductasa. [tesis de maestría] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
4. Yushkova, E. D., Nazarova, E. A., Matyuhina, A. V., Noskova, A. O., Shavronskaya, D. O., Vinogradov, V. V., Krivoshapkina, E. F. (2019). Application of immobilized enzymes in food industry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67(42), 11553–11567. doi:10.1021/acs.jafc.9b04385
5. Fajardo-Ochoa R., Osuna-Castro J. A., Escalante-Minakata P. e Ibarra-Junquera V. (2011). Inmovilización de células y enzimas. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. 3(6), 42-56.
6. Ma, S., Wang, Y., y Zhu, Y. (2011). A simple room temperature synthesis of mesoporous silica nanoparticles for drug storage and pressure pulsed delivery. Journal of Porous Materials, 18(2), 233–239. https://doi.org/10.1007/s10934-010-9375-3
7. Mirsalami, S. M., Mirsalami, M., Alihosseini, A., y Ghodousian, A. (2024). The distribution of rennet activity between the cheese aging process and whey is not influenced by the association of enzymes with caseins. Heliyon, 10(11), https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32263

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624116

ESTUDIO QUÍMICO DE LAS HOJAS DE COULTERIA VELUTINA

Brayan F. Aristeo-Parra[1], Odessa Magallón-Chávez[2], Mario A. Gómez-Hurtado[3], Gabriela Rodríguez-García[4], Carlos M. Cerda-García-Rojas[5], Ernestina Gutiérrez-Vázquez[6], Rosa E. del Río[7], Armando Talavera-Alemán[8].

1Faculdad de Químico Farmacobiología,UMSNH; 1726945b@umich.mx

2Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH; 1028379x@umich.mx

3Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH; mario.gomez@umich.mx

4Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH; gabriela.rodriguez@umich.mx

5Departamento de Química, CINVESTAV; ccerda@cinvestav.mx

6Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales,UMSNH; ernestina.gutierrez@umich.mx

7Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH; norma.del.rio@umich.mx

8Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH; armando.talavera@umich.mx

Palabras Clave: Vouacapanos, Coulteria, RMN.

RESUMEN. Los estudios fitoquímicos de plantas utilizadas en la medicina tradicional son importantes ya que permiten el aislamiento y caracterización de compuestos con actividades biológicas importantes, un ejemplo de ello es la obtención de moléculas con actividad antibacteriana o anticancerígena, que actualmente se comercializan como fármacos. Dentro de las plantas con usos en la medicina tradicional se encuentran las pertenecientes a la familia Fabaceae, las cuales, además, se emplean también como fuente importante de alimento. En esta familia se encuentra el género Coulteria, el cual se encuentra formado por 10 especies, que fueron reclasificadas recientemente. Los estudios químicos de plantas pertenecientes al género Coulteria han generado reportes sobre el aislamiento de compuestos de tipo diterpénico, principalmente cassanos, los cuales han demostrado una variedad de actividades biológicas interesantes como citotóxicos, antibacterianos, antivirales, antimalaria, entre otras. Por lo anterior, en el presente trabajo se llevó a cabo el estudio químico del extracto de diclorometano de las hojas de Coulteria velutina colectada en el Municipio de Carácuaro, Michoacán. El fraccionamiento cromatográfico del extracto condujo al aislamiento de un vouacapano como componente mayoritario, el cual, mostró en RMN de 1H señales características de un furano disustituido en 7.21 y 6.16 ppm, una señal para hidrógeno base de éster en 5.32 ppm, así como las señales típicas de un grupo cumarato, se propuso que el compuesto aislado corresponde a una nueva estructura al ácido 6(E)-p-coumaroiloxivouacapan-18-oico.

INTRODUCCIÓN. La familia Leguminosea o Fabaceae se caracteriza por presentar frutos en forma de legumbres, por lo que generalmente son concidas como plantas de frijol. Esta familia, en número de especies, ocupa el tercer lugar a nivel mundial con alrededor de 19400 especies reportadas, las cuales se clasifican en aproximadamente 730 géneros, encontrando entre los más grandes a Astragalus, Acacia, Crotalia, Mimosa, entre otros. Algunas especies de esta familia se consideran importantes en cuanto a su uso en la medicina tracional, ya que se ha reportado que presentan actividades como la analgésica, antiinflamatoria, antiulcerosa, anticacerígena, antidiabética, antimicrobiana y citotóxica

(Ahmad, et al 2016). Dentro de la familia de las leguminosas se encuentra la subfamilia Caesalpinideae, en la que se distingue el género Caesalpinia sensu lato que cuenta con reportes importantes sobre el aislamiento de compuestos de interés biológico, como son los cassanos, diterpenos tricíclicos que presentan un esqueleto de perhidrofenantreno con un grupo etilo en la posición C-13 y un metilo en C-14 (Maurya, et al 2012). Recientemente, el género Caesalpinia sensu lato se separó en géneros diferentes entre los que se encuentra Coulteria y que actualmente agrupa 10 especies, C. cubensis, C. glabra, C. mollis, C. platyloba, C. pringlei, C. pumila, C. velutina, C. rosalindamedinae, C. delgadoana, y C. sousae. Debido a la importancia farmacológica de las plantas pertenecientes a este género, así como a estudios previos sobre la importancia de los vouacapanos, en el presente trabajo se reporta el estudio químico de las hojas de Coulteria velutina.

ANTECEDENTES. Los estudios químicos de plantas del género Coulteria han llevado al aislamiento de compuestos con importantes actividades biológicas, destacando a los vouacapanos, diterpenos de tipo cassano que presentan un anillo de furano fusionado en el anillo C de la estructura, debido a la ciclación oxidativa del etilo en posición C-14 (Jing, et al 2019). Un ejemplo de estos estudios es aislamiento del 6β-acetoxivouacapano del extracto de diclorometano de las hojas de Coulteria platyloba (antes Caesalpinia platyloba) (Gómez-Hurtado et al., 2013). Este compuesto presentó actividad citotóxica moderada frente a las líneas de cáncer MCF-7 y HL-60, con IC50 de 6.01 ± 0.45 y 4.04 ± 0.10 µg/mL, respectivamente (Talavera-Alemán et al., 2020). Coulteria es un género relacionado filogenéticamente con las plantas del género Caesalpinia, y se les ha relacionado también en cuanto a su morfología (Gasson et al., 2009), por lo que estas especies vegetales pueden producir compuestos químicamente similares a las del género Caesalpinia. Por lo enterior, y como continuación de los estudios químicos de cassanos y vouacapanos naturales, en el presente trabajo se presenta el estudio químico de las hojas de C. velutina.

OBJETIVO. Llevar a cabo el estudio químico de las hojas de C. velutina, para el aislamiento e identificación de los metabolitos mayoritarios.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las hojas de C velutina (Britton & Rose) Sotuyo & G.P.Lewis fueron colectadas del poblado de Panzacola (18° 53´ 15.4´´ N, 100° 59´ 18.3´´O) cerca del poblado de Paso de Núñez en el municipio de Carácuaro, Michoacán, México en octubre de 2021. La planta fue identificada por las Biólogas Rosa Isabel Fuentes Chávez y Norma Patricia Reyes Martínez en el Herbario de la Facultad de Biología (EBUM), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, con el número de comprobante 30779. Una vez colectadas, las hojas se secaron a la sombra durante tres días, después se trituraron, y un lote de 1.2 kg se extrajo con diclorometano (3.5 L) bajo reflujo durante 4 h. El extracto crudo se obtuvo por evaporación del disolvente en rotavapor. Un lote de 35 g de extracto se separó mediante cromatografía en columna, empleando una columna de 5 cm de diámetro exterior empacada con 250 g de gel de silice como fase estacionaria y mezclas de hexanos-AcOEt en orden creciente de polaridad como eluyente. Las fracciones obtenidas se monitorearon mediante TLC, y en las fracciones eluidas con la mezcla 3:2 de hexanos-AcOEt se obtuvieron 7 g del compuesto mayoritario, el ácido 6β-(E)-p-coumaroiloxivouacapan-18-oico.

RESULTADOS. El fraccionamiento cromatográfico del extracto de diclorometano de las hojas de *C. velutina* condujo al aislamiento de un compuesto mayoritario que mostró las siguientes señales en el espectro de RMN de ^{1}H (figura 1). En 7.22 y 6.23 ppm se encontraron dos señales con una constante de acoplamiento de 1.5 Hz, las cuales corresponden para un furano disustituido. En 7.56 y 6.20, se observaron dos señales dobles características de un doble enlace trans (J = 15.8 Hz). Por otro lado, en 7.37 y en 6.83 ppm se apreciaron dos señales dobles con J = 8.8 Hz, correspondientes a un benceno *para*-disustituido. La presencia de las señales dobles con J's de 15.8 y 8.8 Hz, indicaron la presencia de un grupo *p*-cumaroilo en la estructura aislada. Además de las señales mencionadas, en 5.31 ppm se encontró una señal de un protón base de éster. En 1.37 y 1.33 ppm se localizaron dos señales simples con integración para 3 hidrógenos, confirmando la presencia de dos metilos terciarios. Y, por último, en 0.94 ppm se desplazó la señal doble de un metilo secundario. Estos datos fueron comparados por los reportedos para el 6®-acetoxivouacapano y concordaron en su mayoría, sugiriendo hasta ese momento que se trataba de un vouacapano esterificado en la posición C-6 con un grupo *p*-coumaroiloxi; sin embargo, los vouacapanos presentan cuatro metilos, por lo que uno de ellos podría estar funcionalizado en el compuesto aislado.

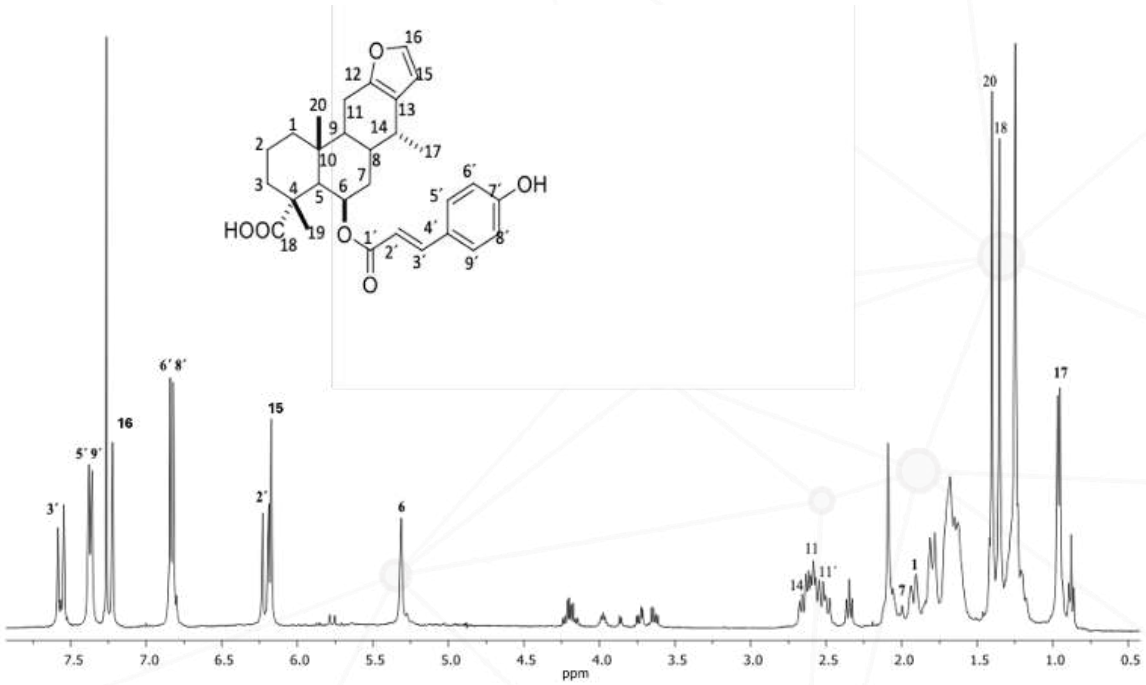


Figura 1. *Espectro de RMN del ácido 6®-(E)-p-coumaroiloxivouacapan-18-oico.*

Para determinar la funcionalización del metilo faltante en el espectro de RMN de ^{1}H, se obtuvo obtuvo el espectro de RMN de ^{13}C (figura 2). Este análisis mostró las señales correspondientes para un esqueleto de vouacapano, donde se determinó la presencia de un ácido carboxílico en 184.5 ppm, así com la del éster de coumarato en 167.8 ppm. Las cuatro señales del furano se encontraron en 109.7, 122.4, 140.7 y 149.3 ppm y las del grupo coumarato entre 115.6 y 158.7 ppm. Con el análisis de RMN de ^{13}C se determinó que el vouacapano en cuestión presenta un grupo carboxilo en el carbono C-18, por lo que se propuso la estructura del ácido 6®-(*E*)-*p*-coumaroiloxivouacapan-18-oico.

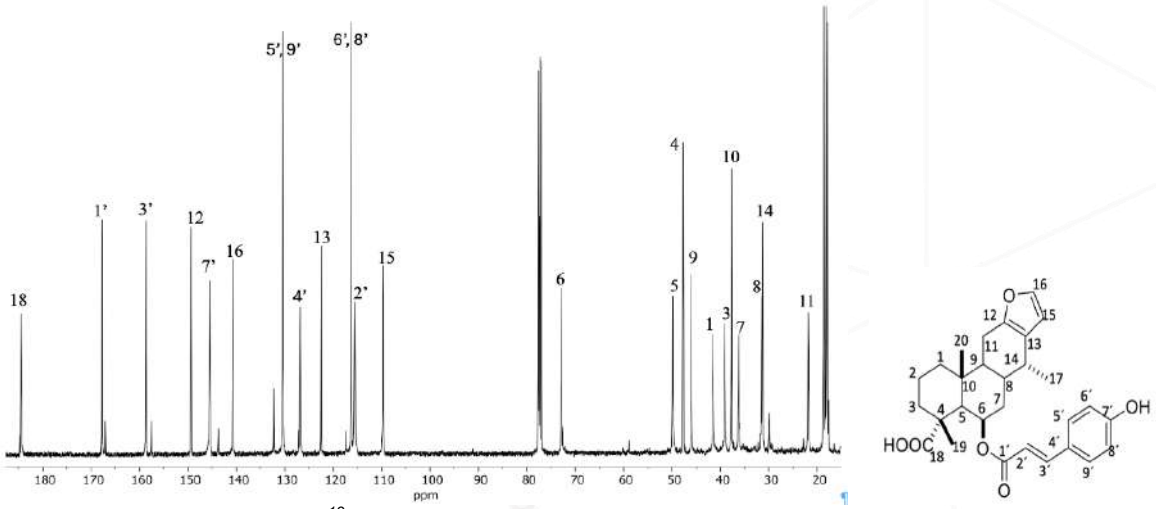


Figura 2. *Espectro de RMN de ^{13}C del ácido 6β-(E)-p-coumaroiloxivouacapan-18-oico*

CONCLUSIONES. Se aisló el ácido 6β-(E)-p-coumaroiloxivouacapan-18-oico del extracto de diclorometano de las hojas de C. velutina en buen rendimiento, lo que permitirá continuar con el estudio de su reactividad química, así como de evaluación biológica para determinar su potencial citotóxico. La estructura del compuesto aislado fue establecida mediante sus datos de RMN de una y dos dimensiones, así como masa de alta resolución.

REFERENCIAS.

1. Ahmad, F., Anwar, F., Hira, S. (2016) Review on medicinal importance of Fabaceae family. Pharmacology online, 3, 151-156.
2. Gasson, P., Warner, K., Lewis, G. (2009) Wood anatomy of Caesalpinia s.s., Coulteria, Erythrostemon, Guilandina, Libidibia, Mezoneuron, Poincianella, Pomaria and Tara (leguminosae, caesalpinioideae, caesalpinieae). IAWA Journal, 30 (3), 247-276.
3. Gómez-Hurtado, M. A., Álvarez-Esquivel, F. E., Rodríguez-García, G., Martínez-Pacheco, M. M., Espinoza-Madrigal, R. M., Pamatz-Bolaños, T., Salvador-Hernández, J. L., García-Gutiérrez, H. A., Cerda-García-Rojas, C. M., Joseph-Nathan, P., del Río, R. E. (2013). Cassane diterpenes from Caesalpinia platyloba. Phytochemistry, 96, 397-403.
4. Jing, W., Zhang, X., Zhou, H., Wang, Y., Yang, M., Liang, L., Gao, H. (2019). Naturally occurring Cassane diterpenoids (CAS) of Caesalpinia: A Systematic review of its biosynthesis, Chemistry and Pharmacology. Fitoterapia, 134, 226-249.
5. Lewis, G. P. (2005). Tribe Caesalpinieae. In: legumes of the world. Lewis G, Schrire B, Mackinder B, Lock M. eds. Royal Botanic Gardens. Kew, 127-159.
6. Maurya, R., Ravi, M., Singh, S., Yadav, P. P. (2012) A review on cassane and norcassane diterpenes and their pharmacological studies. Fitoterapia, 83, 272-280.
7. Talavera-Alemán, A., Gómez-Hurtado, M. A., Rodríguez-García, G., Ochoa-Zarzosa, A., Thomassigny, C., Cerda-García-Rojas, C. M., Joseph-Nathan, P., del Río R. E. (202). Preparation and cytotoxic evaluation of vouacapane oxidation products. Heterocycles, 100 (2), 207-224.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624117

FORMULACIÓN DE VOUACAPANOS

Brayan Alberto Pineda Alejo[1], Gabriela Servín García[2], Gabriela Rodríguez-García[3], Mario A. Gómez-Hurtado[4], Rosa E. del Río[5], Carlos J. Cortés-García[6], Armando Talavera Alemán[7]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com

2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; juang@gmail.com

Palabras Clave: Caesalpinia, Vilsmeier-Haack, Vouacapano

RESUMEN. Los productos naturales desempeñan un papel fundamental en el ámbito de la investigación y desarrollo de diversos con potencial actividad farmacológica, teniendo un gran impacto en la industria farmacéutica. Estos compuestos se obtienen principalmente a partir de plantas, que son una fuente rica y diversa de sustancias bioactivas. En este contexto, el género Caesalpinia destaca como una fuente valiosa de productos naturales de tipo vouacapano. Estos compuestos, presentan actividades biológicas, además, la reactividad química de los vouacapanos ha sido explorada en profundidad, lo que ha permitido la síntesis de numerosos derivados. Estos estudios no solo amplían el conocimiento sobre sus propiedades, sino que también abren nuevas posibilidades para el desarrollo de fármacos y otras aplicaciones biotecnológicas. En este trabajo se realizó la síntesis de derivados formil-vouacapano a partir de los productos naturales 6β-acetoxivouacapano, así como un derivado aromatizado, aislado de las hojas secas de Caesalpinia platyloba. La idea de generar estos dos compuestos además de evaluar su reactividad ante la reacción Vilsmeier-Haack es obtener compuestos que sirvan como materia de partida en la síntesis de compuestos con actividad biológica.

INTRODUCCIÓN. Para lograr la síntesis de compuestos derivados de un producto natural, de una forma simple y fácilmente accesible, requieren grupos reactivos que incorporen de una manera eficiente otros grupos funcionales; al poseer un anillo de furano en su estructura, los diterpenfuranos son de gran versatilidad al momento de integrar grupos funcionales y generar nuevos derivados, entre los que se encuentran los grupos carbonilos como lo pueden ser los mediante reacciones de formilación, pudiendo servir como compuestos de partida para la obtención de derivados que son de gran interés debido a sus propiedades estructurales y potencial actividad biológica. Con base a lo anterior, resulta de gran interés seguir con la búsqueda continua de nuevas moléculas potencialmente biológicas, y que presenten en su estructura un producto natural o derivado de producto natural.

ANTECEDENTES. Los productos naturales denominados vouacapanos son un tipo de diterpenos que se caracterizan por tener un anillo de furano incorporado en su estructura química. Este grupo de compuestos ha sido objeto de estudio debido a su presencia en diversas especies vegetales, y en particular, en las del género *Caesalpinia*. En la Fig. 1, se ilustran ejemplos de vouacapanos que han sido aislados y estudiados en especies de este

género, proporcionando una visión detallada de su estructura y diversidad (Oliveira et al., 2017).

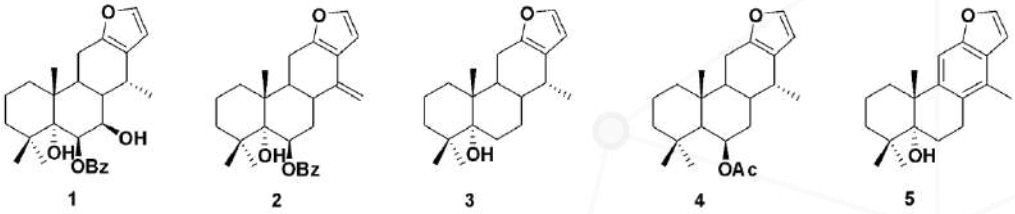


Figura 1. *Vouacapanos aislados de especies del género Caesalpinia.*

Entre las diversas reacciones que se pueden llevar a cabo en el grupo furano presente en estos diterpenos se encuentra la reacción de Vilsmeier-Haack. La reacción de Vilsmeier-Haack se ha realizado en diterpenos como **6** para generar la funcionalización de un anillo de furano como en la Fig. 2 (Klok 1995).

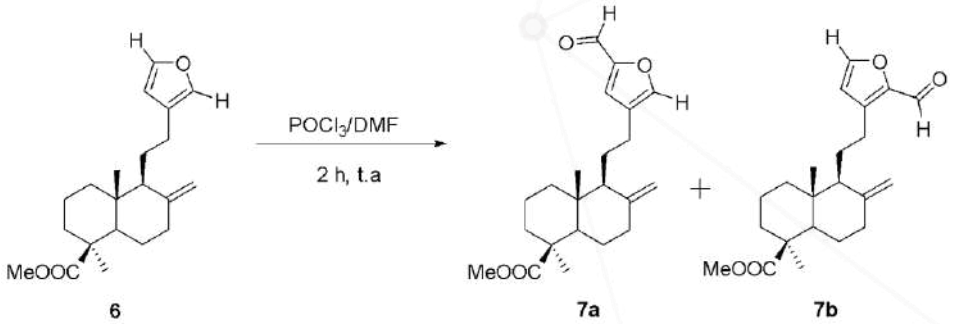


Figura 2. *Reacción de Vilsmeier-Haack a partir de la funcionalización del furano del metil éster del ácido lambertianico.*

Diterpenos que presentan en su esqueleto este grupo carbonilo han servido como materia de partida para la preparación de derivados nitrogenados con potencial actividad biológica.

OBJETIVO. Llevar a cabo la formilación de los productos naturales 6β-acetoxivouacapano y el derivado benzovouacapano a través de la reacción de Vilsmeier-Haack.

MATERIALES Y MÉTODOS. El 6β-acetoxivouacapano se aisló del extracto CH_2Cl_2 de Caesalpinia platyloba que se sometió a cromatografía en columna para su purificación. Para la obtención del benzofurano 8 fue tratado con DDQ y una solución de CH_2Cl_2 con HCl (10:1), en agitación a temperatura ambiente, utilizando CH_2Cl_2 como disolvente, durante 20 minutos. Para la formilación de 4, se añadió gota a gota $POCl_3$ (160 µL, 6,0 equiv.) a DMF (80 µL, 3,5 equiv.) agitando a 0°C. A continuación, se añadió lentamente una solución de 6β-acetoxivouacapano (4) (100 mg, 1,0 equiv.) en DMF (0,5 M) y se agitó durante 2 h a temperatura ambiente. A continuación, la mezcla de reacción se enfrió a 0C y se añadió hielo picado y la mezcla se agitó enérgicamente hasta la formación de un precipitado. Finalmente, el precipitado se filtró, se lavó con agua (5 mL) y se secó al vacío para obtener el aldehído vouacapano 9 como sólido blanco. Para la formilación del benzovouacapano 8, se añadió gota a gota $POCl_3$ (74 µL, 12,0 equiv.) a DMF (37 µL, 7,0 equiv.) bajo agitación a 0°C. A continuación, se añadió una solución de benzovouacapano 8 (22 mg, 1,0 equiv.) en DMF (0,5 M) y se agitó durante 2 h a 80°C. A continuación, la mezcla de reacción se enfrió a 0°C, se añadió hielo picado y se agitó enérgicamente hasta la formación de un

precipitado, que se filtró, se lavó con agua (5 mL) y se secó al vacío para obtener un polvo amarillo. Finalmente, se purificó por cromatografía en columna flash cromatografía flash con Hexano:EtOAc 8:2 (v/v) para obtener el aldehído benzovouacapano 10 como sólido beige (48%).

RESULTADOS. Se evalúo el potencial sintético del vouacapano mediante la reacción de formilación de Vilsmeier- Haack. Las estructuras obtenidas fueron caracterizadas vía ^{1}H y ^{13}C RMN.

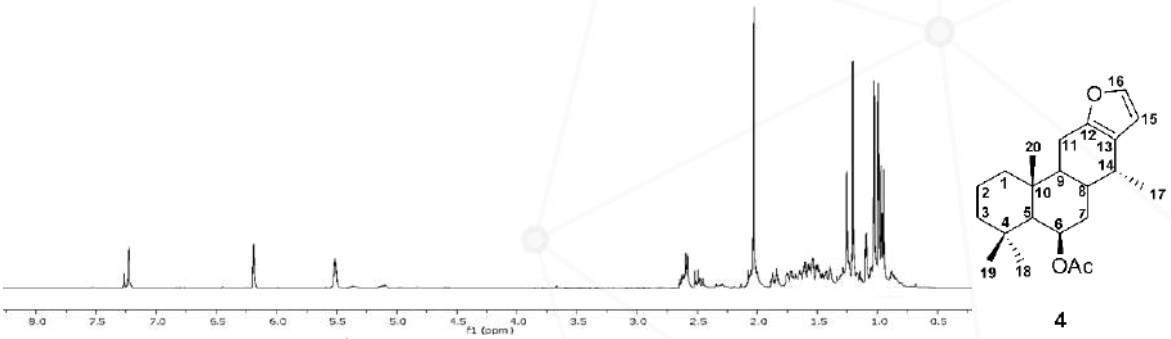


Figura 3. *Espectro de RMN de ^{1}H a 400 MHz del 6β-acetoxivouacapano (**4**).*

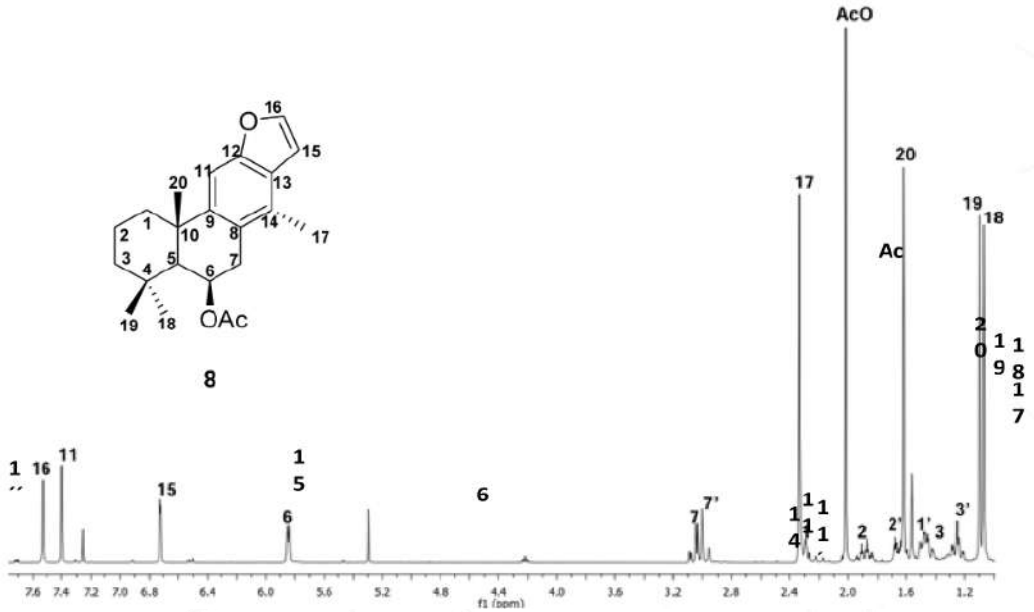


Figura 4. *Espectro de RMN de ^{1}H a 400 MHz del benzovouacapano (**8**).*

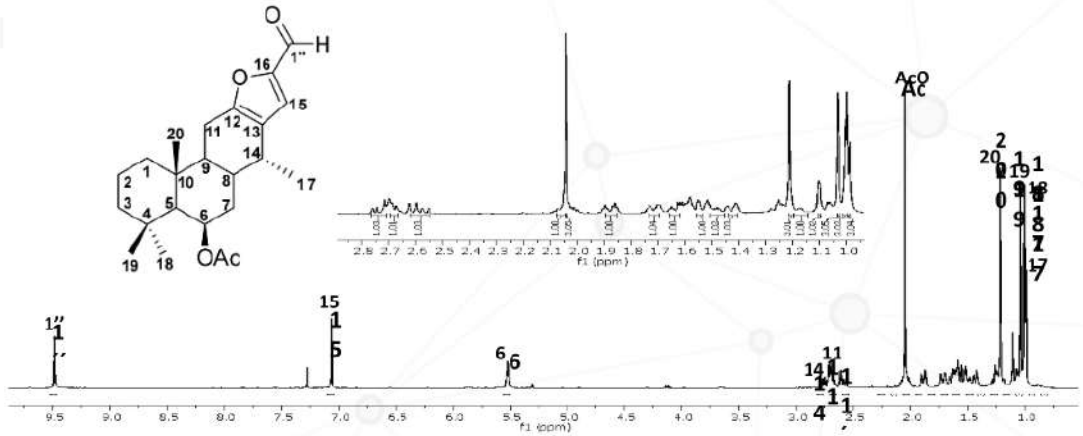
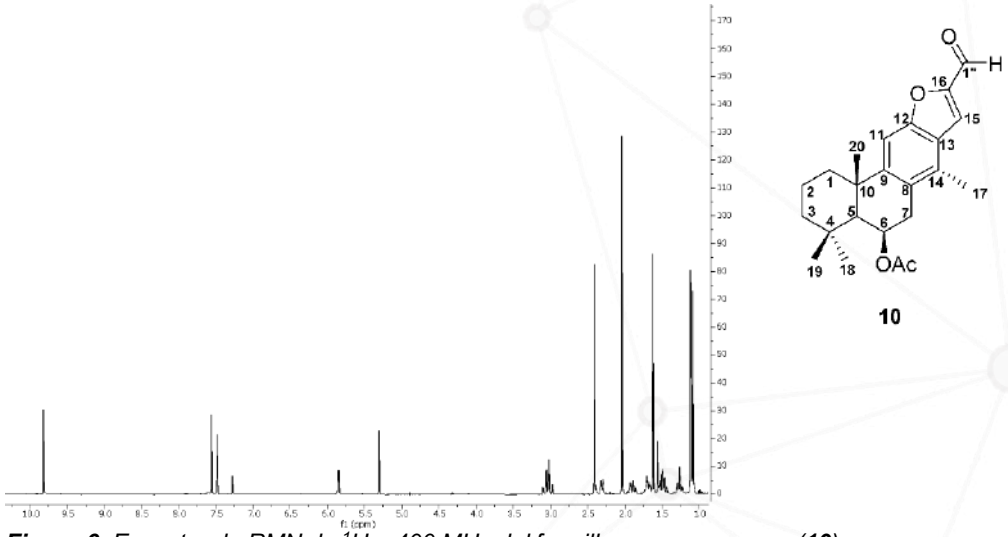


Figura 5. *Espectro de RMN de [1]H a 400 MHz del formilvouacapano (**9**)*



10

Figura 6. *Espectro de RMN de [1]H a 400 MHz del formilbenzovouacapano (**10**)*

CONCLUSIONES. La reacción de Vilsmeier-Haack demostró ser una herramienta eficaz al momento de introducir el grupo funcional aldehído en diterpenos con anillo de furano generando los vouacapanos.

REFERENCIAS.

1. Klok, D. A., Shakirov, M. M., Grishko, V. V., & Raldugin, V. A. (1995). Vilsmeier-Haack reaction of methyl lambertianate and non-sensitized photocyclization of the resulting product. Russian Chemical Bulletin, 44(12): 2412–2414.
2. Oliveira, L. A. R.; Oliveira, G. A. R.; Borges, L. L.; Bara, M. T. F.; Silveira, D. (2017). Isolation and structural characterization of two new furanoditerpenes from Pterodon emarginatus (Fabaceae). Journal Brazil. Chemistry Society. 28 (10), 1911-1916.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624118

ESTUDIO IN SILICO DE NEOLIGNANOS DERIVADOS DE ARISTOLOCHIA GLOSSA PFEIFER

Alejandra Noemí Mendoza-Varillas, Concepción Armenta-Salinas, Julio C. Ontiveros-Rodríguez, Ramón Guzmán-Mejía, Judit A. Aviña-Verduzco, Hugo A. García-Gutiérrez*
**Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. *hgarcia@umich.mx*

Palabras Clave: ADMET, in silico, Antimutagénico, fármacos, anticanceroso.

RESUMEN. Un estudio farmacológico en plantas medicinales enfocado en el tratamiento del cáncer y sus efectos mutagénicos busca descubrir compuestos con propiedades que puedan ayudar en la prevención y tratamiento del cáncer y sus efectos mutagénicos. Las herramientas computacionales están adquiriendo un papel cada vez más relevante en la investigación de la Absorción, Distribución, Metabolismo, Excreción y Toxicidad (ADMET).
El desarrollo de fármacos enfrenta una alta tasa de abandono, ya que muchas moléculas prometedoras no logran avanzar desde la detección in vitro, las pruebas en cultivos celulares, y los estudios preclínicos en animales hasta los ensayos clínicos en humanos. Una de las principales razones de estos fracasos es la falta de propiedades ADMET adecuadas, que pueden revelar problemas de seguridad y toxicidad no detectados en las primeras fases del desarrollo. Esto puede reducir la tasa de fracasos y acelerar el desarrollo de fármacos efectivos y seguros, optimizando el tiempo y los recursos invertidos en la investigación. Por lo tanto, la integración de métodos computacionales en el estudio de plantas medicinales con aplicaciones anticancerígenas y antimutagénicas es un avance prometedor que podría revolucionar la investigación farmacológica, permitiendo una identificación más rápida y precisa de candidatos a fármacos con alto potencial terapéutico.

INTRODUCCIÓN. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las plantas medicinales son especies que tienen propiedades curativas y preventivas, pueden ser nativas o exóticas, obtenidas en forma silvestre o cultivada.1
Esto nos lleva a realizar estudios para analizar los efectos de un medicamento o sustancia en organismos vivos, generalmente seres humanos o animales. Este tipo de estudio se centra en comprender cómo interactúa un medicamento con el cuerpo, su eficacia, su seguridad, sus posibles efectos secundarios y la dosis óptima.
Los estudios farmacológicos se dividen en dos grandes áreas:
Farmacodinámica.
Farmacocinética.
Estos estudios son fundamentales en el desarrollo de nuevos medicamentos, ya que ayudan a determinar si un fármaco es seguro y eficaz para su uso en la práctica clínica. Por lo tanto, las herramientas computacionales están ganando relevancia en la investigación relacionada con el ADMET de los fármacos.2

ANTECEDENTES. El género Aristolochia lo constituyen plantas herbáceas, vivaces o perennes, con rizomas engrosados y, en ocasiones, trepadoras. Las hojas son simples, alternas, enteras o con el margen algo ondulado. Es conocida comúnmente en México como guaco, raíz de guaco o bejuco de guaco.3 Basado en los antiguos usos y la semejanza de la yema de la flor al feto, las plantas fueron utilizados como un recurso de medicina para aliviar el dolor del parto. Por lo tanto, el nombre, aristos "mejor", y lochia "parto".4 Otras clases interesantes de compuestos químicos obtenidos de la Aristolochia son los lignanos y los neolignanos, los cuales presentan actividades biológicas como insecticidas, antituberculosos, antibacteriano, antimicótico y tripanocida. Además, son conocidos por sus efectos neuroprotectores, su efecto inhibidor de la producción de óxido nítrico, la prevención de la muerte neuronal inducida por el estrés oxidativo y el antagonismo con el efecto neurotrópico del veneno de escorpión.5

OBJETIVO. Aislar y purificar compuestos de la planta Aristolochia glossa Pfeifer, para su posterior modificación química y predicción in silico de su actividad biológica y su consenso farmacológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Colectar la planta Aristolochia glossa Pfeifer. Separar la especie vegetal en sus diferentes zonas anatómicas y secado a la sombra. Obtener los extractos orgánicos de los tallos de Aristolochia glossa Pfeifer. Someter a purificación el extracto de mediana polaridad empleando cromatografía en columna. Analizar e identificar los compuestos mayoritarios obtenidos mediante la caracterización por métodos físicos y espectroscópicos. Realizar el diseño de las modificaciones químicas en licarina-A. Realizar el estudio in sillico de licarina-A y sus derivados para predecir su actividad biológica y consenso farmacológico.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se inició con la colecta de la planta Aristolochia glossa Pfeifer, la cual se realizó en la localidad de Santa Casilda, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán. Posteriormente, se separaron las partes de la planta y se dejó secar a la sombra, a continuación, se redujo el tamaño de partícula y se llevó a maceración en orden ascendente de polaridad. Pasado el tiempo se llevó a filtrado, y se realizó un secado en el rotavapor. Se procedió a realizar una purificación empleando cromatografía en columna abierta empleando gel de sílice 70-230 mallas como fase estacionaria y como fase móvil mezcla de Hx:AcOEt. Posteriormente se realizó RMN para la determinación inequívoca de los compuestos obtenidos. Una vez que se aislaron y caracterizaron los compuestos, se realizó la modificación química del compuesto mayoritario, licarina-A. Finalmente, se llevó a cabo el estudio farmacológico de los compuestos 1-4 y derivado 5.

RESULTADOS. En la Tabla 1, se muestra al derivado **5**, el cual presenta una mayor actividad antileucémica. Para su actividad antineoplásica; los compuestos con mayor actividad son, compuesto **2**, **4** y derivado **5**. Finalmente, para la actividad antimutagénica, los compuestos que presentan mayor actividad son los compuestos **3** y **4**.

Derivado	Antileucémico	Antineoplásico	Antimutagénico
1	30	70	0
2	49	71	18
3	37	70	78
4	54	71	72

5	57	72	53

Tabla 1. *Predicción de actividad biológica de derivados de licarina-A en %.*

En el estudio *in silico* llevado a cabo en los compuestos y derivados de la Tabla 2, podemos observar que los compuestos con mayor actividad apoptótica son: el compuesto **1** y el derivado **5** con 76 y 64% de actividad agonista respectivamente.[6]

DERIVADO	AGONISTA DE LA APOPTOSIS
1	76
2	65
3	79
4	68
5	64

Tabla 2. *Porcentaje de la actividad agonista de la apoptosis en los compuestos y derivados de la licarina-A.*

La predicción de los derivados **1**, **2**, **3** y **4**, ha mostrado actividad sobre las líneas celulares NALM-6, K562 y RPMI-8226. Además, se observa que el compuesto **4** no posee actividad contra cáncer de colón (HCC 2998); además se logró incrementar el porcentaje de actividad en la línea celular de leucemia (K562) en el derivado **5** (44%).

Compuesto	NALM-6	K562	RPMI-8226	HCC 2998	WI-38 VA13	SF-295
	Leucemia	Leucemia	Mieloma	Colón	Pulmón	Cerebro
1	—	—	58	56	64	51
2	42	42	41	—	40	—
3	—	—	49	—	46	—
4	42	41	40	—	41	—
5	42	44	40	38	39	—

Tabla 3. *Porcentaje de predicción en la actividad citotóxica de las líneas celulares de compuestos y derivados de la licarina-A.*

En la Tabla 4, se observa que el derivado **5** presenta un resultado muy satisfactorio con gran absorción gastrointestinal y volumen de distribución muy satisfactorio y además una permeabilidad del Caco-2 muy satisfactoria para el compuesto **4**, y en cuanto a su toxicidad todos los modelos evaluados presentaron muy buenos resultados.

	MODELO	1	2	3	4	5	UNIDAD
Absorción	Solubilidad en agua	−5.34	−4.41	−5.17	−4.98	−5.599	mol/l
	Absorción gastrointestinal	23	99.0	10.0	95.0	98.0	% absorbido
	Permeabilidad Caco-2	0.8183	0.901	0.7906	1.376	1.366	cm/s
Distribución	Volumen de distribución	0.72	1.177	0.459	0.065	0.009	Log L/kg
	Permeabilidad BHE	−0.1	−0.65	−0.65	−0.334	−0.241	Log BB
Metabolismo	3A4 inhibidor	SI	SI	NO	SI	SI	SI/NO
	2D6	NO	SI	NO	NO	NO	SI/NO
Excreción	Excreción total	0.166	0.178	0.88	0.236	0.294	ml/min/kg
Toxicidad	AMES	NO	NO	NO	NO	NO	SI/ NO
	hGER 1	NO	NO	NO	NO	NO	SI/ NO
	hGER 2	NO	NO	NO	NO	NO	SI/ NO

Tabla 4. *Absorción, Distribución, Metabolismo, Excreción y Toxicidad de compuestos y derivados de la licarina-A.*

Muy satisfactorio **Satisfactorio** **Poco satisfactorio**

CONCLUSIONES. En el presente estudio farmacológico, se evaluaron una serie de compuestos que mostraron una mayor eficacia en el tratamiento de diferentes líneas celulares, destacándose su aplicación principalmente en el tratamiento de leucemias, mieloma y cáncer de colon. Los resultados obtenidos sugieren que estos compuestos no solo poseen una actividad terapéutica significativa, sino que también presentan un potencial prometedor para ser desarrollados como agentes terapéuticos efectivos. Además, sugiere que estos compuestos presentan características favorables en términos de absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad. Por lo cual estos hallazgos abren nuevas perspectivas en el diseño de terapias dirigidas para cánceres, especialmente en un contexto donde se busca mejorar la eficacia y reducir los efectos adversos asociados a los tratamientos convencionales.

REFERENCIAS.

1. Barraza, M.A., Calabró, L.R., Delgado, E.M., Peñaloza, I., Suarez, A.L., (2020). Usos Y Conocimientos De Plantas Medicinales. https://Ri.Unsam.Edu.Ar/Bitstream/123456789/1316/1/Tfi%20icrm%202020%20bma-Clr-Dem-Pai-Smal.Pdf.
2. Lilimonov D.A., Lagunin A.A., Gloriozova T.A., Rudik A.V., Druzhilovskii D.S., Pogodin P.V., Poroikov V.V. (2014). Prediction of the biological activity spectra of organic compounds using the PASS online web resource. Chemistry of Heterocyclic Compounds, 50, 444-457. https://doi.org/ 10.1007/s10593-014-1496-1
3. Bruce. B Parker, John B. (1966). Revision of the North and Central America hexandrous species of Aristolochia (Aristolochiaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden. 53(2), 115-196. https://doi.org/10.2307/2394940
4. González, F. y. Pabón, N. (2018). Sinopsis actualizada de Aristolochia (Aristolochiaceae: Piperales) en Panamá. Acta Botánica Mexicana, 122(1), 109-140. https://doi.org/10.21829/abm122.2018.1249
5. Pereira, M. D. P., da Silva, T., Aguiar, A. C. C., Oliva, G., Guido, R. V. C., Yokoyama-Yasunaka, J. K. U., Uliana, S. R. B., & Lopes, L. M. X. (2017). Chemical Composition, Antiprotozoal and Cytotoxic Activities of Indole Alkaloids and Benzofuran Neolignan of Aristolochia cordigera. Planta Medica, 83(11), 912-920. https://doi.org/10.1055/s-0043-104776
6. Feixiong C, Weihua L, Yadi Z, Jie S, Zengrui W, Guixia L, Philip W. L, Yun T. (2012), admetSAR: a comprehensive source and free tool for evaluating chemical ADMET properties. Journal of Chemical Information and Modeling, 52(11), 3099-3105. https://doi.org/ 10.1021/ci300367a

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624119

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL TRITERPENO MAYORITARIO DE PSITTACANTHUS CALYCULATUS PARASITANDO UNA ESPECIE DE CRATAEGUS

Enrique Morales-Huerta[1], Hugo A. García-Gutiérrez[2], Judit A. Aviña-Verduzco[2], Julio C. Ontiveros Rodríguez[3]

1Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH. 2206205@umich.mx

2Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH. hgarcia@umich.mx, jaavina@umich.mx

3CONAHCYT-Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH. jontiverosr@conahcyt.mx

Palabras Clave: Muérdagos americanos, Triterpenos, Resonancia Magnética Nuclear,

RESUMEN. Los muérdagos son especies de plantas hemaparasitarias que pueden representar un problema forestal y económico debido a la facilidad de su dispersión. Sin embargo, también podrían ser explotados como fuentes importantes de compuestos orgánicos con posible interés farmacológico. En la presente investigación, con la ayuda de la cromatografía en capa fina y cromatografía en columna se logró aislar uno de los compuestos mayoritarios del extracto hexánico del muérdago Psittacanthus calyculatus parasitando una especie de Crataegus, el cual con el empleo de espectros de RMN de 1H, 13C y de experimentos en dos dimensiones como COSY y HSQC y HMBC, y por comparación con datos reportados en la literatura, se identificó como el triterpeno butirospermol.

INTRODUCCIÓN. Los muérdagos son plantas hemaparasitarias o semi-parasitarias que afectan árboles y arbustos por igual, ya que estas plantas no pueden obtener sales minerales y agua directamente del suelo, haciéndolas incapaces de llevar a cabo la fotosíntesis para su supervivencia. Una infestación de esta planta representa un gran problema a nivel ecológico, ya que pueden provocar la muerte del árbol o arbusto que se encuentran parasitando (Valencia, 2009). Adicionalmente, los muérdagos presentan una facilidad bastante amplia de dispersión. El control de esta plaga conlleva un gasto económico importante, debido a que constantemente se deben realizar las podas de las ramas que se encuentran afectadas por el muérdago. De manera opcional también pueden aplicarse tratamientos químicos, como lo son los herbicidas específicos, para asegurar la eliminación total del muérdago (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2018). Por otro lado, los triterpenos (30 átomos de carbono) son compuestos naturales que se construyen a partir de seis unidades de isopreno, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal y desempeñan un papel importante en la naturaleza (Cano Flores, 2013).

ANTECEDENTES. La presencia de alcaloides, saponinas y terpenos se ha reportado en diferentes géneros y especies de muérdagos (Sánchez-Arreola et al., 2004,), lo que indica sus potenciales valores medicinales. El estudio fitoquímico de la fracción soluble en metanol

de un extracto acuoso de una muestra de Psittacanthus calyculatus recolectada de la planta huésped Prosopis laevigata (mezquite liso), utilizando varias técnicas, resultó en la identificación de ácido gálico, dos flavonol-3-biósidos y el aminoácido no proteico N-metil-trans-4-hidroxi-L-prolina (Moustapha et al., 2011). Por otro lado, Flores Sierra et al. (2024) realizaron un estudio en Psittacanthus calyculatus ubicado en el cerro del Palenque de Purísima del Rincón, Guanajuato donde evidenciaron la presencia de fenoles, flavonoides, alcaloides, entre otros. Además, Flores Sierra y Godínez Amador (2023) llevaron a cabo un estudio fitoquímico del extracto acuoso de Psittacanthus calyculatus, donde determinaron el contenido de flavonoides. Estos resultados muestran que Psittacanthus calyculatus, contiene compuestos importantes con aplicación farmacéutica ya que promueven una buena actividad antioxidante.

OBJETIVO. Aislar, purificar y caracterizar uno de los componentes mayoritarios del extracto hexánico de Psittacanthus calyculatus parasitando una especie de Crataegus.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó la colecta de la planta en una región cerca de la localidad de Cuto de la Esperanza en el municipio de Morelia, Michoacán. Se separaron los tallos y hojas, para posteriormente dejarlos secar a la sombra. Una vez seca, se realizó la molienda y extracción por maceración en hexano durante 4 días. Transcurrido el tiempo, se procedió al filtrado y concentración con ayuda del rotavapor. Posteriormente, se tomaron 10 g del extracto y se realizó una saponificación con una disolución al 5% de KOH en MeOH. Se dejó en reflujo durante 3 h para después pasar a un embudo de separación para extraer con AcOEt con la finalidad de obtener la materia no saponificable. Se realizaron tres lavados con agua destilada, logrando recuperar la fase orgánica, que después se concentró en el rotavapor obteniéndose 6.2 g de una miel color amarillo claro. Se tomaron 3 g de la materia no saponificable y se corrió una columna cromatográfica empleando gel de sílice de 230-400 Mesh. Se eluyó con hexano y después con mezclas de hexano-CH_2Cl_2 8:2 y después hexano-AcOEt 9:1, colectando fracciones de aproximadamente 5 ml. Se analizaron las fracciones por cromatografía en capa fina (CCF) y se adquirieron espectros de RMN de 1H y 13C de algunas de las fracciones, así como experimentos de dos dimensiones tales como, COSY, HSQC y HMBC.

RESULTADOS. De las fracciones eluidas con la mezcla de hexanos-acetato de etilo 9:1 se logró el aislamiento de un compuesto mayoritario según se observó por medio de cromatografía en capa fina que se analizó por medio de RMN de ^{1}H (Figura 1), cuyo espectro reveló la presencia de hidrógenos de naturaleza vinílica, por las señales en 5.25 y 5.09 ppm así como de un hidrógeno base de oxígeno por la señal en 3.24 ppm y la presencia de varios metilos por las señales en 1.68 (s), 1.60 (s), 0.97 (s, dos señales traslapadas), 0.86 (s), 0.85 (d), 0.80 (s), y 0.74 (s).

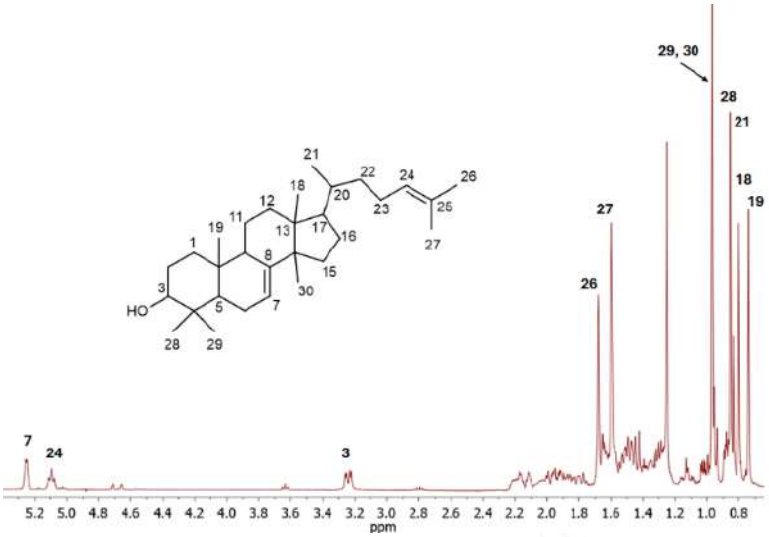


Figura 1. *Espectro de RMN-^{1}H (400 MHz, $CDCl_3$) del butirospermol.*

En el espectro de RMN de ^{13}C (Figura 2) se observaron 30 señales, destacando la ausencia de carbonilos, la presencia de cuatro carbonos vinílicos por las señales en 146.0, 131.1, 125.3 y 117.9 ppm, además de un carbono base de oxígeno en 79.4 ppm. La presencia de las 30 señales sugirió que el compuesto se trataba de un triterpeno.

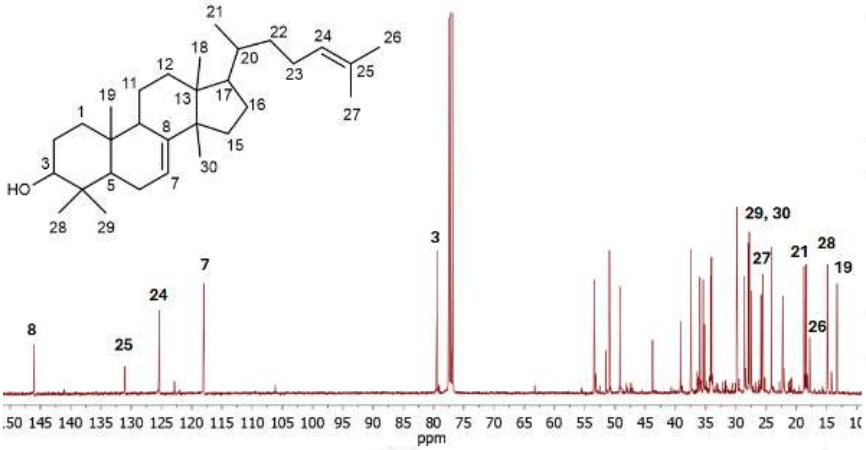


Figura 2. *Espectro de RMN-^{13}C (125 MHz, $CDCl_3$) del butirospermol.*

Por otro lado, en el experimento HSQC (Figura 3) se logró la identificación en la molécula de ocho metilos, nueve metilenos, siete metinos y seis carbonos cuaternarios, para dar una fórmula molecular de $C_{30}H_{50}O$, considerando la presencia de un oxhidrilo y dos dobles enlaces en la molécula. Sustituyendo el oxhidrilo y los dobles enlaces en la estructura, se tiene una fórmula molecular de $C_{30}H_{54}$, que correspondería con una estructura tetracíclica cuya fórmula general es C_nH_{2n-6}. Una vez propuesta la estructura triterpénica tetracíclica, se procedió a realizar el análisis de las señales más representativas con ayuda del experimento HSQC, tales como las observadas en el espectro de RMN de ^{1}H en 5.25 y 5.09 ppm, las cuales correlacionaron con las señales en 117.9 y 125.4 en el espectro de ^{13}C, respectivamente. Además, la señal del hidrógeno base del oxhidrilo en 3.24 ppm correlacionó con la señal en 79.4 ppm. También, las señales de los metilos vinílicos en 1.68

y 1.60 ppm correlacionaron con las señales en 17.8 y 25.8 respectivamente, y correspondieron a los metilos vinílicos Me-26 y Me-27 en ese orden. La señal simple intensa en 0.97 ppm correspondió a dos metilos y correlacionó con las señales en 27.8 y 27.5, asignadas para los metilos Me-29 y Me-30 respectivamente (pueden estar intercambiados). La señal simple observada en 0.86 ppm correlacionó con la señal del carbono en 14.9 ppm, la cual corresponde al metilo Me-28. La señal doble de metilo en 0.85 ppm (traslapada con la señal del metilo Me-28) correlacionó con la señal del carbono en 18.8 ppm y se asignó al Me-21. Así mismo, la señal de metilo en 0.80 ppm correlacionó con la señal del carbono en 22.3 ppm, asignada al Me-18. También fueron importantes las correlaciones observadas para la señal simple en 0.76 ppm, que correlacionó con la señal del carbono en 13.3 ppm, asignadas para el Me-19.

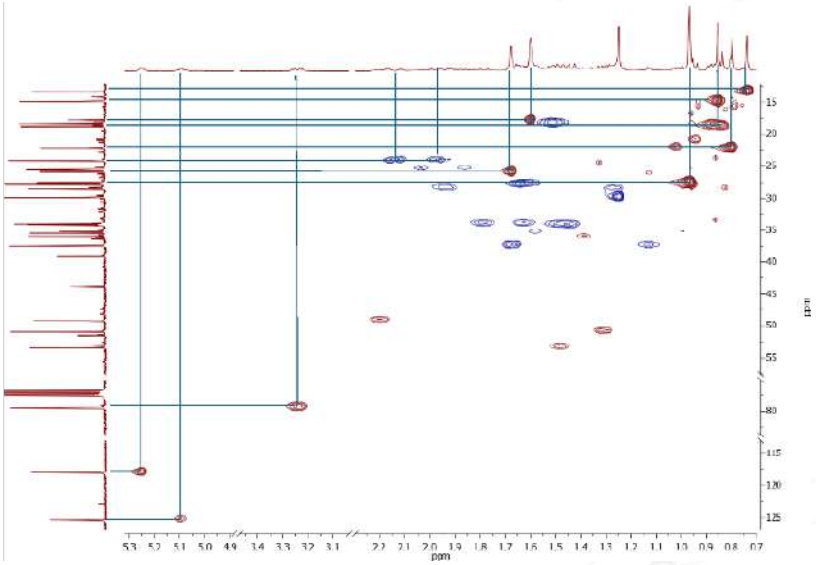


Figura 3. *Experimento HSQC (con cortes) del butirospermol.*

Por otro lado, el experimento HMBC permitió la diferenciación de las señales de los hidrógenos vinílicos por las correlaciones mostradas a dos y tres enlaces. La señal de H-24 fue distinguida por las correlaciones mostradas por los metilos Me-26 (1.60 ppm) y Me-27 (1.68 ppm) con el carbono vinílico cuaternario en 131.0 ppm y con el CH vinílico en 125.4 ppm, el cual a su vez mostró correlación en el HSQC con la señal en 5.09 ppm definiendo de esta forma esta posición vinílica y dejando por descarte la señal en 5.25 ppm para el hidrógeno vinílico H-7. También, el HMBC confirmó las asignaciones realizadas para los metilos Me-28 y Me-29, ya que la señal del hidrógeno base del oxhidrilo en 3.24 ppm mostró correlaciones a tres enlaces para las señales de los carbonos en 27.8 y 14.9 ppm. La señal de 3.24 ppm también permitió asignar la señal para el carbono cuaternario C-4 en 39.2 ppm, para la cual también se observaron correlaciones de las señales de los metilos Me-28 y Me-29. La señal del metilo Me-30 en 0.97 ppm también fue confirmada con este experimento, ya que fue muy notoria la correlación a tres enlaces con la señal del carbono vinílico C-8 en 146.1 ppm. Estos datos fueron comparados con los descritos en la literatura para algunos triterpenos tetracíclicos conteniendo dos dobles enlaces, uno de ellos formando parte de la cadena alifática y conteniendo dos metilos. Los datos experimentales coincidieron con los descritos en la literatura para el butorispermol (Goad & Akihisa, 2012). Sin embargo, se encontró que en algunos trabajos los datos de los espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C (Wu et al.,

2006) no son concordantes con los descritos el presente trabajo y en la fuente en donde hubo una mejor concordancia de los datos espectrales, por lo que valdría la pena realizar la asignación completa de los datos con el compuesto completamente puro para poder eliminar ambigüedades en las asignaciones.

CONCLUSIONES. Se identificó la presencia del butirospermol como componente mayoritario en el extracto hexánico mediante espectroscopía de RMN de 1H y 13C, junto con los datos experimentales de RMN en dos dimensiones y por comparación de los datos espectroscópicos experimentales con los descritos en la literatura.

REFERENCIAS.

1. Cano Flores, A. (2013). Biotransformación de triterpenos con diferentes microorganismos. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 44(2), 7–16.
2. Flores-Sierra, J.J, Sánchez-Guevara, D., Xoca-Orozco, L.A., Hernández-Mendoza, G., Reyes-Bautista, R. (2024). Análisis fitoquímico de compuestos de interés terapéutico del muérdago Psittacanthus Calyculatus ubicado en el cerro del Palenque de Purísima del Rincón, Guanajuato. Revista Bio Ciencias, 11, e1572.
3. Flores-Sierra, J.J., Godínez-Amador, M.F. (2022) Evaluación de la actividad biológica de compuestos bioactivos con aplicación biomédica a partir de extractos de muérdago Psittacanthus Calyculatus. 25 Verano de la Ciencia de la Región Centro
4. Goad, J., & Akihisa, T. (2012). Analysis of sterols. Springer Science & Business Media. 406.
5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2018). Identificación, distribución y control de muérdago enano en bosques de coníferas. Comunicado. Disponible en línea: https://www.gob.mx/inifap/prensa/identificacion-distribucion-y-control-de-muerdago-enano-en-bosques-de-coniferas
6. Moustapha, B., Marina, G. D., Raúl, F., Raquel, C., & Mahinda, M. (2011). Chemical Constituents of the Mexican Mistletoe (Psittacanthus calyculatus). Molecules, 16(11), 9397-9403. https://doi.org/10.3390/molecules16119397
7. Sánchez-Arreola, E., Maiti, R., & Trujillo-Pérez, B. (2004). Morpho-anatomical characters and secondary metabolites from Psittacanthus calyculatus (Loranthaceae). Phyton (Buenos Aires), 73, 119-121.
8. Valencia, D.M. (2009) El Muérdago en la Ciudad de México. Revista ArbolAMA No. 2.
9. Wu, J., Li, M., Xiao, Z., Zhou, Y. (2006). Butyrospermol fatty acid esters from the fruit of a Chinese mangrove Xylocarpus granatum. Zeitschrift für Naturforschung B, 61(11), 1447-144.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624122

APLICACIÓN DE LA TURBIDIMETRÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE AZUFRE EN RESINA DE *pinus devoniana*

Andrea N. Huerta-López[1], Germán Rojas-Rodríguez[2], Lucero Zúñiga-Alcantar[3], Jorge L. Meza-Colin4, Gabriela Rodríguez-García5, Rosa E. del Río6, Mario A. Gómez-Hurtado[7], Abril Munro-Rojas[8]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0302974@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1588528@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1608007f@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gabriela.rodriguez@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; norma.del.rio@umich.mx

7Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mario.gome@umich.mx

8Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; abril.munro@umich.mx

Palabras Clave: Azufre, resina, detección.

RESUMEN.
La resina de pino es un producto forestal no maderable que está expuesta a diversos factores contaminantes. Una sustancia que para algunas aplicaciones puede considerarse un contaminante es el azufre en sus diversas formas químicas, ya sea provenientes de la tierra, corteza o por el uso de estimulantes químicos en el método de resinación. Una de las alternativas para la detección y cuantificación de azufre en la resina de pino se centra en las mediciones por turbidimetría. En el presente trabajo se realizó la determinación del ion sulfato presente en dos muestras acuosas de resina de Pinus devoniana mediante turbidimetría. El método se evaluó por quintuplicado, demostrando la viabilidad de la metodología para mediciones directas del ion sulfato.

INTRODUCCIÓN. La extracción de resina de pino, mejor conocida como resinación, ha sido una práctica antigua aplicada desde la época prehispánica (Arias, 2006). Para la extracción de resina de pino en el mundo se han aplicado diferentes métodos de resinación que van desde lo convencional sin aplicación de estimulantes hasta lo moderno que es la aplicación de estos, los cuales se han encontrado reportes que presentan concentraciones desde el 20% hasta un 60% en su formulación (Meza, 1998;Kossuth, 1989; Rodrigues 2009; Rodrigues, 2008). La mayoría de estos estimulantes comerciales no solo presentan ácido sulfúrico, sino que contienen precursores como él (ácido 2-cloroetilfosfónico, CEPA) que se aplican a los lugares expuestos, para aumentar el flujo de resina y para extender el período de resinación (Kossuth, 1989; Rodrigues, 2009; Rodrigues, 2008). Sin embargo, el azufre aplicado en la extracción podría presentar efecto en la calidad y los derivados de la resina, por ello es importante desarrollar un método de cuantificación de estas partículas para el desarrollo de la industria resinera.

ANTECEDENTES. Las resinas naturales son una mezcla semisólida de gran viscosidad, constituida por esencias destilables y otras sustancias acompañantes. Las resinas están

conformadas principalmente por sustancias que contienen entre 12 y 80 átomos de carbono (Betancourt & Villalba, 2000). Se caracterizan por su estabilidad química: son inertes, no son atacadas fácilmente por ácidos y bases. Poseen estructura amorfa, raramente cristalina, volviéndose pegajosas cuando se calientan a temperaturas relativamente altas (Osorio, 2006). Para la obtención de la resina existen diferentes métodos que se emplean en pinos como, por ejemplo: sistema tradicional primitivo o rústico, sistema de cajete, método francés o método de Hughes, método alemán o espina de pescado, sistema de resinación francés modificado para México. Siendo este ultimo el utilizado en el país, el cual fue implementado en 1937. En Michoacán se comenzó a implementar en 1954 (Reyes-Ramos, et al., 2019). Debido a los efectos destructivos que generan los sistemas utilizados en México como el sistema de cajete, Crott y Masek provocó que el Servicio Forestal Federal prohibiera su aplicación y ordenará la opción del sistema Frances de Hughes, este sistema es aplicable para aquellos árboles que son mayores a 30 cm de diámetro, ya que con esta característica se determina el número de caras que se pueden realizar en el árbol después de que cumplan 20 años (Romahn de la Vega, 1992). Por otro lado, ha surgido interés por métodos de resinación con estimulación química como H2SO4, desde hace tiempo la estimulación química ha logrado tener impacto en los países industrializados ya que ha demostrado mejorar el flujo en la extracción de resina de pino (Parham, 1976). Los estimulantes químicos como el H2SO4 son aplicados en la superficie de la albura, en donde emigran hacia arriba en el tejido cercano al cambium. Las células del cambium se cierran y se recubren con el estimulante en los extremos de los conductos de la resina, lo que ocasiona que mueran y fluyan las oleorresinas entre la madera y la corteza hacia la cara (Nikolaev & Sinelobov, 1936). El Pinus devoniana Lindley, también conocido como pino michoacano o pino de Devon, es una especie de conífera originaria de México (Morales-Martínez, 2023). Pertenece a la familia Pinaceae y puede alcanzar alturas de entre 20 hasta 50 metros (Zhang et al., 2014). Esta especie se adapta con facilidad a diferentes condiciones ambientales, particularmente en altitudes más altas y climas fríos, son resistentes, adaptables y presentan agujas de color verde oscuro, corteza gruesa y conos grandes (Morales-Martínez, 2023; Castellanos-Acuña et al., 2015). Su adaptación a mayores altitudes y climas fríos exhibe una gran resistencia a enfermedades y plagas (Nunes et al., 2020). Esta especie de Pinus se conoce por tener un rápido crecimiento, lo que la convierte en una opción interesante para reforestar (Enríquez-Velázquez et al., 2017). Además, la corteza de esta especie es gruesa y escamosa, lo que brinda protección contra incendios forestales, sus conos tienen forma ovalada y llegan a crecer entre 10 y 15 metros de alto (Castellanos-Acuña et al., 2015). Por su tronco recto y la producción de conos que genera esta especie, se convierte en un candidato importante y valioso para la producción de madera comercial (Morales-Martínez, 2023).

OBJETIVO. Probar un procedimiento para la medición precisa de azufre en resinas de pino, empleando aguarrás de pino y metanol (MeOH) como principales disolventes, y analizar la eficacia del método a través de espectrofotometría.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizaron 2 pruebas donde por cada una se pesaron 10 gramos de resina de Pinus devoniana y se disolvieron en 10 mL de aguarrás en un vaso de precipitado y en 10 mL de MeOH en otro. A cada solución se le añadió 190 µL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y se dejó en agitación durante 24 h. Tras este período, se añadieron 40 mL de agua destilada a cada muestra y se continuó la agitación durante otras 24h. Las soluciones fueron filtradas utilizando algodón para eliminar las partículas sólidas.

A 1 mL del filtrado se le incorporó un agente precipitante para el azufre, y la mezcla se analizó con un espectrofotómetro de placa a una longitud de onda de 490 nm para determinar la concentración de azufre.

RESULTADOS. En la Fig. 1, se presentan las absorbancias de las muestras en función del disolvente utilizado. Para la muestra disuelta en aguarrás, la absorbancia máxima alcanzó 1.717, mientras que la mínima fue de 1.618, con una desviación estándar promedio de ±0.0411. En contraste, la muestra disuelta en MeOH mostró una absorbancia máxima de 1.729 y una mínima de 1.654, con una desviación estándar promedio de ±0.0298.

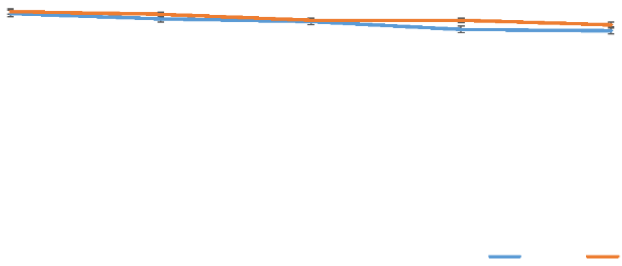


Fig. 1. *Grafica de absorbancia con aguarrás y metanol como diluyentes para la detección de azufre en resina de Pinus devoniana.*

CONCLUSIONES. Las muestras disueltas en MeOH presentaron una absorbancia máxima y mínima ligeramente superiores en comparación con las disueltas en aguarrás, y además, mostraron una menor desviación estándar, indicando una mayor consistencia en los resultados.

REFERENCIAS.

1. Arias, T. A.A. & Chávez L.A. (2006). Resina: entre la madera y el desarrollo comunitario integral. CONABIO.
2. Castellanos-Acuña D. Lindig-Cisneros R. & Sáenz-Romero C. (2015). Altitudinal assisted migration of Mexican pines as an adaptation to climate change.
3. Enríquez-Velázquez O. Aguilar-Aguilar R. Valencia-Cantero E. & Velázquez-Becerra C. (2017). Perfil fisicoquímico y microbiológico de tres distintos suelos forestales y su efecto en el crecimiento de Pinus devoniana Lindl.
4. McReynolds, R. D. & Kossuth, S. v (1984). CEPA in Sulfuric Acid Paste Increases Oleoresin Yields.
5. Meza-Izquierdo, M. (1998). Bioestimulantes, una oportunidad para incrementar los rendimientos de resina de pino (Pinus caribeae Morelet, P. Tropicalis Morelet y P. Cubensis Griseb).
6. Morales-Martínez R., Castrejón-Antonio J. E. Sánchez-Rangel J. C. Ballesteros-Torres J. Jaimes-Yañez, N. & Fuentes-Guardiola L. T. (2023). Ips apache1 Infestation of Pinus devoniana (= Pinus michoacana) in Southern Jalisco, Mexico.
7. Nikolaev N F, Sinelobov. (1936). For. Chem. Indus. (USSR) No. 6, 4. Reported in Ostrom et al (1951).
8. Nunes L. J. Meireles, C. I. Pinto Gomes, C. J. & Almeida Ribeiro, N. M. (2020). Forest contribution to climate change mitigation: Management oriented to carbon capture and storage.
9. Osorio Pérez, C. M. (2006). Caracterización de oleorresina de la especie Pinus caribaea por el sistema de pica de corteza con ácido sulfúrico.
10. Parham MR. (1976). Stimulation of oleoresin yield in conifers. Outlook on Agriculture.

11. Reyes-Ramos A. J. Cruz de León, A. Martínez-Palacios, P. C. M. Lobit, J. E. Ambríz-Parra & N. M. Sánchez-Vargas. (2019). Caracteres ecológicos y dendrométricos que influyen en la producción de resina en Pinus oocarpa de Michoacán, México.
12. Rodrigues KCS, Azevedo PC, Sobreiro LE, Pelissari P, Fett-Neto AG. (2008). Oleoresin yield of Pinus elliottii plantations in a subtropical climate: effect of tree diameter, wound shape and concentration of active adjuvants in resin stimulating paste.
13. Rodrigues KCS & Fett-Neto AG. (2009). Oleoresin yield of Pinus elliottii in a subtropical climate: seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid based.
14. Rodrigues K. C. S. Azevedo, P. C. N. Sobreiro, L. E. Pelissari, P. & Fett-Neto, A. G. (2008). Oleoresin yield of Pinus elliottii plantations in a subtropical climate: effect of tree diameter, wound shapeand concentration of active adjuvants in resin stimulating paste.
15. Romahn de la Vega. C. F. (1992). Principales productos forestales no maderables de México.
16. Zhang, D. Xia, T. Yan, M. Dai, X. Xu, J. Li, S. & Yin, T. (2014). Genetic introgression and species boundary of two geographically overlapping pine species revealed by molecular markers.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624124

MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE UN GLUCÓSIDO DE CRISINA PARA LA OBTENCIÓN DE DERIVADOS CON POTENCIAL ACTIVIDAD BIOLÓGICA

Lirenny Quevedo Tinoco[1], Elena Talero[2], Virginia Motilva[3], Javier Ávila-Román[4], Rosa E. del Río[5], Gabriela Rodríguez-García[6], Mario A. Gómez-Hurtado[7]

1Instituto de investigaciones Químico-Biológicas; liqueti_29@hotmail.com

2 Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla; etalero@us.es

3 Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla; motilva@us.es

4Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla; javieravila@us.es

5Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas; ndelrio@umich.mx

6Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas; Gabriela.rodriguez@umich.mx

7Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas; magomez@umich.mx

Palabras Clave: Productos naturales, flavonoides, evaluación biológica.

RESUMEN. Las plantas son una fuente de importantes metabolitos de interés para los seres humanos. Además de los nutrientes básicos que nos brindan, como las proteínas, grasas y carbohidratos, también son una fuente de compuestos conocidos como metabolitos secundarios. Se conoce que la mayoría de estos compuestos presentan algún tipo de aplicación benéfica para el hombre, además se ha explorado en la preparación de derivados a partir de estos con la finalidad de obtener nuevas moléculas con potencial actividad biológica. En el presente trabajo se describe la preparación de tres derivados a partir de un glucósido de crisina aislado de las hojas de Mimosa rosei y se evaluó la actividad citotóxica contra células de cáncer de colon y melanoma, y la actividad antiinflamatoria mediante la medición de citocinas proinflamatorias (TNF-α e IL-1β) y antiinflamatoria (IL-10) tanto del compuesto natural como de sus derivados. El compuesto natural mostró baja actividad sobre las líneas celulares evaluadas, mientras que dos de los derivados mostraron mejoría en la actividad citotóxica. Además, la determinación de su capacidad antiinflamatoria mostró que los compuestos no disminuyeron los niveles de las citocinas pro-inflamatorias, sin embargo, uno de los derivados mostró un marcado aumento en la cantidad de estas. Este efecto es considerado importante ya que la familia de citocinas IL-1 influyen en la inmunidad nata.

INTRODUCCIÓN. Los flavonoides son un grupo de metabolitos secundarios pertenecientes a la familia de los compuestos fenólicos, se conocen cerca de 10,000 tipos de flavonoides aislados de la naturaleza (Kumar, 2013). Estos compuestos se pueden clasificar en varias subcategorías tomando en cuenta su estructura, grado de insaturación y de oxidación, y así se dividen en chalconas, flavonas, flavonoles, flavandioles, antocianidinas, catequinas y taninos condensados, además de flavanonas e isoflavonoides (Falcone, M & Rius, S., 2012). Se ha descrito que los flavonoides presentan importantes actividades biológicas, como su capacidad antioxidante, la cual se ha relacionado con el grado de sustituyentes OH que contiene la molécula (Heim, 2002), actividad hepatoprotectora (Tapas, 2008),

actividad antibacteriana contra gran rango de microorganismos, así como actividad antiinflamatoria, anticancer y antiviral (Kumar, 2013).

ANTECEDENTES. La modificación estructural de los flavonoides puede mejorar la potencial actividad benéfica de estos compuestos como lo han demostrado las investigaciones de Nile; en dónde la preparación de derivados alquilados de la luteolina, apigenina, crisina y diosmetina, condujo a la obtención de moléculas con mejores propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y citotóxicas (Nile, 2018). También se han sometido diferentes tipos de chalconas, flavonas y flavonoles a condiciones de reacción de Friedel-Crafts, obteniéndose compuestos con potencial actividad antioxidante y antidiabético (Worawalai & Phuwapraisirisan, 2019).

OBJETIVO. Preparar derivados esterificados a partir de la flavona crisina-7-O-glucósido (1) y evaluar su potencial actividad citotóxica frente a líneas de cáncer de colon y melanoma, y la actividad antiinflamatoria vía ensayos ELISA.

MATERIALES Y MÉTODOS. Preparación de derivados. La flavona 1 se sometió a condiciones de acetilación con anhidrido acético y piridina durante 4 h sobre baño de vapor para la obtención de 1a. El compuesto 1c se obtuvo mediante las condiciones de acetilación con los reactivos anteriormente mencionados, pero a temperatura ambiente y por 3 h. Para la obtención del derivado carbonatado 1b se disolvió la materia prima 1 en piridina y se añadió cloroformiato de etilo, la reacción se dejó en agitación por 5 h. Los productos de reacción se extrajeron con acetato de etilo y se realizaron lavados con solución 10% de HCl, $NaHCO_3$ y agua para así obtener los derivados.
Actividad Citotóxica. Se llevó a cabo mediante la técnica de MTT (bormuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il) -2,5-difenil tetrazolio). Las líneas celulares evaluadas fueron adenocarcinoma de colon humano HT-29 y melanoma maligno UACC-62, como control positivo se usó el fármaco oxaliplatino. Los ensayos se realizaron con tratamientos de 48 h utilizando concentraciones de 100 a 6.25 μM. Los resultados se expresan como la concentración inhibitoria 50 (IC50) ± error estándar del promedio de tres experimentos.
Actividad antinflamatoria. El estudio de producción de citocinas reguladoras de respuestas inflamatorias y tumorales IL-1β y TNF-α, así como la citocina anti-inflamatoria IL-10 se realizó empleando la línea celular monocitaria THP-1 que mediante adición de PMA se diferenció a macrófagos. Las células diferenciadas se pre-trataron por 1 h con los compuestos 1 y 1b a 10, 50 y 100 μM; 1a y 1c a concentraciones de 1, 5 y 10 μM; se usó dexametasona (1 μM) como control positivo. La respuesta inflamatoria fue inducida por la adición de lipopolisacárido de Escherichia coli (LPS) a una concentración de 1 μg/mL, se consideraron grupos control (sin estimulación con LPS) y estimulados con LPS. Las células se incubaron durante 24 h y los sobrenadantes de los cultivos que contenían las citocinas se utilizaron para la cuantificación de citocinas (TNF-α, IL-1β e IL-10) se realizó con kits de ELISA específicos para cada citocina (Diaclone), la absorbancia fue medida en lector de placas Labsystems Multiskan EX a 450 nm. Para el cálculo de concentración de citocinas se preparó una curva patrón a partir de diluciones de citocina estándar provenientes del kit.

RESULTADOS. A partir crisina-7-O-glucósido (**1**) se prepararon los derivados **1a**, **1b** y **1c** (Fig. 1), los cuales se obtuvieron en rendimientos buenos, 85, 89 y 86% respectivamente, el primero se obtuvo en forma de cristales incoloros, el segundo como polvo blanco y el

compuesto **1c** se obtuvo como cristales en forma de aguja. La obtención de los derivados preparados se confirmó mediante RMN de 1 y 2 dimensiones.

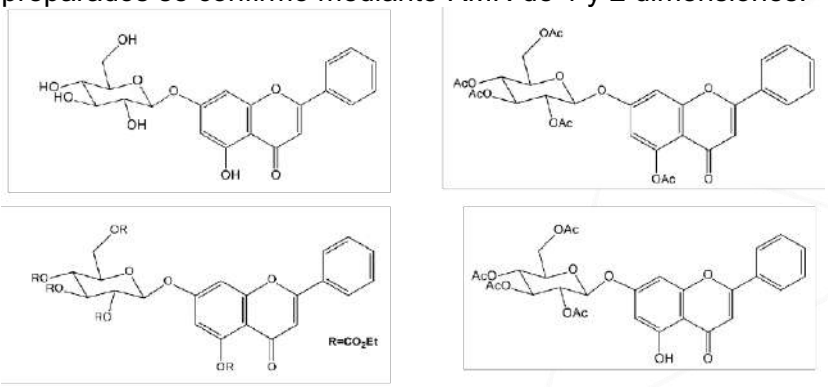


Figura 1. *Estructura química de el compuesto natural crisina-7-O-glucósido (**1**) y sus derivados acetilados (**1a** y**1c**) y carbonatado (**1b**).*

Todos los compuestos se evaluaron en las dos líneas celulares de cáncer HT-29 y UACC-62 usando el fármaco oxaliplatino como control positivo. Se realizaron tratamientos por 48 h de los compuestos a diferentes concentraciones y posteriormente se añadió el MTT para determinar la viabilidad mediante la medición de absorbancia a 550 nm.

Las gráficas de la figura 2 muestran que los compuestos **1** y **1b** no presentaron citotoxicidad sobre las líneas evaluadas, pero esta actividad se incrementó en los derivados **1a** y **1c**, donde **1a** presentó una actividad moderada en la línea de melanoma, mientras que **1c** mostró buena actividad citotóxica en ambas líneas celulares, incluso mejor que el fármaco control en la línea HT-29. Se calculó el IC_{50} el cual se presenta en la tabla 1, donde se observa que la línea celular de melanoma UACC-62 fue más sensible a los compuestos oxaliplatino (fármaco control) y **1c**.

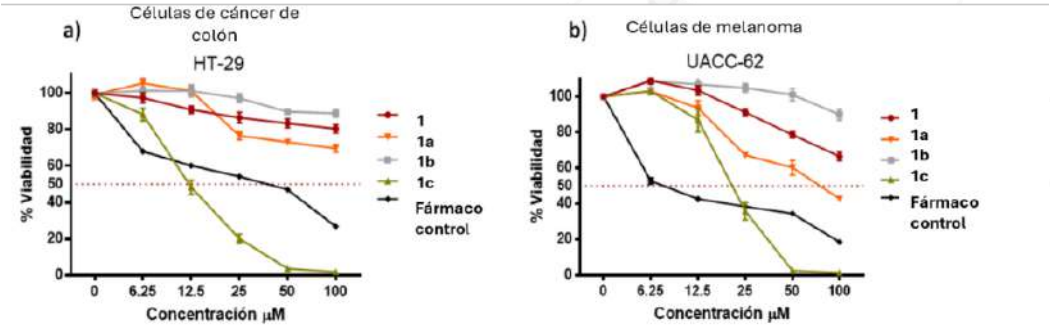


Figura 2. *Gráficas de viabilidad de los compuestos sobre líneas celulares de cáncer (adenocarcinoma de colon HT-29 y melanoma UACC-62) tras 48 h de tratamiento.*

Compuesto	IC_{50} HT-29	IC_{50} UACC-62
1	>100	>100
1a	>100	61.5 ± 1.2
1b	>100	>100
1c	11.6 ± 0.77	21.8 ± 0.97
Oxaliplatino	31.9 ± 2.4	5.5 ± 0.27

Tabla 1. *Valores de IC_{50} (μM) de compuestos evaluados frente a líneas celulares de cáncer, los valores se expresan como el promedio de tres experimentos individuales ± el error estándar.*

La figura 3 presenta el perfil de cuantificación de citocinas mediante ELISA posterior al tratamiento con los compuestos y estimulación con LPS. Los resultados mostraron que los compuestos no presentan efecto en la reducción de citocinas proinflamatorias TNF-*α* e IL-1*β*. Sin embargo, el compuesto **1b** mostró un marcado aumento en la cantidad de ambas citocinas. Este efecto es considerado importante ya que la familia de citocinas IL-1 influyen en la inmunidad nata. Por otro lado, no se observó efecto sobre los niveles IL-10 por parte de este grupo de compuestos.

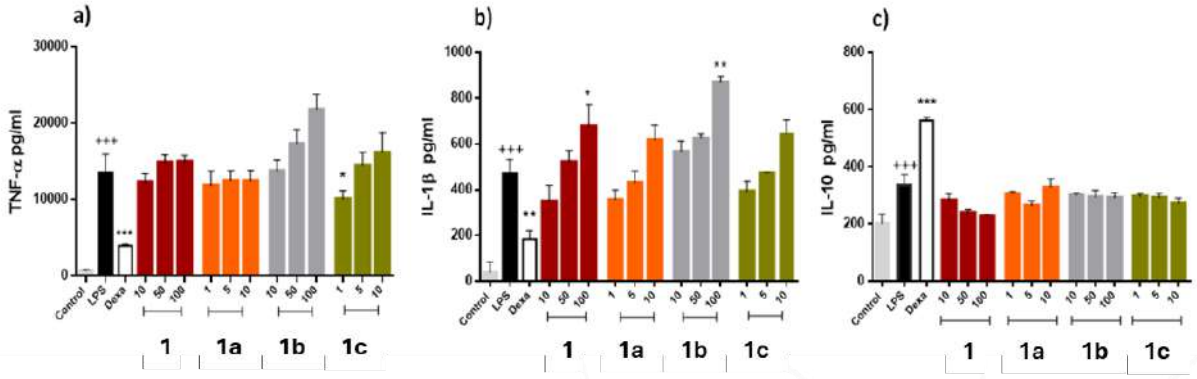


Figura 3. *Cuantificación de citocinas proinflamatorias TNF-α e IL-1β y anti-inflamatoria IL-10 en sobrenadantes obtenidos del tratamiento con los compuestos **1**, **1a**, **1b** y **1c** y estimulación con LPS en macrófagos THP-1. Los datos corresponden a la media ± el error estándar de tres experimentos independientes (n=3). El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA-Bonferroni. +++p<0.001 vs. Control; ***p<0.001 vs. LPS; **p<0.01 vs. LPS; *p<0.05 vs. LPS.*

CONCLUSIONES. A partir del flavonoide natural, se prepararon los derivados acetilados 1a y 1c y el carbonatado 1b en buenos rendimientos. Los derivados mostraron mejoría en la actividad citotóxica en ambas líneas celulares respecto al compuesto natural, siendo los derivados 1a y 1c los que presentaron de moderada a buena actividad contra las células de cáncer ensayadas, lo que indica la importancia de la presencia de los grupos acetatos en este tipo de moléculas. Respecto a la actividad antiinflamatoria, el derivado carbonatado 1b mostró efecto en el aumento de los niveles de IL-1β, la cual se ha demostrado que presenta un rol benéfico en la resolución de la inflamación aguda y supresión tumoral a través de la citotoxicidad mediada por células T (García, 2018). La preparación de derivados a partir de productos naturales puede conllevar a la obtención de moléculas con estructuras novedosas que incluso pueden potencializar su efecto biológico, como fue el caso de la actividad citotóxica de los derivados preparados en este proyecto.

REFERENCIAS.

1. Falcone, M, & Rius, S. (2012). Flavonoids: biosynthesis, biological functions and biotechnological applications. Front. Plant. Sci. 3, 222.
2. García, E. S. (2018). Trial watch: immunostimulation with recombinant cytokines for cancer therapy. Oncoimmunology. 15, 7-6.
3. Heim, K. T. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. J Nutr Biochem., 10:572-584.
4. Kumar, S. P. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. The ScientificWorld Journal.

5. Nile, S. K. (2018). Antioxidant, anti-inflammatory, and enzyme inhibitory activity of natural plant flavonoids and their synthesized derivatives. J. Biochem. Mol. Toxicol., 32, e22002.
6. Tapas, A. S. (2008). Flavonoids as nutraceuticals: a review. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 7:1089-1099.
7. Worawalai, W., & Phuwapraisirisan, P. (2019). Samin-derived flavonolignans, a new series of antidiabetic agents having dual inhibition against alpha-glucosidase and free radicals. Nat. Prod. Res., 1-7.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 6. Ciencias Exactas

Octubre, 2024
ID: CP0624125

EXPLORACIÓN DEL ESPACIO QUÍMICO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS CON EL NÚCLEO PRIVILEGIADO DE TETRAZOL 1,5-DISUSTITUIDO MEDIANTE QUIMIOINFORMÁTICA Y MACHINE LEARNING

Camila Garibay Manríquez[1], Erik Díaz Cervantes[2], Luis Chacón García[1] y Carlos Jesús Cortés García[1*]

1Laboratorio de Diseño Molecular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ciudad Universitaria, C.P. 58033, Morelia, Michoacán, México.

2Departamento de Alimentos, Centro Interdisciplinario del Noreste, Universidad de Guanajuato, 37975 Tierra Blanca, Guanajuato, México

1371658h@umich.mx, lchacon@umich.mx, jesus.cortes@umich.mx*, e.diaz@ugto.mx

Palabras Clave: machine learning, diseño de fármacos asistido por computador, quimioinformática, análisis de datos, química medicinal.

RESUMEN. Los tetrazoles 1,5-disustituidos son compuestos heterocíclicos aromáticos nitrogenados de gran interés dentro del desarrollo y descubrimiento de fármacos debido a que poseen múltiples actividades biológicas. Por lo que es de interés conocer el espacio químico de compuestos bioactivos que presenten este núcleo privilegiado. Se recolectaron compuestos que han mostrado actividad (Ic50) mediante la búsqueda de información química en la plataforma ChEMBL ya que presenta información sobre la actividad biológica de cada molécula frente a una diana molecular. Con los datos químicos obtenidos se creó una quimioteca mediante técnicas computacionales. Posteriormente, se exploró el espacio químico mediante algoritmos de aprendizaje automático, que incluyeron análisis de la distribución de descriptores farmacocinéticos y estudios de relaciones estructura-actividad (SAR). Este análisis fue esencial para identificar patrones y relaciones clave entre la estructura química y la actividad biológica. Se realizó un análisis de los receptores que se han estudiado para cada uno de los compuestos su respuesta biológica asociada. Después, se realizó una segunda quimioteca con compuestos sintetizados en el laboratorio del Dr. Carlos Cortés (quimioteca in-house) de los cuales se generaron sus descriptores moleculares para caracterizar las propiedades químicas y farmacocinética. Se realizó un análisis de la diversidad entre las quimiotecas usando el algoritmo de k-means clustering, el cual agrupó las moléculas según sus características, y se realizó un análisis de los grupos R donde se mapeó los patrones de sustitución. Estos análisis ayudaron a identificar clústeres de moléculas con propiedades similares y a entender cómo las variaciones en los sustituyentes influyen en las propiedades moleculares, además, se identificaron posibles dianas terapéuticas para la quimioteca in-house y se evaluaron las interacciones entre ligando-receptor con técnicas de docking. Esta investigación emplea herramientas de bioinformática y química computacional para permitir una exploración exhaustiva y sistemática del espacio químico, facilitando el descubrimiento de nuevos compuestos con posibles aplicaciones terapéuticas.

INTRODUCCIÓN. La resistencia farmacológica (RF) se refiere al fenómeno por el cual un organismo o célula deja de responder a los efectos terapéuticos de un fármaco. Esta se desarrolla en cualquier entidad biológica (células, virus, hongos, bacterias) que posea la capacidad de evolucionar bajo presión selectiva. Actualmente, la RF está presente principalmente en enfermedades como el cáncer y las enfermedades infecciosas. El uso de estructuras privilegiadas, las cuales, se definen por la IUPAC como "característica subestructural que confiere propiedades deseables (a menudo similares a las de un fármaco) a los compuestos que contienen esta característica". El uso de estructuras privilegiadas es una estrategia aplicable en las etapas de principales del proceso de desarrollo y descubrimiento de fármacos, ya que tienden a proporcionar características muy favorables en las que las alteraciones de las estructuras centrales conducen a diferentes niveles de potencia y especificidad. Mediante el uso de técnicas computacionales se pueden identificar y proponer nuevas moléculas con alta probabilidad de ser hits computacionales novedosos para el tratamiento del cáncer. Con base a lo anterior, el diseño de fármacos asistido por computadoras (DIFAC), también conocido como diseño de fármacos in silico, ofrece una solución eficiente para explorar y descubrir nuevos compuestos con propiedades anticancerígenas y antifúngicas. Este enfoque permite no solo acelerar el proceso de descubrimiento de fármacos, sino también optimizar las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas de los compuestos candidatos. Al utilizar técnicas computacionales avanzadas, se mejora la tasa de éxito en las fases clínicas y se reducen los costos asociados.

ANTECEDENTES. Los tetrazoles 1,5-disustituidos (T-1,5-DS) son compuestos heterocíclicos aromáticos nitrogenados de gran interés dentro del desarrollo y descubrimiento de fármacos debido a que poseen múltiples actividades biológicas, por ejemplo: antibacteriana, antiinflamatoria, analgésicas, anticancerígenas, antidiabéticas y antihipertensivas. En la Figura 1 se presentan algunos ejemplos de compuestos con actividad biológica que presentan como núcleo base el tetrazol-1,5-disustituido. En el 2024 el grupo de R.R. Kamble sintetizaron los tetrazoles-cumarinas 1 y se evaluó in vitro en la línea celular de cáncer de colon HCT-116 para analizar su actividad citotóxica, y además se evaluó su actividad antifúngica en cepas de Candida albicans obteniendo actividades potenciales a moderadas. Posteriormente en 2022, El-Barghouthi y colaboradores evaluaron la actividad antiinflamatoria mediante estudios de inhibición enzimática de la ciclooxigenasa-2 de los derivados tetrazólicos 2, y también estos compuestos mostraron actividad antiproliferativa en la línea celular del cáncer de mama MCF-7 y en la línea celular de leucemia K562, mostrando actividad cercana al de un hit. En el 2021, el grupo de investigación de Cortés-García reportó la síntesis de una serie de híbridos tetrazol 1,5-disustituidos-1,2,3-triazol 1,4-disustituidos 3 los cuales mostraron actividad citotóxica a la línea celular MCF-7 relacionada al cáncer de mama. Estos mismos compuestos en el 2024, se reportó que algunos de los tetrazoles presentaron actividad antiproliferativa a las líneas celulares de cáncer de mama como MCF-7, CAMA-1, HCC1954 y SKBR-3. En 2021 el grupo de Pietro Spanu sintetizaron 1,5-α-aminotetrazoles disustituidos 4 que mostraron actividad antiinflamatoria por su unión a Caspasa-1, enzima crucial para la regulación de la inflamación.

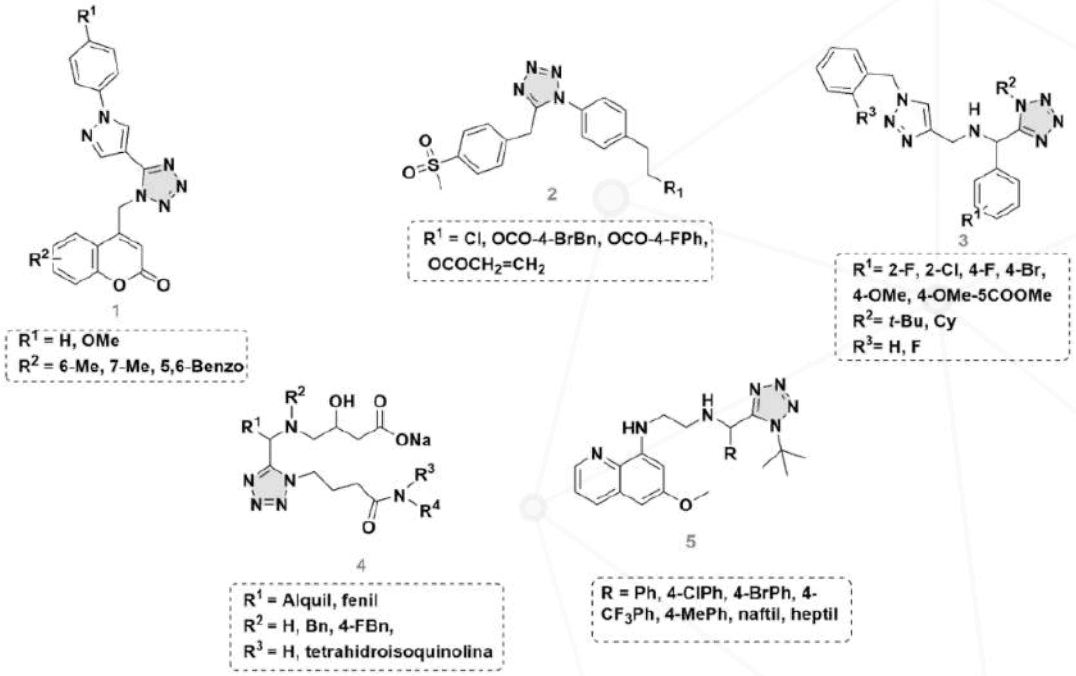


Fig 1. *Tetrazoles 1,5-disustituidos con actividad biológica.*

OBJETIVO. Utilizar las técnicas de desarrollo de fármacos asistido por computador en la búsqueda de nuevos compuestos virtuales para combatir la fármacorresistencia en enfermedades como el cáncer y enfermedades infecciosas que contengan el núcleo central de los tetrazoles 1,5-disustituidos (T-1,5-DS).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Construir y cribar quimiotecas que contengan el núcleo privilegiado de tetrazoles 1,5-disustituidos. Definir los descriptores moleculares, elaborar el espacio químico de cada quimioteca, analizar la diversidad estructural y la relación estructura-propiedad. Identificar posibles dianas terapéuticas para la quimioteca *in-house*

MATERIALES Y MÉTODOS. El diseño experimental se enfocó en el estudio de moléculas con la presencia del núcleo de tetrazoles 1,5-disustituidos, empleando dos quimiotecas: una con moléculas de actividad conocida, y la segunda con moléculas sintetizadas en el laboratorio del Dr. Carlos Cortés. Se empleó la base de datos ChEMBL, la cual, se filtró mediante herramientas de análisis de datos empleando los softwares de Microsoft Excel y DataWarrior. Posteriormente, se creó la quimioteca in-house de las moléculas sintetizadas dentro del equipo de trabajo. Se crearon sus estructuras en 3D y se generaron sus descriptores moleculares para analizar sus propiedades químicas y farmacocinéticas empleando los softwares DataWarrior, Avogadro2 y ChemDraw. Posteriormente, se aplicaron algoritmos de machine learning para explorar las relaciones de estructura de las moléculas y su actividad biológica. Se analizó su diversidad estructural y su actividad biológica entre ambas quimiotecas. La metodología de los algoritmos empleados en Jupyter se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. La quimioteca de ChEMBL de compuestos con el núcleo de tetrazoles 1,5-disustituidos que han mostrado bioactividad, específicamente Ic50, frente a dianas

terapéuticas consistió en un total de 787 moléculas y 189 receptores asociados. Posteriormente, se realizó la quimioteca *in-house* de 276 compuestos que han sido sintetizados dentro del grupo de investigación del Dr. Carlos Cortés. Se prosiguió a filtrar y preparar ambas quimiotecas para realizar la visualización de su espacio químico para ello, primeramente, se describieron los descriptores de interés terapéutico y posteriormente, se aplicaron técnicas de *machine learning* (análisis de componentes principales, *clustering*). Se obtuvieron un total de 4 clústeres conformados por: clúster 1 (263), clúster 2 (355), clúster 3 (416) y clúster 4 (29). Se tomaron los valores Ic50 más bajos presentes en la quimioteca ChEMBL e identificar sus receptores asociados. Los valores más bajos se encuentran en el rango de alrededor de 0.005 nM hacia los receptores: calpaína-1, 6-fosfofructo-2-quinasa/fructosa-2,6-bisfosfatasa 3 y receptor de quimiocina C-C tipo 3. El receptor de quimiocina C-C tipo 3 es el que presenta más bioactividades asociadas con un total de 102, por esto, se eligió el compuesto CHEMBL3473 con Ic50 de 0.004 nM como control positivo de bioactividad. Se identificó el clúster en el cual estaba presente el control positivo, clúster 2, el cual está conformado por 81 compuestos *in-house* y 274 de ChEMBL. Por el principio de estructura-actividad, se proseguirá a realizar el acoplamiento molecular de los 81 compuestos frente a esta diana terapéutica para evaluar su actividad.

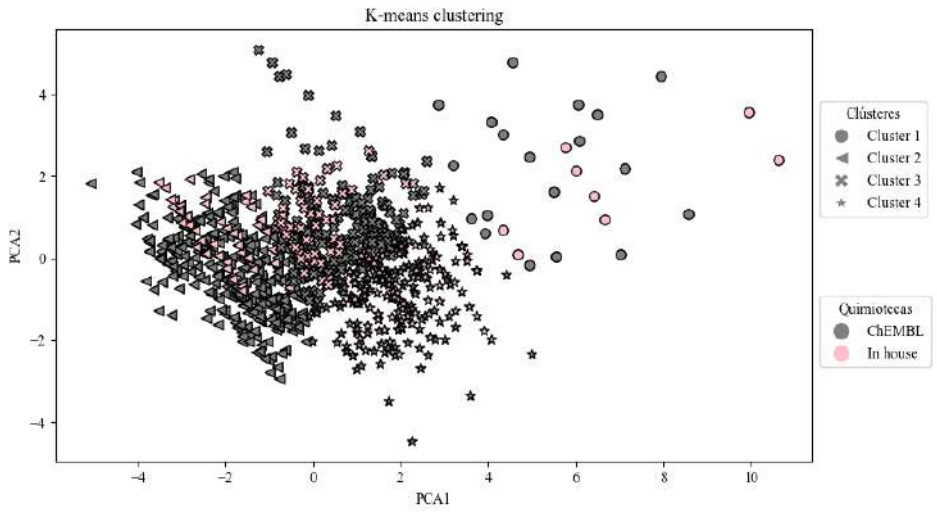


Fig 2. *Visualización del espacio químico y agrupamiento de ambas quimiotecas.*

CONCLUSIONES. La exploración del espacio químico de tetrazoles 1,5-disustituidos mediante quimioinformática y machine learning ha permitido caracterizar y organizar de manera eficiente los compuestos bioactivos basados en esta estructura privilegiada. La creación de dos quimiotecas, una basada en compuestos con actividad bioactiva conocida y otra in-house, ha facilitado el análisis comparativo de la diversidad estructural y farmacocinética, identificando relaciones clave entre la estructura y la actividad biológica (SAR). A través de técnicas de clustering y análisis de componentes principales, se agruparon los compuestos en clústeres definidos, destacando el receptor de quimiocina C-C tipo 3 como una diana terapéutica relevante, con el compuesto CHEMBL3473 sirviendo como control positivo. Este análisis guio a la selección de 81 compuestos in-house para estudios posteriores de acoplamiento molecular, con el objetivo de evaluar su actividad frente a esta diana.

REFERENCIAS.

1. O'Leary, K. (2022). The global burden of antimicrobial resistance. Nature Medicine.
2. International Agency for Research on Cancer. (n.d.). *Global Cancer Observatory: Help*. Retrieved June 25, 2024, from https://gco.iarc.fr/en/help
3. Metre, T. V., Kamble, R. R., Kodasi, B. R., Bheemayya, L., Nadoni, V. B., Nayak, M. R., ... & Hoskeri, J. H. (2024). Design, synthesis and characterization of novel 1, 5-and 2, 5-coumarin-4-yl-methyl regioisomers of 5-pyrazol-3-yl-tetrazoles as promising anticancer and antifungal agents. Journal of Molecular Structure, 1312, 138541.
4. El-Barghouthi, M. I., Hasan, A. S., Al-Awaida, W., Al-Ameer, H. J., Kaur, J., Hayashibara, K. J., ... & Al Hourani, B. J. (2022). Novel therapeutic heterocycles as selective cyclooxygenase-2 inhibitors and anti-cancer agents: Synthesis, in vitro bioassay screenings, and molecular docking studies. Journal of Molecular Structure, 1263, 133141.
5. Aguilar-Morales, C. M., Araujo-Huitrado, J. G., López-Hernández, Y., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Granados-López, A. J., ... & Cortés-García, C. J. (2021). A one-pot six-component reaction for the synthesis of 1, 5-disubstituted tetrazol-1, 2, 3-triazole hybrids and their cytotoxic activity against the MCF-7 Cell Line. Molecules, 26(20), 6104.
6. Moreno-Perea, M., Suárez-Castro, A., Fraire-Soto, I., Sifuentes-Padilla, J. L., Gutiérrez-Hernández, R., Reyes-Estrada, C. A., ... & López, J. A. (2023). Proliferation, Migration and Invasion of Breast Cancer Cell Lines Are Inhibited by 1, 5-Disubstituted Tetrazol-1, 2, 3-triazole Hybrids through Interaction with p53. Molecules, 28(22), 7600.
7. Ulgheri, F., Spanu, P., Deligia, F., Loriga, G., Fuggetta, M. P., de Haan, I., ... & Domling, A. (2022). Design, synthesis and biological evaluation of 1, 5-disubstituted α-amino tetrazole derivatives as non-covalent inflammasome-caspase-1 complex inhibitors with potential application against immune and inflammatory disorders. European Journal of Medicinal Chemistry, 229, 114002.

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CP0724103**

USO TRADICIONAL DE LOS MAMÍFEROS SILVESTRES EN UNA COMUNIDAD LACUSTRE

Carmina Alejandra Domínguez-Monroy, María Concepción Apátiga Castelán, Federico Hernández Valencia

Palabras Clave: Etnomastozoología, Purenchécuaro.

RESUMEN. El Área Voluntaria de Conservación (AVC) “San Jerónimo Purenchécuaro”, pertenece al municipio de Quiroga y forma parte de la zona lacustre del Lago de Pátzcuaro, zona que resulta ser una región cultural y natural notable en México y Michoacán para el estudio de los mamíferos y el entendimiento de su explotación en beneficio de las comunidades que ahí viven. El propósito del presente trabajo fue conocer los usos tradicionales que le dan los pobladores del área a las especies de mamíferos que ahí habitan. Se aplicaron entrevistas a los pobladores mayores de 18 años, las cuales estuvieron apoyadas con fotografías de mamíferos para facilitar el reconocimiento. Se identificaron 14 especies de mamíferos que reciben algún uso y se reconocieron tres usos: alimenticio con 11 especies mencionadas, medicinal con 10 especies y ceremonial con siete; también conocimos algunas leyendas y cuentos sobre varias especies. Las especies que reciben los tres usos son el armadillo (Dasypus novemcinctus), la ardilla de árbol (Sciurus aureogaster), la ardilla de tierra (Otospermophilus variegatus), la ardilla voladora (Glaucomys volans) y el venado cola blanca (Odocoileus virginianus).

INTRODUCCIÓN. En México los mamíferos son los animales que más usos tienen, los cuales se remontan a los pueblos prehispánicos de México, quienes clasificaban sus recursos biológicos de acuerdo a su valor económico, medicinal, artístico o religioso. Este conocimiento se ha mantenido ya que forma parte de sus tradiciones y costumbres, por lo que son parte de su patrimonio natural y cultural (Gómez-Álvarez et al., 2007; Rodas-Trejo et al., 2016). Actualmente México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en diversidad mastofaunística (Ceballos y Oliva, 2005), con 525 especies, mientras que a nivel nacional Michoacán ocupa el cuarto lugar con 163 especies registradas (Robles et al., 2015). En el Área Voluntaria de Conservación (AVC) “San Jerónimo Purenchécuaro”, que pertenece al municipio de Quiroga y forma parte de la zona lacustre del Lago de Pátzcuaro (Propín y Durán, 2003), zona que resulta ser una región cultural y natural notable en México y Michoacán para el estudio de los mamíferos y el entendimiento de su explotación en beneficio de las comunidades que ahí viven, cuenta con una diversidad mastofaunística de 39 especies (Domínguez-Monroy, 2023).

ANTECEDENTES. En diversas regiones de México, el uso de mamíferos con fines alimenticios, medicinales y rituales ha sido ampliamente documentado. En Pátzcuaro, De María y Campos (1979) destacó el empleo del armadillo para tratar la falta de sangre y del tlacuache para curar granos. Díaz (2003), en Aquila, Michoacán, identificó 16 especies, entre ellas el jabalí, armadillo y tejón, utilizadas tanto para alimentación como con fines

curativos. En Chiapas, Enríquez et al. (2006) mencionaron 19 especies con usos medicinales, sobresaliendo el tlacuache, armadillo y zorrillos. Gómez-Álvarez et al. (2007), en el Valle de México, observaron que ocho especies, incluyendo al tlacuache, armadillo y jabalí, eran empleadas en la medicina tradicional y como amuletos. En la Selva Lacandona, Rodas-Trejo et al. (2016) identificaron 26 especies con una amplia gama de usos: alimentación, medicina, rituales y mascotas. Medina-Torres et al. (2016), en Sinaloa, reportaron que los grupos Yoreme y Yoris utilizaban 16 especies de mamíferos, principalmente como alimento, además de sus aplicaciones medicinales y artesanales. En Campeche, Dardón y Retana (2017) registraron el conocimiento de 20 especies con usos medicinales, siendo el armadillo, puerco espín, zorrillo y tlacuache los más comunes. Finalmente, Cimé-Pool et al. (2020) en Yucatán, identificaron 27 especies de mamíferos, destacando el venado cola blanca y el pecarí de collar, utilizados en alimentación, rituales y como mascotas. Estos estudios reflejan la relevancia de los mamíferos en la medicina tradicional y otros usos en las comunidades rurales de México.

OBJETIVO. Elaborar un listado de los usos tradicionales de los mamíferos silvestres del Área Voluntaria para la Conservación “San Jerónimo Purenchécuaro”, Quiroga, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se diseñó una entrevista que se aplicó a la población mayor de 18 años, a la vez se elaboró un catálogo fotográfico de las especies con distribución para la zona. Para la realización de la entrevista se elaboraron preguntas de acuerdo a lo propuesto por Silveira (2015), considerando dos bloques: el primero fue para determinar la edad, género y lugar de residencia del entrevistado y el segundo bloque, que consta de cinco preguntas para obtener información sobre sus actividades y el conocimiento de las especies de mamíferos, se consideraron las siguientes preguntas: ¿Qué trabajos realiza? ¿Ha visto a los animales en la comunidad? ¿Por qué nombre los conoce? ¿Conoce alguna forma de uso? y ¿Conoce algún cuento o leyenda sobre dichos animales?.

RESULTADOS. Se realizaron 90 entrevistas a los pobladores de la comunidad de San Jerónimo Purenchécuaro, cuyas edades van de entre los 18 y 88 años y se desempeñan en actividades diversas como: agricultores, brigadistas, comerciantes, pescadores, leñeros, jornaleros, amas de casa y maestros. Con esta información se obtuvo que los usos principales que le dan a los mamíferos son alimenticio (11 especies), medicinal (10 especies) y ceremonial (7 especies).
De las 90 entrevistas obtuvimos que el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), la ardilla de árbol (*Sciurus aureogaster*), la ardilla de tierra (*Otospermophilus variegatus*), la ardilla voladora (*Glaucomys volans*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), son especies a las que se les dan los tres usos: alimenticio, medicinal y ceremonial; aquellas especies que únicamente tienen un solo uso son la liebre (*Lepus callotis*), el conejo *(Sylvilagus cunicularius*) y la comadreja (*Mustela frenata*), las cuales únicamente se usan como alimento por parte de los pobladores de la comunidad; en el caso del mapache (*Procyon lotor*) y el lince (*Lynx rufus*) solo tienen uso medicinal y ceremonial respectivamente (Tabla 5). Otras especies que también se usan como alimento y como medicina son el tlacuache (*Didelphis virginiana*) y los zorrillos (*Spilogale putorius* y *Conepatus leuconotus*); mientras que el coyote (*Canis latrans*) tiene uso medicinal y ceremonial (Tabla 1).

Nombre científico	Nombre común	Al	Me	Ce	Le
Didelphis virginiana	Tlacuache	✓	✓		
Dasypus novemcinctus	Armadillo	✓	✓	✓	✓
Lepus callotis	Liebre de costados blancos	✓			
Sylvilagus cunicularius	Conejo de monte	✓			
Sciurus aureogaster	Ardilla de árbol	✓	✓	✓	
Otospermophilus variegatus	Ardilla de tierra	✓	✓	✓	
Glaucomys volans	Ardilla voladora	✓	✓	✓	
Canis latrans	Coyote		✓	✓	✓
Procyon lotor	Mapache		✓		
Mustela frenata	Comadreja	✓			
Spilogale putorius	Zorrillo manchado	✓	✓		
Conepatus leuconotus	Zorrillo de una banda	✓	✓		
Lynx rufus	Lince			✓	
Odocoileus virginianus	Venado cola blanca	✓	✓	✓	✓

Al (Alimenticio), **Me** (Medicinal), **Ce** (Ceremonial) y **Le** (Leyenda).

Tabla 1. *Usos tradicionales de los mamíferos silvestres presentes en el Área Voluntaria para la Conservación "San Jerónimo Purenchécuaro" Quiroga, Michoacán.*

Veinte entrevistados comentaron que el armadillo es el mamífero que más usan como alimento, seguido del conejo, el cual fue mencionado por 18 entrevistados y en tercer lugar las ardillas, las cuales fueron mencionadas por 17 personas. Para uso medicinal las especies que fueron mencionadas más veces (7 entrevistados) fueron los zorrillos, le siguen el tlacuache y el armadillo, ambos con cinco menciones en cada caso. De uso ceremonial, el venado cola blanca *(Odocoileus virginianus)* fue la especie con mayor número de menciones (11). Finalmente, once entrevistados mencionaron no conocer si se les daba un uso a las especies y cabe mencionar que dos entrevistados no completaron la entrevista por cuestiones personales.

Los pobladores compartieron información sobre la forma en la que se preparan los animales de uso medicina, en el caso del tlacuache, se seca la carne y la grasa, posteriormente se muele y se aplica en la piel y sirve para curar la sarna; además mencionaron que su carne sirve para aliviar las dolencias del cuerpo. Las ardillas de árbol, de tierra y voladora también son usadas curar la sarna, dejan secar la carne para después hacerla polvo y así untarla en la piel. El coyote sirve para curar parálisis facial, explicaron que se coloca la piel del coyote como tapete y se recuestan sobre él.

Para aliviar la tos, se utiliza la capa de grasa del mapache, para curar enfermedades de la sangre y evitar manchas en la piel se utilizan los zorrillos, su carne se cocina y se come, además, también se usa para curar heridas en la piel, para ello se debe quemar la carne y untarla sobre las heridas y además la sangre se usa como bebida para curar el asma. Los entrevistados indicaron que no se debe estresar o hacer enojar al zorrillo, porque si no el tratamiento no funciona. Otro animal del que también utilizan la sangre para tratamiento de convulsiones y para tener agilidad es del venado cola blanca.

Las especies que se usan para ceremonias son el armadillo, las ardillas, el lince y el venado cola blanca, utilizan las pieles de estas especies en la solemnidad del Corpus Christi, que simboliza el cuerpo y la sangre de Cristo, es la presencia de Jesucristo en la Eucaristía. Para esa fiesta, los cargueros, que son las personas encargadas de cortar un tronco grande de su bosque y adornarlo con diversos objetos como frutas, bolsas y entre estos artículos también amarran las pieles, a este tronco le llaman palo encebado y las personas deben subirse en él y quien logre bajar un objeto se lo llevara como premio (Rodríguez-Olivares

2023, com. per.).Por otra parte, la piel del rostro del lince y del venado cola blanca junto con sus astas, también se utilizan para elaborar máscaras que se usan en la Danza de los Pukes, que es una representación de la dualidad de los personajes de la cosmovisión purépecha, el primero es el venado que representa el animal de día en honor a Curicaveri y el felino (puke) es la noche en honor a Xarantani (Díaz Pacheco y Morales, 2022).
Finalmente, los entrevistados comentaron que se han hecho leyendas con algunos animales, tal es el caso del armadillo: “Había una vez una joven que tenía un puerquito de mascota, pero lo ocultó con una tortilla para no dárselo a su suegra y así evitar que ella se lo comiera, desde ahí le apareció su caparazón”. La leyenda del coyote: dice que “cuando te cruzas con uno éste te puede hipnotizar, asustar e inmovilizar con el fin de defenderse” y los zorrillos también tienen su leyenda: “si te rocían con su orina te protege de enfermedades y de hechizos”.

CONCLUSIONES. Se describieron tres usos tradicionales: alimenticio, medicinal y ceremonial y las especies que reciben los tres usos son el armadillo, las ardillas y el venado cola blanca.

REFERENCIAS.

1. Ceballos, G., y Oliva, G. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. 21-22 pp.
2. Cimé-Pool, J. A., Balam-Ballote, Y. del R., Hernández-Betan-Court, S. F., Pech Canché, J. M., López-Cobá, E. H., Sarmiento-Pérez, J. C., Canul-Yah, S., y Chan Mutul, G. A. 2020. Uso y conocimiento de la mastofauna en el ejido San Dionisio, municipio de Peto, Yucatán, México. Revista Mexicana de Mastozoología. 10: 32-43.
3. Dardón, R., y Retana, Ó. 2017. Uso medicinal de la fauna silvestre por comunidades Mayas, en la región de los Chenes, Campeche, México. Revista Etnobiología. 15: 68–83.
4. De María y Campos, T. 1979. Los animales en la medicina tradicional mesoamericana. Anales de Antropología. 16: 183–223.
5. Díaz, D. 2003. Guía didáctica para el conocimiento de la flora y fauna de la región de El Faro de Bucerías, Aquila, Michoacán, México. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. 97-115 pp.
6. Díaz-Pacheco, I., Morales, A. 2022. El venado cola blanca, la danza de los pukes los P’urhepechas en y la cosmovisión de Michoacán. THERYA ixmana. 1: 98-101. DOI: 10.12933/therya_ixmana-22-238.
7. Domínguez-Monroy, C. (2023). Inventario taxonómico y uso tradicional de los mamíferos silvestres del Área voluntaria para la conservación “San Jerónimo Purenchécuaro”, Quiroga, Michoacán Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 21 pp.
8. Enríquez, P., Méndez, M., Guiascón, R., Gustavo, Ó., Jorge, E., Vázquez, P. E. 2006. Uso medicinal de la fauna silvestre en los altos de Chiapas, México. Interciencia. 31: 491-499.
9. Gómez-Álvarez, G., Reyes-Gómez, S. R., Teutli-Solano, C., y Valadez-Azúa, R. 2007. La medicina tradicional prehispánica, vertebrados terrestres y productos medicinales de tres mercados del Valle de México. Etnobiología. 5: 86–98.
10. Medina-Torres, S. M., Cortés Gregorio, I., Lara Ponce, E., y Sandoval Forero, E. A. 2016. Uso de mamíferos silvestres entre Yoremes y Yoris de El Fuerte, Sinaloa, México. Agricultura Sociedad y Desarrollo. 13: 529-543.
11. Propín, E., y Durán, V. 2003. Turismo Región de Pátzcuaro. In: Correa, G. (eds). Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. México, EDDISA.163-169 pp.
12. Robles, J. C., Apátiga, M. C., y Román, S. B. 2015. Mamíferos silvestres de Michoacán: Guía de Campo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.19-21 pp.
13. Rodas-Trejo, J., Estrada, A., Acuña, J. R., y Morales-Hernández, M. de J. 2016. Uso local de los mamíferos no voladores entre los habitantes de Metzabok, El Tumbo y Laguna. Etnobiología. 14: 39–50.

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CP0724105**

INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LOS PROCESOS DE MOVILIDAD HUMANA

***Diana Pamela Zambrano Vázquez*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; diana.zambrano@umich.mx

Palabras Clave: Movilidad humana, Datos, Desplazamiento Forzado Interno.

RESUMEN. Municipios del Estado de Michoacán, como Aquila, Coalcomán, Chinicuila, Apatzingán y Coahuayana, son epicentro del Desplazamiento Forzado Interno (DFI). Lo anterior ha generado que se desplieguen una serie de acciones encaminadas a mitigar las vulneraciones que se presentan a raíz de tal situación. Una de estas acciones es la redacción de la iniciativa para crear la ley que atienda y prevenga el DFI. Para llevar a cabo la redacción de la iniciativa, se ha convocado a personas de la sociedad civil, lo cual nos ha permitido abonar sobre algunos puntos torales. No obstante, se ha hecho un llamado desde instancias supranacionales a fin de que en dicha legislación se cuente con un elemento fundamental asociado a la integración de la información en los procesos de movilidad humana. Particularmente, nos encargaremos de compartir la metodología que se ha utilizado para la redacción de la iniciativa de ley, así como evidenciar los hallazgos obtenidos al revisar otras legislaciones estatales que sí atienden el DFI. En estas leyes se cuentan con Registros Estatales que cumplen con la integración de la información, lo cual es un importante precedente para que en la legislación de Michoacán se observe y se replique. La integración de la información en el contexto del DFI, es imprescindible ya que con ello se coadyuva en la certeza de la información y se identifican las acciones primarias que se deben realizar para evitar vulneraciones a derechos y libertades fundamentales de las personas desplazadas.

INTRODUCCIÓN.

El Estado de Michoacán se ha convertido en el epicentro de una problemática social que se asocia a la movilidad humana, particularmente en el tema del Desplazamiento Forzado Interno toda vez que a raíz de dicha situación, se han desprendido múltiples vulneraciones a las libertades fundamentales de las personas que se encuentran en dicho contexto. Lo anterior representa un tópico que debe atenderse a la brevedad ya que las violaciones a los derechos de las personas, en muchas ocasiones pueden ser de difícil o nula reparación. En este orden de ideas, el 11 de abril del año 2022, se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Michoacán un Decreto por virtud del cual da origen a un cuerpo denominado Comité Interinstitucional para la Atención del Desplazamiento Forzado en el Estado de Michoacán, el cual cuenta con la facultad para establecer un marco institucional de colaboración y actuación ante del desplazamiento forzado de personas. Se trata de un momento clave en la historia de la protección de los derechos de las personas desplazadas puesto que comienza la ruta en la que se va conociendo el tema con mayor puntualidad y a partir de ello se despliegan significativos esfuerzos que han repercutido en la protección a las personas desplazadas. Ahora bien, un aspecto que debemos destacar es que dentro de las múltiples actividades que se pueden aportar en dicho Comité, una de ellas es velar

por la redacción de la iniciativa de ley a nivel estatal que atienda el desplazamiento forzado interno; lo anterior lo ponemos sobre la mesa de análisis ya que a nivel nacional no contamos con una legislación de dicho corte. Sin embargo, a pesar de tal omisión, algunas Entidades Federativas, como es el caso de Chiapas, Sinaloa, Guerrero y Zacatecas, sí cuentan con ley estatal que aborda tal problemática. Este punto lo señalamos en virtud de que nos servirán dichas legislaciones estatales como precedentes para la que se implemente en el Estado de Michoacán. De tal manera que dar lectura, análisis y un minucioso estudio al contenido de cada ley estatal, ha sido un catalizador para las acciones a implementarse en la de Michoacán. Bajo esta apreciación, nos hemos encontrado con que el Pacto Mundial para una Migración Segura, Ordenada y Regular, hace un llamado contundente a reforzar la elaboración de políticas basadas en datos y derechos humanos, lo cual nos parece imprescindible señalar toda vez que ello conduce a que existan mecanismo que permitan la generación, integración y sistematización de datos sobre la movilidad humana. Precisamente por ello es que en las presentes líneas esbozaremos los hallazgos obtenidos a raíz de haber revisado las legislaciones estatales supra citadas, ya que ellas sí cuentan con un mecanismo que puede coadyuvar a la recolección de datos. Lo anterior representa un elemento toral para que se replique en la legislación que está por nacer en el Estado de Michoacán. Finalmente, debemos sostener que la generación, integración y sistematización de datos sobre movilidad humana, permite tener certeza y con ello, seguridad y mejor alineación en las medidas a implementar en determinados momentos de la movilidad humana.

Integración de datos en la movilidad humana. Instancias supra nacionales, como es el caso de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos, han hecho un llamado contundente a las autoridades nacionales de cada Estado, en cuanto a implementar medidas para generar datos estadísticos para conocer la dimensión de la migración internacional. Este aspecto consideramos que es pertinente en razón de que se trata de un tema sensible, el cual tiene múltiples repercusiones a personas que pertenecen a grupos vulnerables, de tal suerte que si no se cuentan con una base de datos adecuada, ello podría repercutir en no contar con certeza en el número de personas que se encuentran padeciendo la situación, así como la poca probabilidad para identificar qué acciones son las más idóneas a implementar y desde luego las medidas a implementar para prevenir vulneraciones a derechos. A este llamado se le han sumado pronunciamientos vertidos por otro referente interamericano, es decir la Corte Interamericana de Derechos Humanos, cuerpo que a través de múltiples sentencias así como Opiniones Consultivas, ha hecho hincapié en que la elaboración de una base de datos para personas en el contexto de movilidad humana trae beneficios para brindar acciones que causen un impacto benéfico en tratamientos para la salud y psicológicos, agilizar sistema de datos, registro de niñas y niños, entre otras áreas de oportunidad.

El papel de las legislaciones estatales frente a la integración de la información en el contexto de la movilidad humana. En una revisión a los diversos cuerpos legislativos estatales que aluden al desplazamiento forzado interno, podemos identificar que sí cuentan con una figura asociada a la integración de la información. En principio debemos señalar que Chiapas publicó su Ley para la prevención y atención del desplazamiento interno en el año 2012 y en su contenido se encuentra la figura del Registro Estatal de Población Desplazada. Un aspecto a destacar es que se prevé que, para la atención a las personas desplazadas, se realizará el Registro Estatal de Población Desplazada, ya que se trata de

una herramienta que busca identificar a las personas afectadas y precisar cuáles son sus características, así como actualizar el seguimiento de los servicios brindados y superar tal condición. Por otra parte, Guerrero publicó en julio de 2014 su ley número 487 para prevenir y atender el desplazamiento interno y en el mismo tenor que Chiapas, cuenta con la figura del Registro Estatal de población desplazada, cuyo eje de actuación también se enfoca en identificar a la población afectada y actualizar la atención y seguimiento. Ahora bien, Sinaloa es otra Entidad Federativa que en agosto de 2020 publicó su ley para prevenir, atender y reparar integralmente el desplazamiento. En su contenido observamos que alude a un Registro Estatal de Población desplazada, y mantiene la misma visión que las anteriores legislaciones señaladas. Sinaloa considera que debe haber tal cuerpo a fin de facilitar la asistencia y ayuda humanitaria, lo cual es necesario ya que ello representa un elemento clave para la ejecución de las acciones a fin de superar las causas del desplazamiento. Finalmente, en 2022 vio la luz la ley para la prevención y atención del desplazamiento forzado en Zacatecas, y dicha ley replicó el modelo de las anteriores leyes al establecer el Registro Estatal de población desplazada. Abonando a lo anterior, en las legislaciones de Sinaloa y Zacatecas se esbozan algunos elementos que el Registro Estatal incluirá, tales puntos son los siguientes:

- La identificación y ubicación por municipio de las comunidades expulsoras de personas desplazadas;
- El nombre de la persona desplazada, con información desagregada por género y edad;
- Sobre condiciones de vulnerabilidad con respecto a niñas, niños y adolescentes no acompañados, jefas de familias, personas adultas mayores y personas con discapacidad;
- La fecha del desplazamiento;
- De los bienes patrimoniales abandonados susceptibles de protección;
- El lugar donde se atendió de manera emergente, con las medidas de asistencia brindada;
- El lugar donde se encuentre asentada, y El nombre de la persona que retorna, así como la identificación del lugar al que lo hace.

Lo anterior nos permite observar que los modelos legislativos estatales que ya existen y que atienden el tema del desplazamiento, ya cuentan con la herramienta que coadyuva en la sistematización de datos, por ende valdría la pena que en el Estado de Michoacán se opere de manera similar a fin de tener mayor certeza de las personas desplazadas, así como de las acciones a implementarse.

REFERENCIAS

1. Pacto Mundial para una Migración Segura, Ordenada y Regular, 10 de diciembre de 2018.
2. Comisión Interamericana de Derechos Humanos, Informe sobre Movilidad humana y obligaciones de protección, 21 de julio de 2023.
3. Ley para la prevención y atención del desplazamiento interno (Chiapas), publicada el 22 de febrero de 2012.
4. Ley número 487 para prevenir y atender el desplazamiento interno (Guerrero), publicada el 22 de julio de 2014.
5. Ley para prevenir, atender y reparar integralmente el desplazamiento (Sinaloa), publicada el 21 de agosto de 2020.
6. Ley para la prevención y atención del desplazamiento forzado (Zacatecas), publicada el1 de octubre de 2022.

7. Zambrano Vázquez, Diana Pamela, “Comité Interinstitucional para la atención del desplazamiento forzado interno en Michoacán. Seguimiento a las actividades”, en Leco Tomás, Casimiro et al, Migración y remesas en México una retrospectiva a 40 años: un balance multidisciplinario, Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2024, pp. 191-204.

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CP0724106**

SENTENCIA CON PERSPECTIVA DE GÉNERO, SIGNIFICADO Y ALCANCES

Cecilia Martínez Gómez[1], Perla Araceli Barbosa Muñoz[2]
1División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;
c3ci90@gmail.com
2División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;
perla.barbosa@umich.mx

Palabras Clave: sentencia, mujeres, derechos humanos.

RESUMEN. La intención del presente trabajo es elaborar una sentencia con perspectiva de género, lo que implica el planteamiento de algunas preguntas: ¿las sentencias que resuelven sobre violencia de género aplican la normatividad especializada en la materia? ¿Hay diferencias en una sentencia tradicional y una sentencia con perspectiva de género? Con tener normatividad de protección de derechos humanos de las mujeres ¿Es suficiente o se necesita un modelo de sentencia que oriente a los operadores jurídicos en la aplicación de derechos de las víctimas de violencia de género? Inicialmente se identifican los elementos que integran una sentencia tradicional o general con base en el Código de Procedimientos Penales del Estado de Michoacán y luego se estudia porqué se utiliza la metodología de juzgar con perspectiva de género y si es necesaria su aplicación con base en el Protocolo para Juzgar con Perspectiva de Género de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, que es una herramienta que ordena que las personas juzgadoras empleen cuando en los juicios se identifiquen víctimas de violencia de género. En la investigación se argumentan las razones por las cuales la violencia genérica es distinta a la violencia de género y porqué la solución a estas circunstancias específicas de agresión y maltrato deben de ser distintas a la aplicación de la ley general, es decir, que para problema específico se requiere una solución específica y ésta se encuentra en el corpus iuris del derecho. La metodología aplicable es cualitativa en cuanto a la identificación de la normatividad y la teoría para realizar un análisis jurídico, también es cuantitativa en la recolección de treinta sentencias para identificar los errores y los elementos que se pueden mejorar al emitir una sentencia.

INTRODUCCIÓN. Inicialmente, el método perspectiva de género es una forma de valorar las circunstancias que una presunta víctima mujer ha padecido para determinar si ha sufrido discriminación y/o violencia y sancionar dicha conducta. Al respecto la Suprema Corte de Justicia de la Nación reconoce que la perspectiva de género: “Es un método de análisis que debe ser utilizado por las personas operadoras de justicia en todos aquellos casos en los que el género puede ocasionar un impacto diferenciado” (SCJN, 2020, p. 123). Este método de análisis se aplica en dos sentidos: el primer sentido es considerar el tipo de personas, que en este caso no es nada más a las mujeres sino identificar que no exista un abuso hacia ninguna de las partes y “detectar la forma en que el derecho afecta las situaciones particulares de las personas (en general) al omitir tomar en consideración las implicaciones que tiene el género en sus vidas”. (SCJN, 2020, p. 127). Y el segundo sentido es por el tipo

de casos en los que existan: relaciones asimétricas de poder, exista violencia, discriminación o haya un trato diferenciado derivado del género implícito en alguna ley. La Metodología aplicada fue mixta: se aplicó el método cualitativo por el análisis teórico de la ley y las corrientes teóricas y también se aplicó el método cuantitativo porque se analizaron sentencias del Poder Judicial del Estado de Michoacán que se encuentran en su portal electrónico, que son de dominio público y que contienen la protección de datos personales para identificar solamente el contexto de la sentencia. Los delitos fueron de materia penal de delitos de feminicidios y se eligieron 10 sentencias por cada año, en este caso se analizaron los años: 2021, 2022 y 2023, que da un total de 30 sentencias por cada año. El estudio se realizó durante un año. El trabajo del análisis incluyó observar si se aplicó la perspectiva de género en delitos de feminicidios.

ANTECEDENTES. Los antecedentes o motivaciones del trabajo son los altos índices de delitos de género, las circunstancias de violencia vivida en el país que han demostrado que México es un país inseguro para las mujeres, ya que las agresiones que viven tanto dentro como fuera del hogar pueden llegar a ser tan graves que podrían terminar con la vida de la mujer. De acuerdo con información del Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, el número de feminicidios en el año 2023 fue de 832 víctimas a nivel nacional, lo que equivale al doble si lo comparamos con cifras del año 2015 en donde se registró un total de 413 víctimas. (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2024, p. 9). Ante esto, se han elaborado herramientas para denunciar este tipo de conductas y castigarlas, tales herramientas jurídicas buscan disminuir el número de víctimas y enfatizar en la cultura de la legalidad que promueve el respeto a los derechos humanos de las mujeres, algunas de ellas son: las Convenciones internacionales como la Convención Americana sobre Derechos Humanos (OEA, 1969), la Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra la Mujer “Convención de Belem do Pará” (OEA, 1994), la Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer “CEDAW” (ONU, 1979), entre otros. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos contempla diversos artículos que protegen los derechos de las mujeres como: el 1º que indica el principio pro- persona, el 3º sobre la educación, el 4º sobre la garantía de igualdad, salud, derechos sexuales y reproductivos, el 6º del derecho a la información, 26º derecho al desarrollo, 25º derecho a un medio ambiente sano, 35º participación política, 123º derecho al trabajo. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 1917). Además de la CPEUM, las normas nacionales reglamentarias de los derechos van a proteger los derechos de las mujeres a nivel local, algunas de ellas son: la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia (Violencia, 2007), Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres (Cámara de diputados, 2006), Ley Federal para Prevenir y Erradicar la Discriminación (Cámara de Diputados, 2003) entre otras. Sin embargo, a pesar de contar con un gran corpus iuris de derecho, todavía no disminuyen los delitos de violencia de género y la intención del trabajo es que las víctimas reciban una buena atención judicial en donde se garantice la restitución de sus derechos en una sentencia integral que cubra las necesidades y derechos afectados.

OBJETIVO. El objetivo primario de la investigación es responder a las preguntas ¿las sentencias que resuelven sobre violencia de género aplican la normatividad especializada en la materia? ¿Hay diferencias en una sentencia tradicional y una sentencia con perspectiva de género? Con tener normatividad de protección de derechos humanos de las mujeres ¿Es suficiente o se necesita un modelo de sentencia que oriente a los operadores

jurídicos en la aplicación de derechos de las víctimas de violencia de género? Las preguntas se responderán buscando una respuesta tanto en la teoría como en la práctica al realizar investigación de campo con sentencias actuales para pasar al segundo objetivo que es realizar una propuesta de modelo de sentencia que sea una herramienta que permita a los operadores jurídicos saber ¿qué elementos debe tener una sentencia cuyas víctimas sufrieron violencia de género?, ¿cómo estudiar el caso?, ¿Cómo valorar las pruebas? y brindar una reparación integral adecuada a las partes, que no es igual a una reparación de violencia genérica en donde no hay el estudio de un contexto, de estudiar la relación de poder, simplemente se sanciona con pena corporal y pecuniaria y termina la labor judicial, en el trabajo a estudio no es así y se explica en el modelo porqué se debe valorar distinto.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los materiales para trabajar son las sentencias en formato de protección de datos personales, que son documentos de acceso público y que se obtuvieron desde la página electrónica del Poder Judicial del Estado de Michoacán, además del material bibliográfico de carácter teórico y normativo. Como se señaló en la introducción la metodología propuesta es mixta, por un lado, cualitativa en la búsqueda del fundamento teórico de la perspectiva de género, la defensa de los derechos de las mujeres y su particular protección que se diferencia de la violencia genérica, así como el estudio de la sentencia tradicional y los elementos que debe contener una sentencia con perspectiva de género. Por otro lado, es una investigación cuantitativa porque se analizan diez sentencias por cada año, en este caso fueron los años 2021, 2022 y 2023, lo que nos da un total de treinta sentencias analizadas en un año de trabajo para identificar y responder a las preguntas objetivo de investigación.

RESULTADOS. El resultado principal es responder a las preguntas que son objetivo de investigación para valorar qué elementos contienen las sentencias revisadas y qué otros elementos se pueden proponer para elaborar un modelo de sentencia que facilite la aplicación del método perspectiva de género. Este modelo de sentencia permitirá además cumplir con las obligaciones internacionales derivadas de los tratados y convenciones firmados por México ante la ONU y la OEA. Ya que se promueve en el formato de modelo de sentencia una reparación integral que atiende la reparación material e inmaterial de las partes, es decir, no sólo se sanciona la conducta que fue motivo de la controversia, sino que además se busca que no se vuelva a repetir y se reestablezca el tejido social.

CONCLUSIONES. Se llegó a la conclusión de que se requiere una herramienta de carácter práctico que sea didáctica y enseñe a los funcionarios judiciales los elementos de aplicar la metodología de perspectiva de género cuando se identifiquen víctimas de violencia. Por ello, se realiza la propuesta de modelo de sentencia que busca beneficiar a la población, no sólo a las víctimas afectadas, ya que, al recibir una sentencia más completa, se logra mayor protección de los derechos humanos de las mujeres y bienestar social.

REFERENCIAS.

1. Cámara de diputados. (2 de agosto de 2006). Ley General para la Igualdad entre Mujeres y Hombres. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIMH.pdf
2. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (5 de febrero de 1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. https://www.constitucionpolitica.mx/titulo-1-garantias-individuales/capitulo-1-derechos-humanos/articulo-1-derechos-humanos

3. OEA. (7 al 22 de noviembre de 1969). Convención Americana sobre Derechos Humanos (Pacto de San José). https://www.oas.org/dil/esp/tratados_B-32_Convencion_Americana_sobre_Derechos_Humanos.htm
4. OEA. (1994). Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra la Mujer "Convención de Belem do Pará". https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/409106/7.-Convencion_Interamericana_para_Preveenir_Sancionar_y_Erradicar_la_Violencia_contra_la_Mujer.pdf
5. ONU. (diciembre de 1979). Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la Mujer "CEDAW". https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/convention-elimination-all-forms-discrimination-against-women
6. SCJN. (noviembre de 2020). Protocolo para Juzgar con Perspectiva de Género. https://www.scjn.gob.mx/derechos-humanos/sites/default/files/protocolos/archivos/2022-01/Protocolo%20para%20juzgar%20con%20perspectiva%20de%20genero_2022.pdf
7. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (31 de julio de 2024). Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. https://drive.google.com/file/d/1ynT_IJN6k2HlU7xVbD1uDEQ1pdTEPCCm/view
8. Violencia, L. G. (1 de febrero de 2007). Cámara de Diputados. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAMVLV.pdf

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CP0724107**

IGUALDAD SUSTANTIVA Y EL PAPEL DE LA MASCULINIDAD TRADICIONAL

***Jesús Augusto Martínez Valencia*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; amartinezddhh@gmail.com

Palabras Clave: Roles de género, estereotipos de género, derechos humanos, masculinidad, igualdad sustantiva.

RESUMEN. La masculinidad tradicional ha sido construida con base en un sistema heteronormativo y patriarcal, lo que provoca la vulneración a los derechos humanos, así como violencia de género en contra de la mujer dada la idea de superioridad del hombre ante la mujer. El concepto de igualdad sustantiva surge a partir de la búsqueda por garantizar que las mujeres tengan acceso a las mismas oportunidades que los hombres en los distintos ámbitos de desarrollo, esto debido a los diferentes obstáculos y violaciones de derechos humanos a las que se enfrentan las mujeres día a día. La igualdad sustantiva y el derecho a una vida libre de violencia para las mujeres se encuentran reconocidos en distintos instrumentos jurídicos nacionales e internacionales, sin embargo en la práctica nos enfrentamos a una ausencia por el respeto a los derechos humanos por parte de las autoridades y de la misma sociedad. En ese sentido, dado el contexto histórico de desigualdad que viven las mujeres, así como las desventajas que tienen frente a los hombres ocasionadas por las relaciones desiguales de poder y la marcada diferencia en las oportunidades que les permitan desarrollarse de manera plena e independiente, es necesario realizar cambios estructurales que eliminen los obstáculos a los que se enfrentan las mujeres en cada uno de los diferentes ámbitos de desarrollo. Con el presente trabajo se pretende identificar cómo influyen los roles y estereotipos de género en la masculinidad tradicional para vulnerar los derechos humanos de las mujeres, lo cual impide alcanzar la igualdad sustantiva así como el pleno desarrollo personal y profesional de la mujer.

INTRODUCCIÓN. La masculinidad tradicional se caracteriza por ser una masculinidad machista, homofóbica, violenta, que ubica al hombre en un estatus de autoridad, dominio y control con la idea de superioridad sobre la mujer y otros grupos vulnerables; éste modelo de masculinidad forma una sociedad que vulnera los derechos humanos y que genera obstáculos para el pleno desarrollo personal y profesional de la mujer. En el presente trabajo se abordarán temas sobre género, la manera en la cual influyen tanto la sociedad como la cultura en el desarrollo de la feminidad y la masculinidad, al ser impuestas con base en los roles y estereotipos de género establecidos de acuerdo al sexo biológico de las personas, así como las consecuencias sociales que conlleva el seguir estos patrones previamente establecidos. Se tiene como finalidad identificar cómo influye la masculinidad tradicional para limitar el acceso a las mujeres a las mismas oportunidades personales y profesionales, al ejercer discriminación y desigualdad contra la mujer. De esta manera, al ubicar e identificar éstos factores podemos lograr un cambio social al cuestionar y erradicar los patrones que perpetúen la discriminación y desigualdad contra la mujer.

Factores de la masculinidad tradicional que limitan la igualdad sustantiva. Históricamente tanto a mujeres como a hombres, nos han enseñado a desarrollarnos y comportarnos con base a roles y estereotipos de género, los cuales han sido construidos con la falsa idea de superioridad del hombre sobre la mujer generando violencia, discriminación y desigualdad hacia las mujeres, lo cual vulnera sus derechos humanos. Antes de adentrarnos en el tema a desarrollar debemos entender qué es el género y qué son los roles y estereotipos de género. De acuerdo con Marta Lamas, el género es "el conjunto de ideas sobre la diferencia sexual que atribuye características 'femeninas' y 'masculinas' a cada sexo, a sus actividades y conductas, y a las esferas de la vida" (Lamas, 2000, p. 8). Dicho de otro modo el género es una construcción social, cultural y simbólica que es impuesta a través de distintos medio, como lo son la educación, los discursos, los símbolos, que asignan una serie de conductas, cargas, actividades, valores, basados en la diferencia sexual de mujeres y hombres, que cada sociedad determina como aceptable o correcto dentro de su esfera. Partiendo de un enfoque de género, es así como surgen los conceptos de masculinidad y feminidad; masculinidad se refiere a las conductas, comportamientos y actividades que social y culturalmente son aceptadas por ser hombre (INMUJERES, 2007, pp. 92-93); feminidad, por su parte, hace referencia a las conductas, comportamientos y actividades que la sociedad considera como aceptables para la mujer y así poder desarrollarse y relacionarse dentro de la misma sociedad. Si bien es cierto que tanto mujeres como hombres tenemos diferencias biológicas evidentes, debemos mencionar que no existe una manera única de aprender a ser mujer o a ser hombre, podemos cambiar la forma con la que tradicionalmente nos han educado para desenvolvernos en los distintos ámbitos de desarrollo y de esa manera impulsar la igualdad de oportunidades para todas las personas, y favorecer el desarrollo tanto personal como profesional de la mujer, ya que socioculturalemente se le han impuesto un sin fin de obstáculos en su camino. Ahora bien, por roles de género, entendemos que son todas aquellas expectativas que tiene una sociedad sobre las diferentes actividades y comportamientos que se espera realicen las personas de acuerdo a su sexo (Lamas, 1986, pp. 188-189). Por su parte, los estereotipos de género son imaginarios sociales y preconcepciones que van a atribuirle diferentes características, actitudes, rasgos e ideas tanto a mujeres como a hombres con la intención de que se vean reflejados en su desarrollo dentro de una sociedad (INMUJERES, 2018, p.13). Para ejemplificar lo anterior, al esperar que únicamente la mujer realice actividades como cocinar, el cuidado de los hijos y la familia, y por su lado al esperar que solamente el hombre pueda trabajar y tener la obligación de llevar el ingreso a casa, estaremos haciendo referencia a los roles de género. Cuando hablamos de características, tales como la manera de vestirse, de caminar, de hablar, de expresarse, o de apariencias como la ternura, la fragilidad, la compasión que social y culturalmente se han atribuido a la feminidad, y la fuerza, la valentía, atribuidas socioculturalmente a la masculinidad, estamos refiriéndonos a los estereotipos de género.

Al hablar sobre los factores que limitan a las mujeres a acceder a las mismas oportunidades que los hombres, oportunidades tanto personales como profesionales, hacemos referencia a los obstáculos que se presentan a lo largo de su vida y día tras día en su vida familiar, de pareja, así como en el entorno social y laboral. Esto es importante debido a que de acuerdo con la Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) 2021, en México de las mujeres que alguna vez en su vida han participado en el mercado laboral el 27.9% experimentó algún incidente de violencia y el 21.7% de las mujeres de 15 años y más que fueron encuestadas han experimentado discriminación laboral. Dentro de

ese número total, el 10.8% declaró haber tenido menos oportunidad que un hombre para ascender, al 9.8% le han pagado menos que a un hombre que hace el mismo trabajo o tiene el mismo puesto y al 6.3% le han impedido o limitado realizar determinadas tareas o funciones porque están reservadas para los hombres. En el mismo sentido el 5.6% ha recibido menos prestaciones que un hombre que tiene el mismo nivel o puesto, al 5.3% le han dicho que las mujeres no son adecuadas o buenas para el trabajo que se requiere dentro del lugar de trabajo, al 4.1% las han limitado en su desarrollo profesional para favorecer a algún hombre y al 4.0% le pidieron la prueba de embarazo como requisito para trabajar o continuar en su trabajo (ENDIREH, 2021). Es así como encontramos éstos obstáculos a los que se enfrentan las mujeres día con día y que en su mayoría van de la mano de los roles y estereotipos de género, al tener la errónea idea sociocultural de que la mujer es inferior al hombre, y que por tanto no debe tener los mismo derechos y oportunidades que un hombre, cuando en el fondo todos somos personas y, que al apoyar y replicar estas conductas no estamos haciendo más que limitándonos en nuestro desarrollo personal y profesional. Con lo anterior vemos que aún en nuestros tiempos seguimos teniendo ideas arcaicas, ideas sobre los roles reproductivos y productivos, pero que como seres racionales y críticos podemos cambiar la manera en la cual aprendemos a ser mujeres y hombres, pero sobre todo aprender a ser personas independientes y funcionales, capaces de valernos por nosotros mismos sin afectar a terceras personas al vulnerar sus derechos humanos, o en el caso de los hombres, sin ver amenaza nuestra masculinidad, sino por el contrario mejor aprender que no existe una única manera de ser hombre y que al ser empáticos, solidarios, expresar nuestros sentimientos y dejar de lado la idea de tener el control sobre todas las situaciones, vamos a poder establecer relaciones personales sanas que aporten a la sociedad.

CONCLUSIONES. A pesar de la lucha y el avance que se ha logrado para que mujeres como hombres tengan acceso a las mismas oportunidades, tanto personales como profesionales, aún nos enfrentamos a una brecha muy grande en el acceso a éstas, debido a que socioculturalmente conservamos costumbres y creencias que ubican al hombre en una posición superior a la mujer, lo que obstaculiza el avance de la mujer en su desarrollo profesional aun cuando tienen mejor preparación y capacidad para realizar determinadas actividades que el hombre. La lucha aún continúa y progresivamente se va ganando más terreno para que logremos una plena y sincera igualdad sustantiva, lejos de vicios y oportunismos que solamente beneficie a unos cuantos.

REFERENCIAS.

a) Bibliográficas
Lamas, Marta, “Cuerpo: diferencia sexual y género” en Cuerpo y feminismo, México, Taurus, 2000.
Instituto Nacional de las Mujeres, ONU MUJERES, “La igualdad de género”, México, INMUJERES, 2018.
b) Hemerográficas
Lamas, Marta, “La antropología feminista y la categoría ‘género’”, Nueva Antropología, México, Vol. VIII, no. 30.
c) Diccionarios
Instituto Nacional de las Mujeres, Glosario de género, México, Talleres Gráficos de México, 2007
e) Sitios web
Encuesta Nacional sobre la Dinámica de las Relaciones en los Hogares (ENDIREH) 2021. Periodo de realización de la encuesta del 4 de octubre al 30 de noviembre de 2021 (México), https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/endireh/2021/doc/endireh2021_presentacion_ejecutiva.pdf

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas. **Octubre, 2024**
Mesa 7. Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CP0724109**

REFORMA AL PROTOCOLO ADMINISTRATIVO MIGRATORIO MEXICANO 2016. ATENDIENDO AL INTERÉS SUPERIOR DE LA NIÑEZ

Frida Núñez Maya[1], Diana Pamela Zambrano Vázquez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1713546b@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; diana.zambrano@umich.mx

Palabras Clave: Migración, Protocolo, Niñas, Niños y Adolescentes migrantes no acompañados, Interés superior de la niñez, grupos vulnerables.

RESUMEN. El Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de Niñas, Niños y Adolescentes en procedimientos administrativos migratorios del año 2016 presenta procedimientos deficientes que atentan contra los derechos de Niñas, Niños y Adolescentes migrantes no acompañados. En este sentido, en tratándose de un grupo vulnerable, al ser de interés de la comunidad jurídica internacional, así como del propio Estado mexicano, es indispensable reformar el procedimiento administrativo migratorio en tanto que se subsanen las malas prácticas de los Oficiales de Protección de la Infancia y demás autoridades involucradas. Es por ello que el análisis, formulación de una reforma, propuesta de una capacitación y mejora del procedimiento del Protocolo, se convierten en los ejes principales para combatir las violaciones a los derechos humanos de NNA migrantes no acompañados.

INTRODUCCIÓN. México por su especial ubicación geográfica es un país receptor de los flujos migratorios centroamericanos de tránsito hacia Estados Unidos de América, debido a ello, en el año 2011 se creó la Ley de Migración con el propósito de reconocer y garantizar la protección de los derechos fundamentales de las personas extranjeras en calidad de migrantes. Asimismo, en el texto legislativo se puede apreciar la observancia diferenciada del trato que deberá darse a las Niñas, Niños y Adolescentes (NNA) migrantes, motivo por el cual se crea el Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de NNA en procedimientos administrativos migratorios (en adelante Protocolo), no obstante, el análisis de este Protocolo arroja la existencia de deficiencias en la actuación de los Oficiales de Protección de la Infancia (OPI), en tanto que es omiso en señalar si este Oficial será el mismo durante todo el Procedimiento Administrativo Migratorio (PAM) del NNA, ya que de lo contrario existe el riesgo de afectar la salud psicoemocional del NNA migrante, ante el cambio constante de personas adultas inmiscuyéndose en su procedimiento. A partir de lo anterior, y en concatenación con la presencia detectada de NNA migrantes no acompañados en el Estado mexicano, la investigación propuesta se advierte indispensable para garantizar la protección de los derechos humanos del sector poblacional vulnerable de que se trata, en atención a que la misma se ciñe al estudio de la problemática referente a la estancia dentro del territorio mexicano por parte de los NNA migrantes no acompañados, entendidos como las personas migrantes menores de dieciocho años de edad que no se encuentran acompañados por la

persona adulta que ejerce sobre ellos su guarda y custodia o detenta la patria potestad, o por su tutor o persona adulta bajo cuyos cuidados se encuentren habitualmente, así como también del periodo durante el cual se encuentran en tránsito dentro de los límites territoriales de México. En atención a la información arrojada en los párrafos anteriores, se alcanza a visualizar que el tema de esta investigación se abocará a la Reforma del Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de NNA en procedimientos administrativos migratorios, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de agosto del año 2016, por considerarse a los NNA migrantes no acompañados como un grupo vulnerable de atención prioritaria.

ANTECEDENTES. Las personas migrantes suponen un interés especializado por parte de las autoridades de todo el mundo y de la legislación internacional por el lugar que ocupan frente a diversas violaciones de derechos humanos que se suscitan durante el transcurso de su viaje y del tiempo en que están en tránsito por diferentes territorios ajenos al de su residencia habitual, lo cual se incrementa si el migrante en cuestión resulta tener una situación migratoria irregular. Estas condiciones los sitúan dentro de un grupo vulnerable, esto es, la posición como extranjeros frente a nacionales de un país determinado tiene como consecuencia su exposición a delitos como actos de discriminación, racismo o xenofobia (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, 2013), además de otros como violencia física, violencia sexual, secuestros, extorciones o incluso la muerte. Por tal motivo, en el año de 1989 se crea a nivel internacional la Organización Internacional para las Migraciones (OIM), la cual guarda como objetivo proteger y atender a las personas migrantes de otros países que se encuentran fuera de su país de residencia habitual, atendiendo a sus derechos humanos (Organización Internacional para las Migraciones, s.f.). México, por su ubicación geográfica privilegiada, se convierte en un país de tránsito para los grupos migratorios provenientes de múltiples Estados del mundo, pero principalmente de Centroamérica. Algunas estadísticas de las Naciones Unidas han dado a conocer a Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua como los principales países con la emigración más alta y son aquellos con el mayor número de migrantes en tránsito por el territorio de la República Mexicana. Las cifras, de igual manera, muestran al principal país de destino de dichos migrantes, el cual es Estados Unidos de América (Artola, 2015).
En consecuencia, en el año de 2011 se creó en México la Ley de Migración bajo las directrices del otrora presidente Felipe de Jesús Calderón Hinojosa (2011), la cual contempla un apartado especial señalando las directrices del Procedimiento Administrativo Migratorio, representando así un cambio de paradigma para la defensa y protección de los migrantes. Ahora bien, los flujos migratorios con frecuencia se ven integrados por familias completas, niñas, niños y adolescentes que son orillados a viajar en compañía de sus padres o en ocasiones, completamente solos, con el objetivo de encontrar una oportunidad para vivir mejor. Las niñas, niños y adolescentes son un sector poblacional acreedor de un especial reconocimiento en los instrumentos jurídicos internacionales y nacionales por merecer una protección diferenciada y más cuidadosa de sus derechos humanos, por tal motivo, en el año 2016 se publica en el Diario Oficial de la Federación el Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de NNA en procedimientos administrativos migratorios, el cual promete ser un instrumento especializado de protección de los derechos humanos de este grupo vulnerable durante toda su estancia en el territorio mexicano, sin que se haya reformado o actualizado hasta la fecha que transcurre actualmente.

OBJETIVO. Analizar el alcance del Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de NNA en procedimientos administrativos migratorios del año 2016.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Conocer los antecedentes jurídicos de la protección de los derechos humanos de las personas migrantes y estudiar los conceptos fundamentales aplicables a la migración, los desplazamientos forzados y los niños, niñas y adolescentes migrantes no acompañados. Identificar la legislación aplicable a la migración, los desplazamientos forzados y los derechos de la niñez. Contrastar el Sistema Interamericano de Derechos Humanos en la legislación mexicana. Proponer la reforma del Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de NNA en procedimientos administrativos migratorios del año 2016.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los materiales utilizados para el desarrollo de la presente investigación consistieron en el análisis de literatura especializada en la materia, entre los cuales destacaron Diana Pamela Zambrano Vázquez y Gumesindo García Morelos, por considerarse publicaciones recientes y actuales. Por otro lado, los documentos redactados y publicados por la Suprema Corte de Justicia de la Nación, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia, en específico las compilaciones y manuales emitidos para el conocimiento de los derechos de los grupos vulnerables de que se trata. Finalmente, los sitios web de la Unidad de Política Migratoria, Registro e identidad de Personas, la cual contiene la estadística más reciente sobre la migración de Niñas, Niños y Adolescentes en México, así como el sitio web del Diario Oficial de la Federación en donde se publicaron las leyes de que se habla en este estudio, así como el Protocolo objeto de la investigación. El método de investigación, es un estudio con enfoque hipotético deductivo, no experimental y mixto, ya que toca información cuantitativa, pero es predominantemente cualitativa, desde un análisis con el método documental y de encuesta, utilizando la técnica de investigación de entrevista y los instrumentos de esquema de entrevista y cuestionario.

RESULTADOS. A través de la investigación y análisis del alcance del Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de Niñas, Niños y Adolescentes en procedimientos administrativos migratorios del año 2016, se advierten deficiencias procesales referentes al contacto directo entre dichos NNA migrantes no acompañados y los Oficiales de Protección de la Infancia tendientes a transgredir la esfera jurídica de los derechos humanos de dicho grupo vulnerable, motivo por el cual, los resultados esperados son confirmar que las acciones idóneas para combatir dichas deficiencias lo son la reforma el artículo 2.1, su subsecuente 2.2.5 y el artículo 2.4 Capítulo I, Título Segundo del Protocolo, ajustándolo a los derechos humanos consignados en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a los tratados internacionales ratificados por México. Adicionando a estos artículos, la obligación del Oficial de Protección de la Infancia asignado al inicio del Procedimiento Administrativo Migratorio (PAM), de asistir y acompañar al mismo NNA hasta la resolución y ejecución del PAM; y por otro lado, el desarrollo de un plan de capacitación dirigido a los Oficiales de Protección de la Infancia de México, el cual los formará y actualizará sobre la reforma aplicada a los artículos 2.1, 2.2.5 y 2.4 del Protocolo. Donde dichas capacitaciones deberán ser impartidas por especialistas en la materia de derechos humanos de NNA y de los procesos administrativos

migratorios que tengan conocimiento de las reformas aplicadas al Protocolo al que se refiere la presente investigación.

CONCLUSIONES. Primera. Se detectan deficiencias procedimentales en la actuación de los Oficiales de Protección de la Infancia que atentan contra los derechos humanos de Niñas, Niños y Adolescente migrantes no acompañados, contenidas en el Protocolo de actuación para asegurar el respeto a los principios y protección de los derechos de NNA en procedimiento administrativos migratorios del año 2016. **Segunda**. Reformar los artículos 2.1, su subsecuente 2.2.5 y el artículo 2.4 del Capítulo I, Título Segundo del Protocolo, ajustándolos al margen de protección de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a los tratados internacionales en la materia ratificados por México, asegura la protección y resguardo de los derechos humanos de los NNA migrantes no acompañados, suprimiendo las deficiencias localizadas. **Tercera**. Se comprueba la hipótesis de la investigación.

REFERENCIAS.

1. Artola, J. (2015). Políticas migratorias en América Latina. Una reflexión desde América del Sur. En Cruces de fronteras. movilidad humana y políticas migratorias (págs. 35-47). México: El Colegio de la Frontera Norte.
2. Congreso de la Unión. (25 de mayo de 2011). Ley de Migración. Diario Oficial de la Federación. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LMigra.pdf
3. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (mayo de 2015). Convención sobre los Derechos del Niño. Madrid: UNICEF Comité Español. Obtenido de file:///E:/ConvencionsobrelosDerechosdelNino_0.pdf
4. Organización Internacional para las Migraciones. (27 de mayo de 2022). Portal de datos sobre migración. Obtenido de https://www.migrationdataportal.org/es/themes/migracion-forzosa-o-desplazamiento-forzoso
5. Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2019). ¿Cómo representar a Niñas, Niños y Adolescentes en procedimientos administrativos y judiciales? México.
6. Suprema Corte de Justicia de la Nación. (2014). Protocolo de actuación para quienes imparten justicia en casos que involucren Niñas, Niños y Adolescentes. México: Dirección General de Comunicación y Vinculación Social de la Suprema Corte de Justicia de la Nación.
7. Unidad de Política Migratoria, Registro e Identidad de Personas. (febrero de 2024). Portales de la Secretaría de Gobernación. Obtenido de https://portales.segob.gob.mx/es/PoliticaMigratoria/tablero_estadistica
8. Zambrano-Vázquez, D. P. (2023). Creación del Comité Interinstitucional para Atender el Desplazamiento Forzado Interno en Michoacán, México. Revista Espiga, 46(22). Obtenido de https://doi.org/10.22458/rev.v22i46.4989

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824104

ANÁLISIS MULTIVARIANTE SOBRE PRÁCTICAS AMBIENTALES EN EL SECTOR PRODUCTIVO EN MÉXICO

Brenda Crystal Suárez Espinosa[1], Mario Arturo Aguilar López[2]
1Tecnológico Nacional de México, ITS Uruapan México, correo: brenda.se@uruapan.tecnm.mx
2Centro de Investigación en Matemáticas CIMAT AC México, correo: mario.aguilar@cimat.mx

Palabras Clave: Prácticas ambientales, sectores industriales, cumplimiento normativo.

RESUMEN. El desarrollo sustentable es uno de los temas en la agenda actual en el sector productivo del país, según datos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), durante 2018 se entregaron 58 reconocimientos de Excelencia Ambiental en México, pero ¿Qué tipo de empresas realizan actividades para la protección al ambiente, ¿dónde se ubican y por qué es importante conocer estos datos? El estudio tiene como objetivo examinar y representar, mediante técnicas multivariantes, las categorías de variables sobre las actividades o prácticas enfocadas en el cuidado al medio ambiente que se llevan a cabo en el sector productivo en México, para el desarrollo del análisis, se consultó la base de datos de INEGI 2019 y se procedió a realizar dicho análisis mediante gráficos para variables simultáneas en el entorno para análisis estadístico “R”. Como resultados se obtuvo que las actividades en las que mayormente se invierte es en la disminución del consumo de energía eléctrica, en la que menor inversión realiza es en proyectos de reforestación y restauración ambiental, así mismo la media nacional de las unidades económicas que cumplen con la normativa ambiental se encuentra cerca del 40%, las que no cumplen se encuentran alrededor del 30% y por debajo del 29% las que no conocen sobre la normativa ambiental. Se espera que los resultados permitan que las entidades y sectores productivos puedan establecerse metas para la mejora continua y sobre todo para coadyuvar en el cuidado del medio ambiente. Proyecto apoyado por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (ICTI).

INTRODUCCIÓN. El análisis multivariante es una de las técnicas estadísticas para la representación y análisis de datos y se emplea cuando se tiene la necesidad de examinar simultáneamente varias propiedades o características que están presentes en los individuos u objetos de estudio. Se utilizó la técnica de análisis multivariante para explorar en qué medida las entidades federativas cumplen con la normativa legal ambiental, así mismo, saber en qué rubros ambientales invierten las empresas y si existen grupos de estados con patrones similares en cuanto a inversión en estos rubros. Para obtener los datos estadísticos se consultó los datos proceden de los Censos Económicos 2019 del Instituto Nacional de Geografía y Estadística INEGI en el cual se incluyen unidades de los sectores privado y paraestatal que tuvieron actividades en 2018. Al conocer unidades económicas que invierten en los rubros ambientales, se podrá tener evidencias del cumplimiento legal ambiental por entidad federativa.

ANTECEDENTES. Actualmente cada vez más organizaciones en México se suman en la implementación de sistemas de gestión ambiental en sus procesos, según datos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), a través del programa de auditoría ambiental, durante 2018 se entregaron 58 reconocimientos de Excelencia Ambiental en todo el país, las cuales corresponden al ramo energético, alimenticio, cervecero, minero, automotriz, cervecero y manufacturero. (SEMARNAT, 2023). En el contexto internacional, estudios de compañías consultoras indican que el total de empresas que mantienen un certificado de sistemas de gestión ambiental suman alrededor de 312,580, lo que representa que la gestión ambiental es el segundo estándar más implementado alrededor del mundo (De León, 2020).

OBJETIVO. Presentar, mediante técnicas multivariantes, las categorías de variables sobre las actividades o prácticas enfocadas en el cuidado al medio ambiente que se llevan a cabo en el sector productivo en México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar grupos de estados con patrones similares de inversión en los diferentes rubros ambientales. Describir a los grupos identificados en cuanto a cumplimiento a normas ambientales y la inversión de las unidades económicas en los distintos rubros ambientales

MATERIALES Y MÉTODOS. Se trata de un estudio en el que se desarrolló una investigación exploratoria-descriptiva desarrollada en dos etapas, la primera consistió en la revisión y análisis de literatura y normativa legal aplicable, en esta misma etapa, se realizó acercamiento a algunas instancias como la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y el Centro de Investigación en Matemáticas AC (CIMAT) para consulta de datos sobre las variables medioambientales, su control y medición, se consideraron solo las unidades económicas pertenecientes a empresas grandes que reportan inversión o gastos para la protección del medio ambiente (CE, 2019), la segunda etapa comprendió el diseño y aplicación de un autodiagnóstico de cumplimiento con los requisitos de la norma ISO 14001:2015 en un caso de estudio y finalmente se dio difusión a los resultados obtenidos en el estudio. En el presente estudio se presenta la primera etapa en la que las variables de estudio (multivariables), las comprenden las entidades federativas, las categorías de cumplimiento con la normativa ambiental y los rubros ambientales en los que las unidades económicas invierten en materia de medio ambiente

RESULTADOS.

Análisis bibliométrico y marco normativo legal aplicable al sector. Mediante análisis bibliométrico en la base de datos de SCOPUS con las palabras clave de búsqueda: “medio ambiente, sistemas de gestión e ISO 14001” y un periodo comprendido en los años 2018 a 2024 y que durante el año de 2018 a 2020 se tuvo una mayor incidencia en la publicación de temas sobre sistemas de gestión ambiental (Ver Fig. 1), así mismo el país que repunta en esas aportaciones es España y los temas que durante ese tiempo estuvieron interrelacionados con ISO 14001 fueron el desempeño ambiental, ciclo de vida, sustentabilidad, sociedades e instituciones, en cuanto a las principales aportaciones de los resultados de búsqueda enfatizaron al uso eficiente de los recursos (Acuña, 2017), conocimiento del entorno de la organización (Jiménez, 2022), la adopción de correctas

medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales (Murcia, 2016), entre otros (Ver Fig. 1)

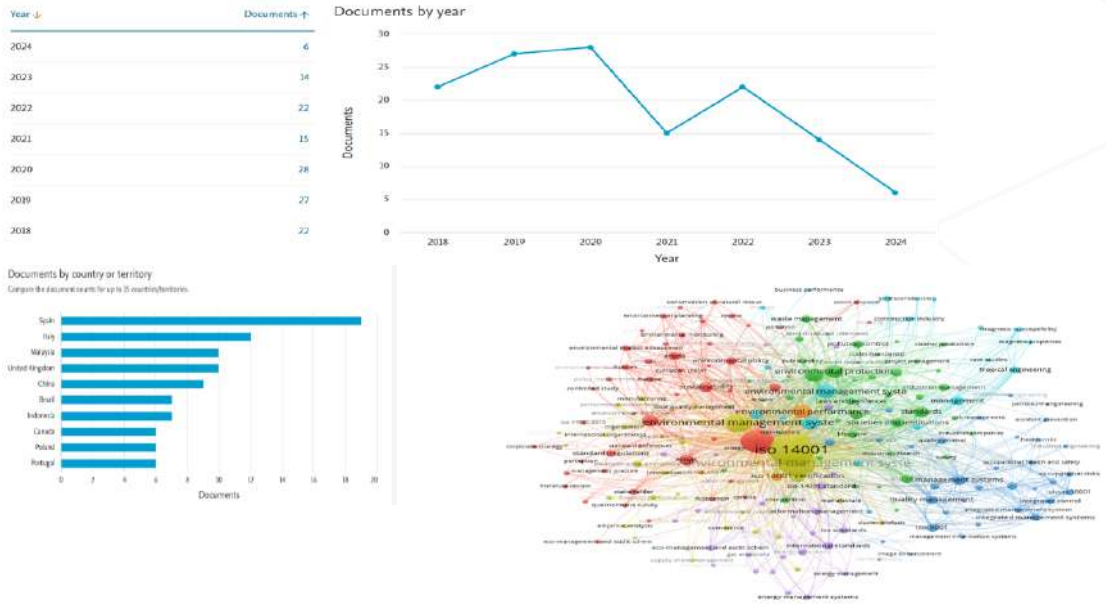


Figura 1. *Esquema bibliométrico sobre aspectos ambientales en el contexto internacional.*
Nota. Esquema sobre análisis bibliométrico generado de las plataformas científicas. Fuente: Generado a partir de base de datos SCOPUS y VOSviewer 2024.

Tener el conocimiento del marco legal aplicable en las industrias les sirve de apoyo para fundamentar sus acciones y proyectos, además, se coadyuva con ello a la preservación del medio ambiente, es por ello que también se realizó un análisis por entidad federativa (y con el apoyo de un analista de datos estadísticos del CIMAT AC), al realizar el análisis estadístico se encontró que cerca del 40%, las que no cumplen se encuentran alrededor del 30% y por debajo del 29% las que no conocen sobre la normativa ambiental (Ver Fig. 2), para conocer en qué medida las entidades federativas cumplen la normativa y se identificó que el estado de Guerrero es el que tiene menor cumplimiento, la de mayor cumplimiento es Tamaulipas y respecto a la entidad que señala no conoce sobre normativa ambiental con mayor porcentaje es Nuevo León (ver Tabla 1).

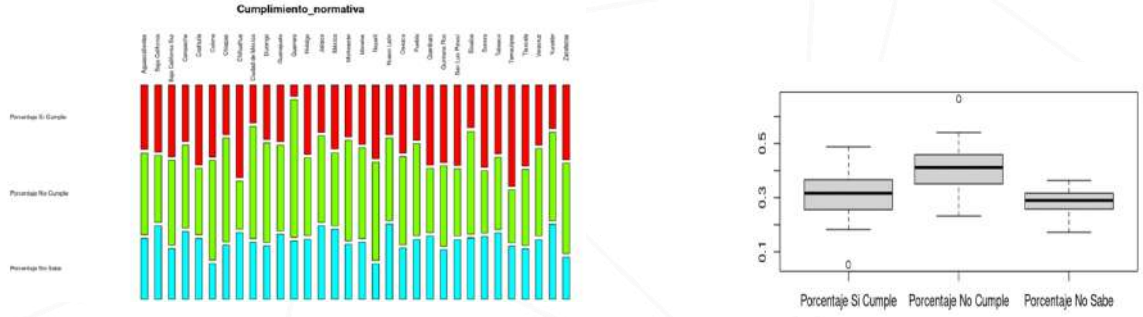


Figura 2. *Entidades federativas con cumplimiento a la normativa ambiental en México*
Nota: En las gráficas de mosaico y boxplot se representa el cumplimiento con la normativa sobre medio ambiente por entidad federativa. Fuente: Elaboración propia a partir de CENSO INEGI 2018 y elaborada en software R Rtudio 2024

Así mismo se puede apreciar en la tabla 1 los porcentajes de cumplimiento por entidad federativa

Cumple	Porcentaje Si Cumple	Porcentaje No	Porcentaje que no sabe
Aguascalientes	0.3110	0.3941	0.2949
Baja California	0.3219	0.3226	0.3556
Baja California Sur	0.3443	0.4098	0.2459
Campeche	0.2727	0.4000	0.3273
Coahuila	0.3849	0.3203	0.2948
Colima	0.3462	0.4808	0.1731
Chiapas	0.2378	0.5000	0.2622
Chihuahua	0.4460	0.2322	0.3218
Ciudad de México	0.1824	0.5407	0.2769
Durango	0.2620	0.4792	0.2588
Guanajuato	0.2735	0.4130	0.3135
Guerrero	0.0526	0.6654	0.282
Hidalgo	0.3323	0.3766	0.2911
Jalisco	0.2264	0.4181	0.3556
México	0.3086	0.3527	0.3387
Michoacán	0.2493	0.4844	0.2663
Morelos	0.2864	0.4364	0.2773
Nayarit	0.3548	0.4731	0.172
Nuevo León	0.2379	0.3985	0.3636
Oaxaca	0.3274	0.4248	0.2478
Puebla	0.2648	0.4447	0.2905
Querétaro	0.3855	0.3096	0.3048
Quintana Roo	0.3733	0.3867	0.24
San Luis Potosí	0.3878	0.3232	0.289
Sinaloa	0.2062	0.4969	0.2969
Sonora	0.3966	0.3009	0.3025
Tabasco	0.3301	0.3495	0.3204
Tamaulipas	0.4879	0.2553	0.2569
Tlaxcala	0.3909	0.3655	0.2437
Veracruz	0.2893	0.4215	0.2893
Yucatán	0.2096	0.4278	0.3626
Zacatecas	0.3594	0.4375	0.2031

Tabla 1. *Porcentajes de cumplimiento por entidad federativa*

Clúster por rubros ambientales de inversión por entidad federativaAl analizar los datos mediante la técnica “Complete” en la generación de clúster o grupos, se generaron tres clústeres agrupándose similitudes en cuanto a los rubros en los que invierten las unidades económicas (Ver Fig. 4). Los principales rubros en los que se invierten son: X1: Inversión en energía eléctrica para determinado proceso, X4: Manejo y disposición final para la disposición de residuos con características domiciliarias y X12: Campañas de sensibilización ambiental (Ver Fig. 3)

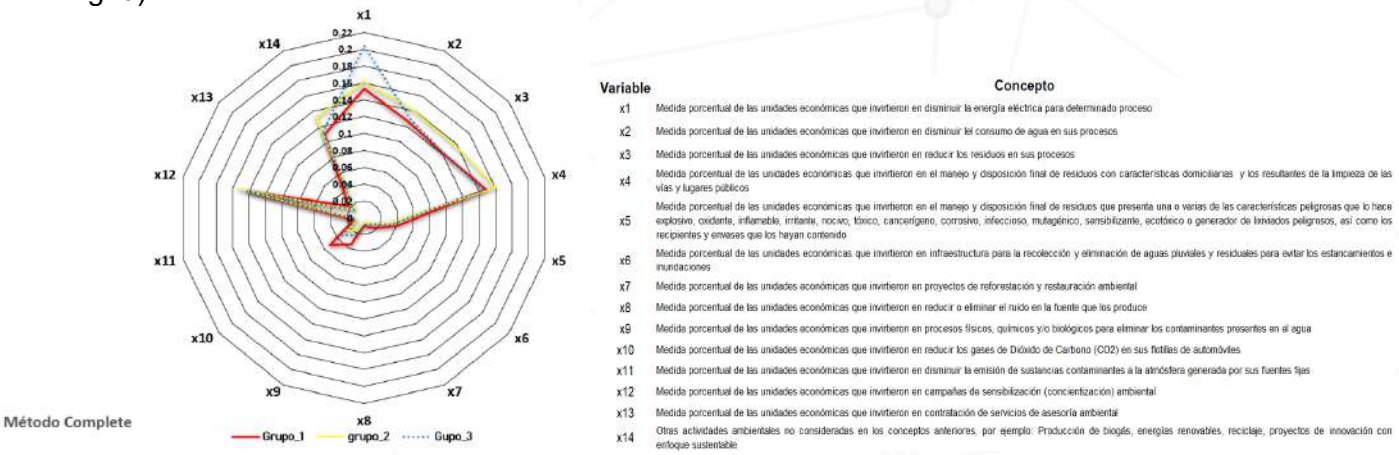


Figura 3. *Clústeres por rubros de inversión por parte de las unidades económicas.*

Figura 4. *Dendrograma con la conformación de Clústeres por entidad federativa*

Nota. Conformación de clústeres por similitud de características en cuanto a los rubros de inversión por parte de las unidades económicas en las entidades federativas. Fuente: Elaboración propia

Nota: Se presenta el Dendrograma donde se observan tres grupos de entidades que comparten características similares en cuanto inversión en rubros ambientales. Fuente: Elaboración propia a partir de CENSO INEGI 2018 y elaborada en software R Rtudio 2024

Listado del padrón de auditores ambientales vigentes en México
El dato proporcionado por PROFEPA señala que en México existen un total de 69 empresas que ofrecen sus servicios de consultoría para apoyar a las empresas a mejorar sus prácticas ambientales, así mismo estas empresas son las que cuentan con un registro oficial (aprobadas) para realizar auditorias ambientales en las industrias para poder obtener algún tipo de certificado como lo es el de Industria Limpia. La figura 5 muestra un segmento del listado de auditores ambientales en México.

MEDIO AMBIENTE | PROFEPA

V: 20 de abril de 2023

LISTA DE AUDITORES AMBIENTALES APROBADOS

NO.	NÚMERO ACREDITACIÓN EMA	NÚMERO APROBACIÓN PROFEPA	EMPRESA	MUNICIPIO - ESTADO	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO -	VIGENCIA DE APROBACIÓN
1	UVPROFEPA 001	AAPROFEPA-001-03	SIICA Soluciones de Ingeniería y Calidad Ambiental, S.A. de C.V.	Aguascalientes **Aguascalientes**	449 915 9875 449 915 9784	siica@prodigy.net.mx	4 de agosto de 2023
2	UVPROFEPA 004	AAPROFEPA-004-03	Ingeniería Ambiental, Construcción y Mantenimiento, IACONSMA, S.A. de C.V.	Querétaro **Querétaro**	442 234 1503 442 234 1388	iaconsma@iaconsma.com gerencia.general@iaconsma.com	10 de octubre de 2023
3	UVPROFEPA 006	AAPROFEPA-006-03	Hat Mat Consultores, S.A. de C.V.	Nezahualcóyotl **México**	55 5766 4775 55 5795 3120	gerencia@hatmatconsultores.com	25 de octubre de 2023
4	UVPROFEPA 007	AAPROFEPA-007-03	Bufete Ambiental Técnico, S.A. de C.V.	Tlalpan **CDMX**	55 5671 2881 55 5603 6034	bufete@inetec.com.mx	22 de noviembre de 2023
5	UVPROFEPA 009	AAPROFEPA-009-04	DNV Energy Systems México, S. de R.L. de C.V.	Benito Juárez **CDMX**	55 8526 8921 55 8526 8900	yolanda.pardonez@dnv.com	29 de mayo de 2024
6	UVPROFEPA 010	AAPROFEPA-010-04	Bufette de Ingeniería y Control Ambiental, S.A. de C.V.	Guadalajara **Jalisco**	33 3823 4531 33 3126 2190 Ext. 101	renan@bica.com.mx	2 de marzo de 2024
7	UVPROFEPA 014	AAPROFEPA-014-04	VPR Análisis Ambientales, S.A. de C.V.	Benito Juárez **CDMX**	55 5538 0598 55 5440 3825	vprianalisis@prodigy.net.mx	19 de julio de 2024
8	UVPROFEPA 018	AAPROFEPA-018-04	GEODECSA, S.A. de C.V.	Gustavo A. Madero **CDMX**	55 7044 9123 55 7031 1556	geodecsa@gmail.com	21 de junio de 2024
9	UVPROFEPA 019	AAPROFEPA-019-04	Ingeniería Ambiental Consultores, S.A. de C.V.	Gómez Palacio **Durango**	871 715 0531 871 714 5696	lambientalconsultores@prodigy.net.mx	12 de enero de 2027
10	UVPROFEPA 029	AAPROFEPA-029-05	Planeación y Proyectos de Ingeniería S.C.	Benito Juárez **CDMX**	55 5536 8230 55 5662 9276	mramirez@ppimex.com.mx	22 de marzo de 2027
11	UVPROFEPA 032	AAPROFEPA-032-05	LICA Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.	San Pedro Garza García **Nuevo León**	81 8152 0300 81 1352 9961 al 65	informes@lica.com.mx	14 de enero de 2027
12	UVPROFEPA 033	AAPROFEPA-033-05	FRGV (Persona Física)	Benito Juárez **CDMX**	55 5590 8884 55 3695 2727	frgm2000@hotmail.com	20 de mayo de 2023
13	UVPROFEPA 034	AAPROFEPA-034-05	Verificaciones y Auditorías Ambientales, S.A. de C.V.	Guadalupe **Nuevo León**	81 8341 1658 81 8343 0466	mmezquitin@vyaase.com.mx	14 de marzo de 2027

Figura 5. *Listado de auditores ambientales aprobados por PROFEPA*
Nota. Lista de auditores ambientales aprobados por PROFEPA en México. Fuente: Información proporcionada del área de Inspección Industrial en oficinas de PROFEPA Michoacán, 2024.

El difundir el listado de auditores ambientales autorizados por PROFEPA es de gran a poyo para las instituciones para conocer los nombres, ubicación y contacto de personal competente y confiable que les guíe en el diseño de planes de mejora ambientales para impulsar el cumplimiento con el marco legal aplicable.

CONCLUSIONES. El análisis exploratorio descriptivo multivariado, el cual se utiliza cuando se tienen múltiples variables al mismo tiempo o para reducir la dimensionalidad de los datos, en este caso, al tratarse de la participación de las unidades económicas por entidades federativas, se vio la necesidad de recurrir a éstas técnicas, lo que permitió identificar que existe un área de oportunidad para que impulse al sector productivo para cumplir con la

normativa ambiental y en el caso de las que ya lo hacen, se logró identificar en qué rubros se enfocan actualmente permitiendo también identificar que las tres variables ambientales en las que menos invierten las unidades económicas son las de emisiones de contaminantes a la atmósfera, proyectos de reforestación y restauración ambiental y la contratación de asesoría ambiental, quedando lo anterior para reflexión para futuras investigaciones.

AGRADECIMIENTOS. Proyecto apoyado por el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (ICTI).

REFERENCIAS.

1. Acuña, N., Figueroa, L., & Wilches, M. J. (2017). Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 25(1), 143-153.
2. De León, D. (2020). Estadística de las normas ISO más implementadas a nivel mundial. R&D Consulting. Consultado en:
3. https://www.rd.com.pa/2020/09/22/estadistica-de-las-normas-iso-mas-implementadas-a-nivel-mundial/
4. Jiménez Guzmán, S. C. (2022). Diseño del sistema de gestión ambiental bajo los requisitos de la NTC ISO 14001: 2015 para la Organización Pasteurizadora Santodomingo SA.
5. Murcia Ramírez, S. E., & Barrera Ángel, J. (2016). Diseño del sistema de gestión ambiental conforme a los requerimientos de la norma ISO 14001: 2015 en la Industria Metalmecánica Servivem.
6. Orviz Martínez, N., Cuervo Carabel, T., & Arce García, S. (2021). Revisión de la investigación científica en ISO 9001 e ISO 14001: un análisis bibliométrico.
7. Jiménez Guzmán, S. C. (2022). Diseño del sistema de gestión ambiental bajo los requisitos de la NTC ISO 14001: 2015 para la Organización Pasteurizadora Santodomingo SA.
8. SEMARNAT (2023). Comunicado de Prensa Núm. 078/18. Consultado en 15 de febrero de 2023. Disponible en: https://www.gob.mx/semarnat/prensa/151-empresas-han-sido-reconocidas-por-el-gobierno-de-la-republica-por-su-desempeno-ambiental-
9. CE Censos Económicos 2019. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censos Económicos 2019, Tabulados Predefinidos_Resultados temáticos_Medio ambiente, disponible en https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/default.html#Tabulados, 02-10-2020.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824105

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA EN LAS COMUNIDADES PUR´EPECHAS: SAN FRANCISCO PICHÁTARO, SAN ÁNGEL DE ZURUMUCAPIO, TINGAMBATO, CARCAPAN Y NARANJA DE TAPIA

Michel Rivero[1], Sayra Orozco[2], Luis Bernardo López Sosa[3], Graciela Gasca[4], Roberto Guerra González[5]

1Universidad Nacional Autónoma de México, IIM Unidad Morelia; mrivero@materiales.unam.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; sorozcocerros@gmail.com

3Universidad Intercultural Indígena de Michoacán; lbernardo.lopez@uiim.edu.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1416029g@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; roberto.guerra@umich.mx

Palabras Clave: Agua, Parámetros fisicoquímicos, Índice de Calidad de Agua.

RESUMEN. Los sectores agrícola y agroindustrial, aunado al escaso o nulo tratamiento de aguas residuales y su descarga ilegal en mantos acuíferos ha traído consigo la contaminación de los recursos hídricos en la región Purépecha. Para dimensionar el grado de contaminación en mantos acuíferos en las comunidades vulnerables de la región, cercanas a estos, es importante evaluar la calidad del agua. La evaluación de la calidad de agua se puede determinar empleando metodologías que relacionan parámetros fisicoquímicos y biológicos, obtenidos del análisis en los recursos hídricos. En este trabajo se evaluó el índice de calidad de agua (ICA) de los recursos hídricos en las comunidades de Tingambato, San Ángel Zurumucapio, Pichátaro de San Francisco, Carapan y Naranja de Tapia en la Meseta Purépecha de Michoacán, aplicando la metodología propuesta por SEMARNAT. Los parámetros fisicoquímicos considerados para la evaluación del ICA fueron pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, potencial redox, sólidos totales disueltos, alcalinidad y nitratos), los cuales fueron analizados bajo las normas oficiales mexicanas y métodos estandarizados. La metodología para la evaluación del ICA consistió en: i) recolección de muestras del cada recurso hídrico presente en las diferentes comunidades de la Meseta Purépecha, ii) análisis fisicoquímicos de las muestras recolectadas, iii) análisis de los datos experimentales y la normatividad aplicada a cada parámetro, iv) desarrollo de recursos visuales para presentación de información a las comunidades, y v) presentación de los resultados en foro de discusión. Los resultados de la evaluación del ICA en los recursos hídricos de las comunidades permitieron obtener información sobre el grado de contaminación e identificar las principales fuentes, así como proponer estrategias para mantener la calidad de los recursos y alternativas para la remediación (lagos y manantiales). Esta información se prevé que sea clave para la toma de decisiones de las comunidades autogestivas.

INTRODUCCIÓN. Los sectores agrícola y agroindustrial, y el escaso o nulo tratamiento de aguas residuales y su descarga ilegal en mantos acuíferos ha traído consigo la contaminación de los recursos hídricos en la región purépecha, poniendo en riesgo la salud de la población y de los ecosistemas, así como la sostenibilidad de las comunidades. Estudios reportados sobre la calidad de agua se centran en las grandes ciudades o en zonas con sectores productivos altamente contaminantes (Saavedra, 2015). Sin embargo, no se ha dimensionado el grado de contaminación en mantos acuíferos en comunidades vulnerables cercanas a estos centros o que tiene algún riesgo de contaminación. Para estudiar el grado de contaminación del recurso hídrico se evalúan diferentes parámetros fisicoquímicos que proporcionan información sobre de la calidad química del agua. Para estandarizar los resultados se emplea con frecuencia el Índice de Calidad del Agua (ICA), que permite hacer comparaciones de niveles de contaminación en las comunidades de interés. El ICA se define como el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% en tanto que el agua en excelentes condiciones de 100% (Semarnat, 2011). La cuantificación del índice de calidad de agua es importante porque permite: i) evaluar el estado de la calidad del agua de forma objetiva y comparable, así como el riesgo que implica para la salud pública, ii) identificar las fuentes de contaminación, apoyando en iii) la toma de decisiones sobre la gestión del agua e implementación de medidas para reducir la contaminación. El objetivo de esta investigación es evaluar el ICA de los recursos hídricos en cinco comunidades: Tingambato, San Ángel Zurumucapio, Pichátaro de San Francisco, Carapan y Naranja de Tapia en la Meseta Purépecha de Michoacán, aplicando la metodología propuesta por SEMARNAT (Semarnat, 2011). Los parámetros fisicoquímicos considerados para la evaluación del ICA fueron pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales disueltos (STD), alcalinidad y nitratos, los cuales fueron analizados bajo las normas oficiales mexicanas y métodos estandarizados.

MATERIALES Y MÉTODOS. La determinación del índice de calidad del agua en las fuentes hídricas locales es un procedimiento crucial para la evaluación de la seguridad y salubridad del suministro de agua. A continuación, se presenta la metodología para llevar a cabo este estudio:

Selección de las fuentes de agua de las localidades a analizar: Las fuentes de agua en las localidades deben ser representativas de sus respectivas áreas, como ríos, pozos, embalses o suministros municipales.

Recolección de muestras de agua: La recolección de las muestras de agua se realizó con base en las normas vigentes, e incluyen registrar la ubicación, fecha y hora de la toma de muestras. Se considera tomar un total de 5 muestras en cada localidad (25 en total).

Análisis del Índice de calidad del agua: Este análisis considera evaluar los parámetros físicos y químicos de las muestras: pH (sensor Hanna-NMX-AA-012-SCFI-2001), conductividad eléctrica (sensor Hanna-NMX-AA-012-SCFI-2001), oxígeno disuelto (principio de método yodométrico, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2004), demanda química de oxígeno (MX-AA-030/1-SCFI-2012), sólidos totales disueltos (sensor Hanna, NMX-AA-012-SCFI-2001, dureza (EDTA por Volumetría) y nitratos (Método espectrofotométrico UV).

Análisis estadístico de resultados. Reproducibilidad de resultados.

Ponderación de parámetros: Identificar y establecer la ponderación para cada parámetro con base en los términos establecidos por la SEMARNAT (Semarnat, 2011; León-Viscaíno, 2009; ICA, 1999).
Evaluación de Índice de Calidad de Agua. Emplear la metodología para la evaluación de ICA mediante la siguiente expresión:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

donde I_i es el índice de calidad de agua del parámetro i, W_i el coeficiente de ponderación, y n es el número de parámetros.

Parámetro	Ponderación	Índice
pH	1.0	$I_{pH} = 10^{0.2335pH+0.44}, pH < 6.7$ $I_{pH} = 100, \quad 7.3 < pH > 6.7$ $I_{pH} = 10^{4.22-0.293pH}, \quad pH > 7.3$
Sólidos totales disueltos*	0.5	$I_{SDT} = 109.1 - 0.0175(SDT), mg\ L^{-1}$
Conductividad eléctrica**	2.0	$I_{CE} = 540CE^{-0.379}, \mu S\ cm^{-1}$
Dureza	1.0	$I_{Dureza} = 10^{1.974-0.00174(Dureza)}, mg\ L^{-1}$
Nitratos***	2.0	$I_{NO3} = 162.2NO3^{-0.343}, mg\ L^{-1}$
Oxígeno disuelto	5.0	$I_{OD} = \frac{OD}{OD_{sat}} \times 100$
DQO	5.0	$I_{DQO} = 0.1\ DQO$

*Cuando los sólidos disueltos (STD) sean menores a 520 mg L^{-1}, se asigna un valor de ICA de 100, y para concentraciones de 6234 mg L^{-1} se asigna un ICA de 0.
** Para una conductividad eléctrica (CE) menor a 85.6 mS/cm se asigna un ICA de 100. Para concentraciones de 2500 mg L^{-1} se asigna un ICA de cero.
*** Para nitratos, se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores a 4.097 mg L^{-1}.

Tabla 1. *Coeficiente de ponderación e índice de calidad de agua para cada parámetro.*

RESULTADOS. Para la identificación de los puntos y los requerimientos en el muestreo se empleó la NOM-014-SSA1-1993. Los puntos de muestreo de agua incluyeron pozos y vertederos abiertos, como se muestra en la Figura 1. En esta figura se muestran los puntos de muestreo para evaluar el índice de calidad de agua de fuentes de agua en las comunidades de Tingambato, San Ángel Zurumucapio, San Francisco Pichátaro, Carapan y Naranja de Tapia en la Meseta Purépecha de Michoacán.
En cada punto de muestreo se analizaron parámetros como temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. Para su análisis en laboratorio las muestras fueron preservadas a 5 ºC y analizadas en el laboratorio dentro de las primeras 48 horas después de su recolección. Los parámetros analizados en laboratorio fueron DQO, concentración de nitratos, dureza y oxígeno disuelto. Cada muestra se analizó por triplicado. Los resultados

obtenidos muestran una variación que está por encima de un 95% de intervalo de confianza.

En la Figura 2 se muestran los valores del índice de calidad de agua en cada punto de muestreo para las comunidades de Tingambato, San Ángel Zurumucapio, San Francisco Pichátaro, Carapan y Naranja de Tapia. Como se puede observar, para Tingambato, el ICA se ubica en el semáforo azul-verde (80-70) clasificándola con una calidad buena. De acuerdo con el ICA para los recursos hídricos de San Ángel de Zurumucapio, los valores corresponden a una buena-aceptable calidad (70-60). Mientras que en San Francisco Pichátaro, el ICA de los recursos hídricos están dentro de los valores de 80, lo que indica buena calidad del recurso para uso de la población. Por su parte Naranja de Tapia y Carapan poseen una excelente calidad de agua con un ICA en el rango de 90-100 en los puntos de muestreo que abastecen a las comunidades. Los resultados se pueden consultar en https://sites.google.com/view/michelrivero/projects/calidad-del-agua.



Figura 1. *Mapa de localización de los puntos de muestreo de agua en las comunidades de Tingambato, San Ángel Zurumucapio, San Francisco Pichátaro, Carapan y Naranja de Tapia.*

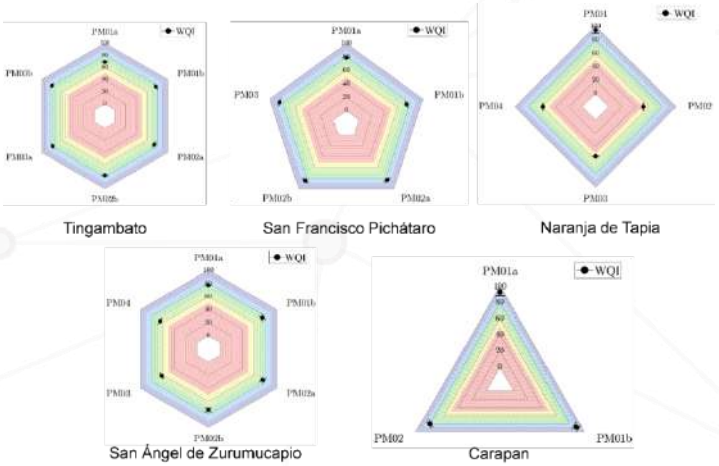


Figura 2. *Índice de Calidad de Agua en las comunidades de Tingambato, San Ángel Zurumucapio, San Francisco Pichátaro, Carapan y Naranja de Tapia.*

CONCLUSIONES. En el presente trabajo se evaluó el índice de calidad de agua de fuentes de agua en las comunidades Tingambato, San Ángel Zurumucapio, San Francisco Pichátaro, Carapan y Naranja de Tapia. Los parámetros de CE y Dureza muestran que el agua es mineral, lo cual es característico de los recursos hídricos de Michoacán. El ICA muestra que el agua posee una calidad buena o aceptable. Estos resultados se compartieron con los habitantes de las comunidades en el Foro Proyectos de Gestión del Agua, la Vivienda y la Energía en comunidades de Michoacán, para su discusión y elaboración de estrategias que permitan recuperar los mantos acuíferos en las comunidades. La metodología implementada puede ser reproducible para otras comunidades y con ello tener información sobre la calidad de agua de regiones de alta vulnerabilidad.

AGRADECIMIENTOS. *Michel Rivero* reconoce el apoyo financiero del **Proyecto ICTI-PICIR23-004**, **FCCHTI23_ME-4.1.-0027**, así como del Proyecto **UNAM-PAPIME PE109024**. Los autores agradecen a los representantes de las comunidades Tingambato, San Ángel Zurumucapio, San Francisco Pichátaro, Carapan y Naranja de Tapia por su invaluable ayuda y participación activa comunitaria durante la recolección de muestras. *Sayra Orozco* agradece al CONAHCYT, por la Beca de Consolidación **M1 y M2 (I1200/320/2022-I1200/331/2023).**

REFERENCIAS.

1. Saavedra Aguilera, Antonio. (2005). Análisis del impacto del uso de agroquímicos convencionales en la calidad del agua de los mantos acuíferos en el Municipio de Tingambato, Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental, UMSNH.
2. Semarnat. (2011) Dirección General de Estadística e Información Ambiental.
3. León-Viscaíno, Luis. (2009). Índices de Calidad de Agua, Forma de Estimarlos y Aplicarlos en la Cuenca Lerma-Chapala, IMTA.
4. Índice de Calidad de Agua. (1999), Disponible el 02.03.2024 en https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824109

MODELO NUMÉRICO WRF PARA PRONOSTICAR LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Maritza Talhia Bernabé Morales[1], Erasmo Cadenas Calderón[2], Erika Danaé López Espinoza[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0915588d@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ecadenas@umich.mx

3Universidad Nacional Autónoma de México; danae@atmosfera.unam.mx

Palabras Clave: Energía eólica, pronóstico numérico, modelo atmosférico WRF.

RESUMEN. La energía eólica es una de las fuentes de energía que más ha crecido en México y en el mundo en los últimos años. Un mayor porcentaje de energía eólica en la red eléctrica obliga a tener mejores pronósticos de la velocidad del viento. En el presente trabajo se muestra el uso del modelo numérico de predicción climática Weather Research and Forecasting (WRF) para pronosticar la velocidad del viento en el Estado de Michoacán. La metodología consistió en introducir datos que representan mejor las condiciones de uso de suelo y vegetación (LULC, por sus siglas en inglés) como las del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Además, se configuró un dominio que incluye a todo el Estado de Michoacán con una resolución horizontal de 2 km. La validación del modelo se hizo al comparar los valores pronosticados de la magnitud del viento contra valores reales medidos por las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) de Uruapan, Zamora, Lázaro Cárdenas y Angangueo, para un pronóstico de 4 días. Esta configuración se comparó contra otra configuración que no incluye la información de LULC de INEGI y con un dominio que abarca a todo el territorio nacional con resolución horizontal de 18 km, mostrando una disminución de entre el 40% y 80% en el error de pronóstico de la magnitud del viento.

INTRODUCCIÓN. La crisis climática que se vive actualmente ha puesto en evidencia la necesidad de una más rápida transición hacía las energías limpias. Entre las energías renovables, la energía eólica ha mostrado un rápido crecimiento a nivel global en los últimos años. En 2023, 117 GW de nueva capacidad instalada de energía eólica fue conectada a las redes eléctricas del mundo, elevando la capacidad eólica total instalada a 1 TW. En contraste con la capacidad instalada de 60.4 GW y capacidad instalada acumulada global de 651 GW del año 2019 (GWEC,2024). En México, la energía eólica también ha presentado un importante crecimiento, pasando de una generación de energía eólica de 10,456 GW en 2017 a una generación de energía eólica de 20,528 GW en 2022, representando el 6.03% de la generación total de electricidad en México en 2022 (SENER, 2023). La energía eólica difiere de las fuentes de energía tradicionales ya que depende de la velocidad del viento, el cual varía en tiempo y espacio, éste es uno de los principales problemas que enfrentan los operadores de sistemas eléctricos. Las variaciones en la

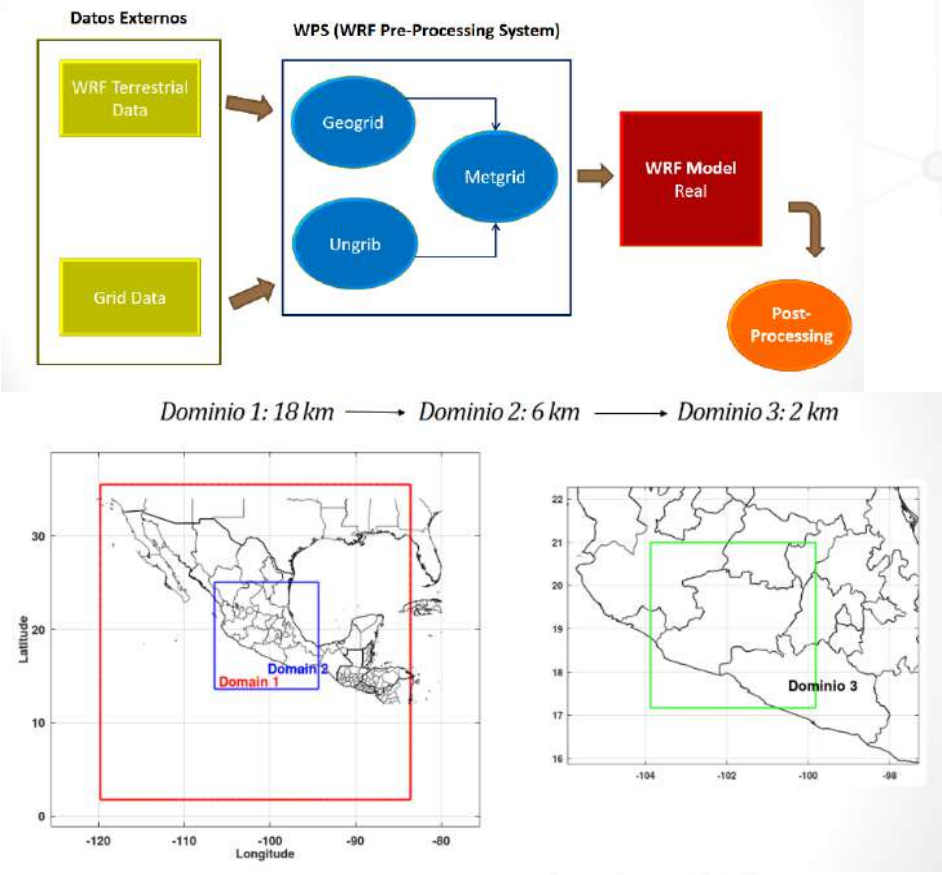
generación de energía eólica pueden poner en peligro el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, especialmente con un aumento en el porcentaje de energía eólica en el sistema (Lei, 2009). Los pronósticos de la velocidad del viento son fundamentales para la consolidación de la energía eólica, ya que un pronóstico confiable de la velocidad del viento ayuda a reducir las incertidumbres en la producción de energía eólica y planear con anticipación las variaciones de la misma (Li, 2011).

ANTECEDENTES. En las últimas décadas se han desarrollado diferentes modelos con el objetivo de predecir la velocidad del viento. Estos modelos se pueden dividir en dos categorías, los modelos estadísticos y los modelos físicos. Los modelos estadísticos incluyen técnicas de series de tiempo como la metodología Box-Jenkins en sus diferentes versiones (ARMA, ARIMA, SARIMA), filtro de Kalman y los procesos gaussianos de regresión (GPR). También incluyen a los modelos basados en inteligencia artificial como las redes neuronales artificiales (ANN) y la Máquina de Vectores de Soporte (SVR). Los modelos estadísticos se caracterizan por utilizar datos históricos (series de tiempo de la rapidez del viento) para realizar sus predicciones y han mostrado su efectividad en el pronóstico a corto plazo. Por otro lado, los modelos físicos, también conocidos como modelos numéricos de predicción climática, discretizan y resuelven las ecuaciones de conservaciones de masa, momento y energía que describen los procesos atmosféricos. Usan información meteorológica y han mostrado su eficacia para realizar pronósticos de la velocidad del viento a mediano plazo. Es importante señalar que los modelos físicos necesitan de una infraestructura informática adecuada y en su mayoría están gestionados por agencias nacionales e internacionales. Actualmente, existen diferentes modelos físicos en operación: Global Forecast System (GFS), ECMWF Integrated Forecasting System (IFS), HARMONIE-AROME, The Unified Model (UM), Regional Assimilation and Prediction System (GRAPES), etc.

OBJETIVO. El objetivo del presente trabajo es generar un pronóstico confiable, para las próximas 96 horas, de la magnitud del viento en el estado de Michoacán, mediante el uso del modelo físico Weather Research and Forecasting (WRF).

MATERIALES Y MÉTODOS. El modelo WRF es un modelo regional de predicción climática. Fue desarrollado como una colaboración entre diferentes instituciones y universidades de los Estados Unidos y de otros países para funciones tanto operativas como de investigación. En la Fig. 1 se muestra de forma simplificada los diferentes procesos que se llevan a cabo en el modelo WRF. El sistema de preprocesamiento (WRF *Pre-processing System*) se divide en tres procesos (geogrid, ungrib y metgrid) cuya función colectiva es realizar los preparativos necesarios para la ejecución del modelo. La integración numérica de las ecuaciones que describen los procesos atmosféricos se lleva a cabo en el módulo denominado *Solver Advanced Research* WRF o simplemente ARW. Finalmente, en el post-procesamiento se engloban la diversidad de herramientas disponibles para el análisis y manejo de las salidas del modelo WRF. También se realizó el proceso conocido como nesting o anidamiento. En este proceso se utiliza un dominio de mayor tamaño como condición de frontera para obtener un dominio de menor extensión, pero de mayor resolución horizontal. En la Fig. 2 se muestran los tres dominios empleados en las simulaciones numéricas, el dominio de mayor tamaño, también llamado dominio padre y los dos dominios anidados dentro del dominio padre. El dominio 1 cubre la República Mexicana

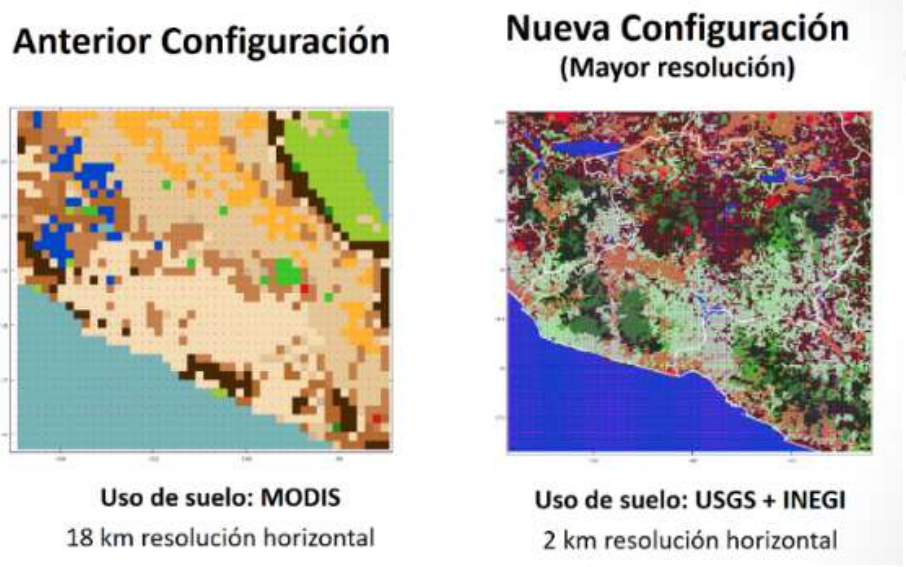
con una malla de 18 km de resolución horizontal (Fig. 2, rectángulo color rojo), mientras que el dominio 3 cubre al estado de Michoacán con una resolución horizontal de 2 km (Fig. 2, rectángulo color verde). El domino 2 ayuda a mantener la proporción de 3:1 entre los diferentes dominios (Fig. 2, rectángulo color azul).



Es importante señalar que se introdujeron datos que representan mejor las condiciones de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). El modelo WRF se utilizó para realizar un pronóstico de 96 horas de la magnitud del viento, el cual correspondió al periodo del 25 de junio a las 00 h (hora local) al 29 de junio a las 00 h (hora local) del año 2024. Los datos del modelo global NCEP GFS 0.5 *Degree Global Forecast System* fueron utilizados como condiciones de frontera. Dentro de las parametrizaciones físicas se utilizó el esquema WRF *Single–moment 6–class* para la microfísica, el esquema *Kain–Fritsch* para cumulus, el esquema RRTMG para la radiación de onda corta y radiación de onda larga y el esquema *Mellor–Yamada Nakanishi Niino* para la capa límite.

RESULTADOS. El pronóstico de la magnitud del viento obtenido con datos estáticos de LULC de INEGI (Fig. 3, derecha) se comparó contra el pronóstico que consideró información de MODIS y con un dominio de resolución horizontal de 18 km (Fig. 3, izquierda). Para la validación del modelo se utilizaron los datos de la magnitud del viento medidos por cuatro estaciones EMAs ubicadas en las poblaciones de Uruapan, Zamora, Lázaro Cárdenas y Angangueo. En la Fig. 4 se muestra la comparación entre los valores de la magnitud del

viento pronosticados por las ambas configuraciones del modelo WRF y los valores medidos por las estaciones meteorológicas en las cuatro poblaciones del estado de Michoacán antes mencionadas. La línea en azul representa a los valores de la magnitud del viento medidos por las EMAs a 10 metros de altura, la línea punteada representa a los valores pronosticados por la configuración antigua del modelo WRF con resolución de 18 km y la línea verde representa a los valores pronosticados por la nueva configuración del modelo WRF con resolución de 2 km.



Las métricas de desempeño del modelo, también llamadas métricas de error, calculan la diferencia entre los valores pronosticados por el modelo y los valores medidos por la estación meteorológica y dan una medida cuantitativa de la precisión de los pronósticos. Existen diferentes métricas, algunas de estas son el sesgo (BIAS), el error promedio absoluto (MAE), el error cuadrático medio (MSE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE).

BIAS=1ni=0n(Pi-Oi), MAE=1Ni=0NPi-Oi, MSE=1Ni=0N(Pi-Oi)2, y RMSE=1Ni=0N(Pi-Oi)2

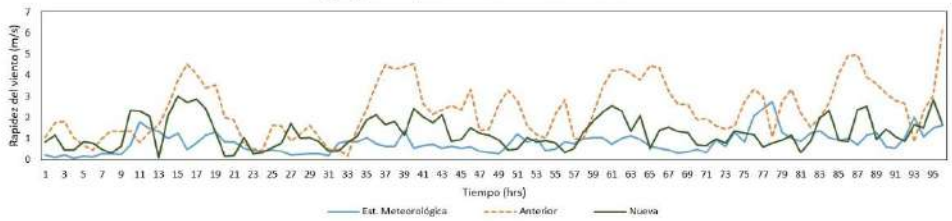
En la Tabla 1 se muestran los valores de las métricas de desempeño para ambas configuraciones del modelo WRF. En el caso del sesgo, se obtuvo que la nueva configuración presentó una disminución promedio del 87% con respecto a la configuración anterior. Similarmente, la nueva configuración mostró que el error promedio absoluto disminuyó en promedio un 41% respecto a la configuración anterior. El error cuadrático medio también mostró una disminución del 68% en promedio y para la raíz del error cuadrático, la nueva configuración mostró una disminución del 45% en promedio en comparación con la configuración anterior.

Métricas	Uruapan		Zamora		Lazaro Cardenas		Angangueo	
	Anterior	Nuevo	Anterior	Nuevo	Anterior	Nuevo	Anterior	Nuevo
BIAS	-1.0998	**-0.0618**	-0.9187	**-0.0481**	-1.2429	**0.1584**	-1.5816	**-0.4486**
MAE	1.2857	**0.5665**	1.3780	**0.7490**	1.3842	**0.9552**	1.6850	**0.7054**
MSE	2.5607	**0.5162**	3.0905	**1.0386**	3.1495	**1.5466**	4.1181	**0.8016**
RMSE	1.6002	**0.7184**	1.7580	**1.0191**	1.7747	**1.2436**	2.0293	**0.8953**









CONCLUSIONES. El modelo WRF Weather Research and Forecasting ha mostrado ser una herramienta confiable para realizar el pronóstico de la magnitud del viento hasta 96 horas para el estado de Michoacán. El pronóstico de la magnitud del viento obtenido tanto de la configuración anterior como de la nueva configuración logró modelar con éxito los patrones del viento en la región de estudio. En cuanto a la precisión del pronóstico del viento, la nueva configuración, que incluye a un dominio anidado de 2 km de resolución y una mejor descripción del uso de suelo y vegetación, muestra valores más cercanos a los registrados por las estaciones meteorológicas, lo cual también se ve reflejado en las métricas de error. Para los cuatro puntos del estado de Michoacán que cuentan con una estación meteorológica automática (Uruapan, Zamora, Lázaro Cárdenas y Angangueo), el pronóstico del viento obtenido con la nueva configuración del modelo WRF, presenta errores de menor magnitud para las cuatro métricas de error, en comparación con el pronóstico de la configuración anterior. Por lo tanto, el uso de anidamientos para obtener un dominio de mayor resolución, así como una mejor clasificación del uso de suelo y vegetación, ayudó a

mejorar el desempeño del modelo, lo que se traduce en tener un pronóstico del viento más preciso.

REFERENCIAS.

1. Lei, M., Shiyan, L., Chuanwen, J., Hongling, L., & Yan, Z. (2009). A review on the forecasting of wind speed and generated power. Renewable and sustainable energy reviews, 13(4), 915-920.
2. Li, X. (2011). Estimating Wind Forecast Errors and Quantifying Its Impact on System Operations Subject to Optimal Dispatch. University of Toronto.
3. Secretaria de Energía del Gobierno de México. (2023). Informe Pormenorizado Sobre El Desempeño Y Las Tendencias De La Industria Eléctrica Nacional 2021. https://www.gob.mx/sener/documentos/informe-pormenorizado-sobre-el-desempeno-y-las-tendencias-de-la-industria-electrica-nacional
4. G. W. E. Council, Gwec global wind report 2023, Global Wind Energy Council: Bonn, Germany (2023).
5. Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X.-Y. Huang, W. Wang, y J. G. Powers. A Description of the Advanced Research WRF Version 3. National Center for Atmospheric Research. Bolder, Colorado, USA. (2008).

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824110

ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LAS LLUVIAS DE JULIO DE 2024 EN MORELIA USANDO SIG-IBER

***Jorge Eduardo Ochoa-García*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1718104a@umich.mx

Palabras Clave: Modelación, inundación, climatología, zona de riesgo.

RESUMEN. La ciudad de Morelia, desde que se cuenta con el registro pluviométrico, siempre ha manifestado problemas respecto a las lluvias, pues si bien las mismas han generado últimamente la recarga de acuíferos, el resurgimiento de lagos y el aumento de la capacidad de las presas, en la zona baja de la ciudad se presentan problemas derivados a los encharcamientos y, en algunos casos, inundaciones, que han provocado desde problemas viales hasta pérdida de patrimonio en caso de que el nivel del agua sobrepase el nivel de la banqueta. En este trabajo, se propuso la implementación de una metodología que permita evaluar el comportamiento del agua en meses de alta intensidad como lo es en julio del presente año para poder realizar una modelación hidrológica a base de SIG-IBER, implementando metodologías bien establecidas. Como resultado, la las lluvias acontecidas durante el mes estudiado fueron superiores al promedio y el modelo del comportamiento del flujo presentó un tirante del agua de 0.447 metros, mismo que resulta problemático, especialmente porque la lluvia de diseño y el periodo de retorno no corresponden a datos que puedan propiciar problemas mayores en la infraestructura.

INTRODUCCIÓN. Las inundaciones han cobrado más importancia a nivel internacional por la problemática que representan, pues es una de las causas más presentes de pérdidas económicas ocasionadas por desastres naturales al provocar daños temporales o permanentes en sectores agrícolas, industriales, educativos y habitacionales. En este documento, se presenta el análisis de las lluvias acaecidas en la zona sur de la ciudad de Morelia, mismas que provocaron que la circulación quedara paralizada mientras una de las avenidas más importantes de la ciudad por la cantidad de comercios se veía afectada. El trabajo a su vez, también presenta limitantes, pues la escasa infraestructura climatológica no permite conocer de forma exacta el comportamiento real de la lluvia en un lugar determinado, siendo en este caso una zona alejada cuatro kilómetros de la ESMA/EMA más próxima. Por otra parte, el enmallado RTIN se realizó a partir del MDE del Estado de Michoacán, el cual no considera el comportamiento que ha tenido el terreno desde su elaboración ni tampoco el surgimiento de infraestructura civil. A pesar de se ha propuesto desde hace años la implementación de presas tipo rompe picos para evitar que el flujo del agua llegue hasta la zona baja de la microcuenca del Río Chiquito y que, en principio, se disminuya el riesgo que se tiene de algunas zonas de la ciudad queden inundadas tras una lluvia extrema, lo cierto es que en la actualidad el problema no ha hecho más que agravarse de acuerdo a lo observado.

ANTECEDENTES. Las lluvias de Morelia, generalmente en algunas zonas como el sur de la ciudad, han resultado más conflictivas con el paso de los años y, a pesar de que se han propuesto proyectos que ayuden a solventar la problemática, la misma ha seguido perdurando y, en algunos puntos concretos, se ha endurecido.
OBJETIVO. Evaluar el comportamiento de la lluvia en la región sur de la ciudad durante el mes de julio de 2024, así como compararlo con el registro histórico para determinar cómo ha sido su evolución e igualmente realizar una modelación del comportamiento del flujo en la Av. Camelinas, de tal modo que se permitan distinguir los valores del tirante de agua en algunas zonas para poder proponer una estrategia que permita mitigar los riesgos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Información histórica: Para poder llevar a cabo un contraste, se realizó una recopilación de la información histórica desde que se cuenta con el registro por parte de las EMC (Estaciones Meteorológicas Convencionales).
Caracterización de la zona de estudio (Metadatos y SIG): Para el tratamiento de las características geográficas de la zona de estudio, se realizó una delimitación mediante el software SIG de ArcGIS para poder crear mapas representativos del área afectada, así como también la ayuda de Google Earth como medio de consulta de imágenes satelitales. Con respecto a los metadatos, se revisó la información disponible en el portal del INEGI, del IMPLAN, así como del geoportal IDEA de la UNAM.

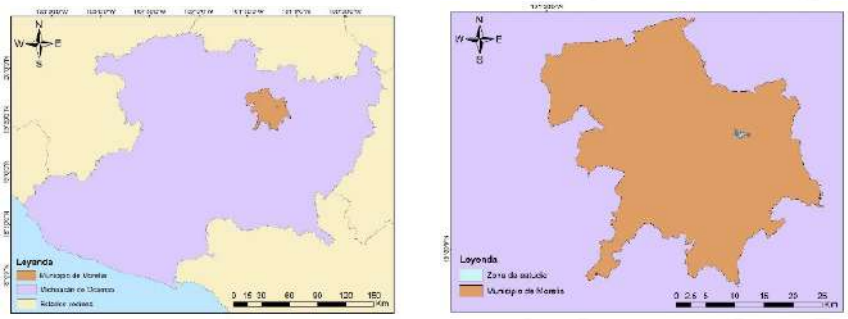


Fig. 1 y 2. *Ubicación de la zona de estudio respecto al Estado de Michoacán (1) y al municipio de Morelia (2).*



Fig. 3 y 4. *Fotografías tomadas el día 11 de julio de 2024 de las consecuencias viales provocadas por una lluvia en Av. Camelinas, en la ciudad de Morelia.*

Datos climatológicos: Toda la indagación correspondiente a la climatología se obtuvo directamente a partir de una Estación Sinóptica Meteorológica Automática (ESMA), siendo la única disponible en la ciudad y solo una de las dos presentes en el Estado de Michoacán, misma que almacena información cada 10 minutos. Por otro lado, y para la comparación con los datos históricos, se utilizó la EMC-16081, la cual cuenta con datos diarios de

precipitación. De los datos, se propuso que la lluvia de diseño sea la PMDA del mes en cuestión, siendo 30.89 mm el valor asignado para la simulación.

Tabla 1. Promedio de datos obtenidos de la ESMA durante el mes de Julio 2024.

Total de Precipitación (mm)	Temperatura del Aire (°C)	Humedad relativa (%)	Presión Atmosférica (hpa)	Radiación Solar (W/m²)	Dirección de ráfaga (grados)	Rapidez de ráfaga (km/h)
240.89	19.790	77.672	812.006	232.915	165.824	12.264

Periodo de retorno (Tr): Siendo el Tr la probabilidad de que suceda o se exceda un evento climatológico extremo, como lo puede ser una lluvia extrema, se propuso de el mismo sea de 25 años, pues es un estándar para obras de alcantarillado.



Fig. 5 y 6. (5) *Localización de la zona de estudio en Morelia. (6) Ubicación de la zona de estudio respecto a la microcuenca del Río Chiquito, donde se indica en etiqueta roja la localización de las estaciones ESMA-EMC.*

Intensidad de tormenta: Contando con aceptación a nivel internacional, el método de estimación de tormenta de diseño Dick-Peschke, pues a su vez su resolución es fidedigna y no requiere de mayores variables además de la precipitación máxima en 24 horas y la duración de la tormenta.

Hietograma de precipitación: La elaboración del hietograma fue por medio de la Precipitación Máxima Diaria Anual (PMDA) de la tormenta propuesta y a partir de la metodología del bloque alterno, ya que el mismo relaciona directamente la precipitación de una tormenta y su tiempo de prolongación.

Curvas IDF: El componente de las curvas IDF se construyó a partir de la información de PMDA y demuestra el comportamiento de la intensidad de tormenta con respecto al tiempo transcurrido.

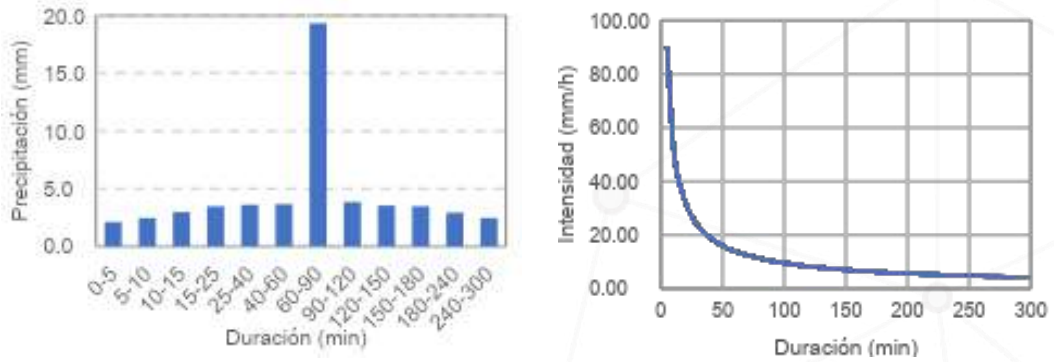


Fig. 7 y 8. (7) *Hietograma de precipitación y (8) curva IDF de la lluvia de diseño.*

Rugosidad de Manning: Es un valor que establece la resistencia de un flujo a transportarse sobre un canal, zanja o cauce, aunque no siempre se limita a estos eventos. Es un índice que recibe su valor en función del material sobre el cual transcurra el agua. En este trabajo, se consideró un valor de 0.020, el cual corresponde al valor perteneciente a la infraestructura civil y es un valor que viene establecido por defecto por el programa IBER, así como también concierne a un estándar de otros elementos como medios residenciales, industriales, vegetación urbana y árboles.
Modelo de pérdidas: Se refiere propiamente al modelo que determina el comportamiento que tendrá el almacenamiento del flujo, puesto que la zona de estudio cuenta con diferentes superficies. Se asignó el modelo del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) bajo los siguientes parámetros:

RESULTADOS.

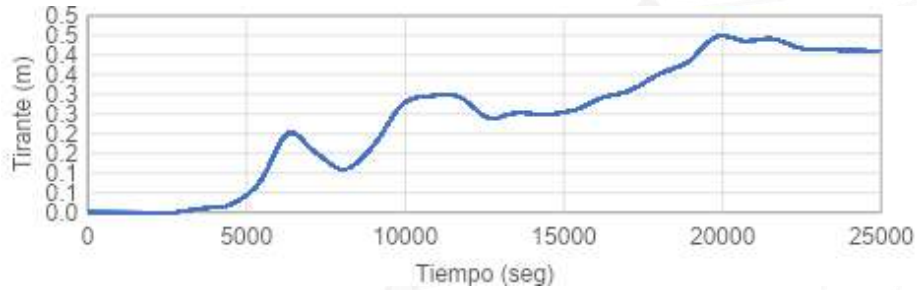


Fig. 9*. Comportamiento del tirante de agua en función del tiempo de tormenta en un punto de Av. Camelinas.*

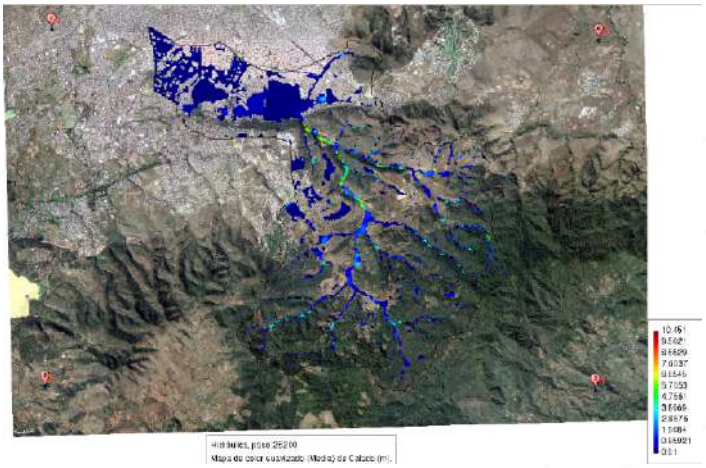


Fig. 10. *Comportamiento del flujo en la microcuenca del Río Chiquito al final de la simulación.*

EMC-16081 (mm)	ESMA (mm)
30.98	44.28

Tabla 2. *Comparación del promedio de PMDA del mes de julio registrados por la EMC-16081 y los datos extraídos de la ESMA del mismo mes del año 2024.*

CONCLUSIONES. Si bien, la lluvia de diseño de acuerdo al promedio no se encuentra dentro de las más intensas de todo el registro, dicha lluvia fue lo suficientemente importante como para causar afectaciones viales que derivaron en el cierre de la circulación y en algunos vehículos averiados. De acuerdo a la Tabla 2, la lluvia de diseño (PMDA julio 2024) es menor al promedio histórico extraído de la EMC-16081. En caso de que se presente una lluvia que sea provocada por un huracán categoría 5 según la escala Saffir-Simpson, el cierre vehicular será el menor de los problemas en caso de que el tirante del agua sea lo suficientemente importante para poder llegar a niveles de comercios y la zona, tratándose de un lugar importante en cuanto a la economía de la ciudad, se podría ver diezmado parcial y, en algunos casos, totalmente. En ese sentido, se proponer que se realice una revisión de la red de alcantarillado para mejorar las condiciones del mismo, que se propongan políticas públicas más estrictas en cuanto al cambio de uso de suelo en la Loma de Santa María y que se genere conciencia en la sociedad para prevenir riesgos, así como dar a conocer los medios necesarios que puedan servir de guía para poder actuar cuando se presente un evento extraordinario.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824113

DISEÑO DE EMPAQUE SUSTENTABLE: EMPAQUES DE TÉ LIBRES DE MICROPLÁSTICOS Y AMIGABLES AL MEDIO AMBIENTE

Maria Dolores Trujillo Navarrete
1Universidad Vasco de Quiroga; mtrujillo105@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: Diseño, Empaque, Sustentabilidad.

RESUMEN. De acuerdo con la investigación realizada utilizando las herramientas de investigación de enfoque mixto, que incluían investigación documental, encuestas y entrevistas, se encontró que los participantes prefieren la ruta sustentable y estarían dispuestos a pagar un poco más si notan que la sustentabilidad es tomada en cuenta. Otros puntos de importancia que se identificaron a través de la investigación fueron: lo funcional, durabilidad, costo, claridad, congruencia de diseño, permanencia del sabor, y que se pueda transportar fácilmente. Durante la investigación realizada a través de entrevistas, un punto focal fue la parte funcional. Se encontró que la preferencia no necesariamente era en la parte estética, sino en que fuera un empaque que fuera fácil de usar, mantuviera el sabor del té, se pudiera transportar fácilmente para el trabajo u escuela, y que protegiera el producto sin deshacerse fácilmente. Aunque si se toma en cuenta lo estético, toma un segundo plano a la hora de decidir qué importa más para el empaque de té.
Los resultados finales del presente proyecto aún quedan inconclusos.

INTRODUCCIÓN. El té es uno de los productos con mayor consumo a nivel mundial gracias a sus diferentes características. Su presentación en bolsas llega a ser tan usual que marca un área donde cabe la probabilidad de crear mucho desperdicio no sustentable. El desperdicio mencionado viene no solo de la bolsa que contiene el té, en algunos casos, son empacados en su respectivo sobre de plástico, después son colocadas en las cajas que son presentadas en los anaqueles de las tiendas, pero, algunas marcas van un paso más y envuelven esas cajas en otro plástico para proteger aún más al producto. Sin embargo, no termina ahí, en casos de tiendas de venta al mayoreo, como Costco, varias cajas individuales son colocadas en cajas más grandes, aumentando aún más el desperdicio de empaques. El hecho que algo tan pequeño pueda requerir tantos empaques o envolturas, que en algunos casos no son reciclables ni biodegradables, significa que se puede trabajar en esta área para generar cambios positivos al medio ambiente y con ello pueda llegar a ser más sustentable. Aunque reciclar es un buen paso hacia la conciencia ambiental del consumidor, se tiene que tomar en cuenta que la responsabilidad no solo cae en el, sino que todos los sectores de la sociedad trabajen en conjunto para ayudar a mejorar al medio ambiente. El diseño gráfico llega a jugar un rol importante en lograr persuadir a un público, cambiar sus hábitos y ser más conscientes de qué tipo de empaques tienen los productos que compran.

ANTECEDENTES. Con la finalidad de continuar realizando un trabajo lineal y ordenado es necesario visualizar y establecer datos que puedan ser de gran relevancia para el objeto de estudio, es por ello que en el presente apartado se comienzan a identificar distintas fuentes documentales que puedan ser de ayuda en el desarrollo del trabajo de investigación sobre los empaques sustentables para el té. Según, Udo Krischke, de la Société Générale de Surveillance, en un artículo nombrado The Hidden Plastic in Teabags (2020), el té es la segunda bebida más consumida en todo el mundo, siendo el primero dentro de este grupo el agua. También habla del enorme daño que es el plástico para el medio ambiente, ya que lo siguen utilizando en maneras que solo se puede utilizar una sola vez, sin la posibilidad de reciclar. Por ejemplo, Krischke declara que en algunos casos, las bolsas de té contienen hasta un 25% de plásticos. Este trabajo desarrollado por Krischke llega a ser útil para la presente investigación ya qué deja en claro que hacer un cambio positivo en el mundo del té, podría llegar a tener un fuerte impacto ya que es consumido por una gran cantidad de la población. Statista (2023) llega a dar estadísticas relevantes a la presente investigación ya que explica que, en el 2022, el consumo global de té llegó a 6.7 billones de kilogramos; además estiman que para el año 2025, esta cifra continúe subiendo al punto de llegar a los 7.4 billones de kilogramos a nivel mundial. De igual forma, esta información es relevante para recalcar el alcance tan grande que puede llegar a tener si todas las compañías que producen té pensaran en el aspecto sustentable. La Organización de las Naciones Unidas es un excelente sitio para obtener información sobre la contaminación que llega a generar los desperdicios como los empaques. En el artículo, Understanding plastic pollution and its impact on lives (2023), se habla de los daños actuales que ha generado el plástico en el mundo. Este artículo es de suma importancia ya que explica que este material no es biodegradable, e incluso puede llevar hasta 1,000 años para desintegrarse, más no desaparecer, significando que por todos esos años se queda en los basureros donde se corre el riesgo de contaminar el suelo, el agua, animales marinos y por ende causar daños tanto ambientales como en la salud de los seres humanos. Esto de no ser biodegradable, significa que el proyecto presente no debería llevar ningún tipo de plástico para poder ser considerado sustentable. Diseño de Packaging Para Reciclaje: Recomendaciones Generales Para el Diseño Circular de Envases (2020) de Silvia Apprich es un recurso indispensable para la presente investigación, ya que contiene un listado sobre las clasificaciones de varios materiales en términos de su reciclabilidad. Contiene información sobre distintos tipos de envase incluyendo: PET, latas, envases flexibles, cajas de cartón y muchos más. Este documento también será un buen recurso para encontrar distintos tipos de materiales para encontrar opciones sustentables.

OBJETIVO. El objetivo general es generar una propuesta de diseño para empaques de té que sea parte del desarrollo de una investigación teórico-práctica abordada a profundidad; tomando en cuenta que se deben cumplir las principales tareas de un empaque, cuyos elementos incluyen el cuidado del producto, la funcionalidad, la practicidad y la comunicación. Se deben considerar otros elementos que forman parte sustancial de los procesos de diseño como son los elementos visuales necesarios bajo las normas requeridas, pero que al mismo tiempo sea llamativo para el cliente y que mantenga una producción a un bajo costo a través de la sustentabilidad y economía circular con una finalidad social.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para obtener la información necesaria para avanzar con el objetivo de crear una alternativa sustentable para los empaques de té, se consideran varios

puntos de enfoque. Uno de dichos puntos eran las personas que formarán parte como fuentes de información sobre los diversos puntos de investigación; las personas por entrevistar se dividen en distintos grupos, por ejemplo: diseñadores gráficos, expertos en sustentabilidad, consumidores de té y emprendedores. Cada grupo de personas aportará un pedazo importante para poder llegar a la conclusión de qué es esa alternativa sustentable de empaque para el té. Se utilizaron varios métodos como parte importante de la investigación, por la naturaleza de la misma se hará uso de técnicas de búsqueda de información orientadas a los métodos mixtos, cualitativo y cuantitativo, de aplicación para los distintos grupos ya mencionados. Ya que los grupos estan conformados de distintas áreas, no necesariamente se aplicaría cada pregunta a cada grupo, o incluso, la manera que se obtiene cada pregunta, no se aplicará a los grupos de la misma manera. Para adquirir la información necesaria, se aplicaron entrevistas semi-estructuradas, encuestas cerradas, bibliografía documental y fotografías. A continuación se verán algunos resultados de las preguntas realizadas a 29 diseñadores gráficos dentro de las instalaciones de la Universidad Vasco de Quiroga.

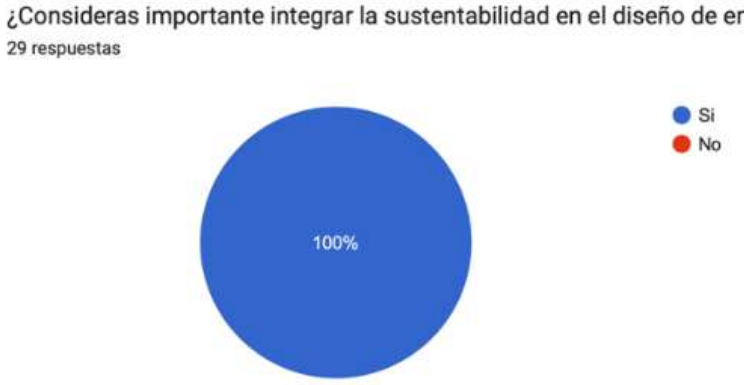


Figura 1. *¿Consideras importante integrar la sustentabilidad en el diseño de empaque? 100% de 29 entrevistados dijeron si.*

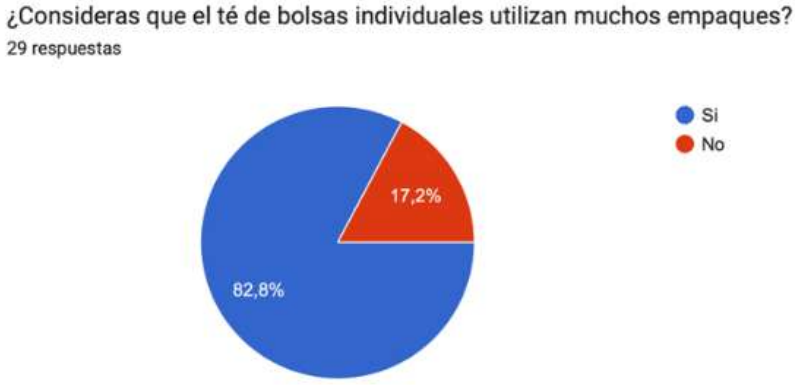


Figura 2. *¿Consideras que el té de bolsas individuales utiliza muchos empaques? 82.8% dijeron si y el 17.2% no.*

Otro método utilizado era el fotográfico; para poder analizar tanto como lucen los empaques de tés hoy en día en los anaqueles, y también para ver que otros tipos de materiales están utilizando las diferentes marcas de té.
A continuación, se podrá ver algunos ejemplos de tés en anaqueles en la tienda de autoservicio, Chedraui, en dos ocasiones separadas.



***Figura 3**. Anaqueles llenos de té. Chedraui, 16 de mayo, 2024.*



***Figura 4.** Empaques de té con plástico. Chedraui, 7 de agosto, 2024.*

RESULTADOS. Aunque los resultados finales del presente proyecto aún quedan inconclusos, lo que se espera del actual proyecto de investigación es poder crear un empaque que sea tanto funcional y atractivo para el cliente, al igual que sustentable para el medio ambiente al igual que para los clientes.

CONCLUSIONES. Reitero, el proyecto sigue en proceso por lo tanto los resultados quedan inconclusos. Sin embargo, las conclusiones por el momento son que la industria del té necesita un cambio, refiriéndose a los empaques. El desperdicio generado a través de esta industria es bastante elevado cuando tomas en consideración que, en el 2022, el consumo global llego a 6.7 billones de kilogramos. Esto apunta a que esta área puede beneficiar de una manera grande si se logra crear un empaque que no solo sea del agrado al consumidor, sino que las marcas de té estén dispuestas a utilizar, no solo por la intención que los costos del té no se eleven a la hora de llegar al anaquel, pero que también los quieran usar para ayudar al medio ambiente.

REFERENCIAS.

1. APPRICH, Silvia y Kreuzinger, Marina. Community Efficient Consumer Response (2020). Diseño de Packaging Para Reciclaje: Recomendaciones Generales Para el Diseño Circular de Envases. https://worldpackaging.org/Uploads/2022-10/ResourcePDF50_1666954494.pdf.
2. KRISCHKE, Udo (2020). The Hidden Plastic in Teabags. https://www.sgs.com/en/news/2020/01/the-hidden-plastic-in-teabags.
3. Organización de las Naciones Unidas (2023). Understanding plastic pollution and its impact on lives. https://www.un.org/africarenewal/magazine/may-2023/understanding-plastic-pollution-and-its-impact-lives#:~:text=Unlike%20other%20materials%2C%20plastic%20does,can%20cause%20serious%20health%20impacts.
4. Statista (2023). Volume of tea consumption worldwide from 2012 to 2025. https://www.statista.com/statistics/940102/global-tea-consumption/#:~:text=In%202022%2C%20global%20consumption%20of,7.4%20billion%20kilograms%20by%202025.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824114

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS ENTRE PROCEDENCIAS DE *Pinus pseudostrobus*

Daniel Madrigal González[1], Selene Ramos Ortiz [2], Alejandro Martínez Palacios [1], María Dolores Uribe Salas [1], Mariela Gómez Romero [3] y Nahúm Modesto Sánchez Vargas[1]

1 Instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;

2330497j@umich.mx alejandro.palacios@umich.mx, nahum.sanchez@umich.mx maria.uribe@umich.mx

2CONAHCYT- Instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo;

selene.ramos@umich.mx

3 CONAHCTY-Fac. de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mariela.gomez@umich.mx

Palabras Clave: Pino, caracterización de semillas, zonas geográficas, lotes de semilla, germinación.

RESUMEN. La importancia de los bosques de coníferas de México va desde el punto de vista, biológico, ambiental, social, económico, Pinus pseudostrobus es una especie forestal que dada su calidad de madera y rápido crecimiento es una especie con potencial comercial, se evaluó longitud, ancho, grosor, y peso de semilla, así como la velocidad y porcentaje de germinación. Entre procedencias para longitud, ancho y grosor la procedencia cuatro (P4) de La Gloria, Perote Veracruz mostró los valores más altos y presentó diferencias estadísticamente significativas respecto a las demás, para peso fue la procedencia seis (P6) de la Mesa del laurel, Coatepec, Veracruz, los valores más bajos en todas las variables evaluadas los presento la procedencia tres (P3) de la localidad el Floripondio, Zapotlán el Grande Jalisco. El porcentaje de germinación (excluyendo la procedencia tres P3 que presento 0 %) el valor mínimo lo presento (P2) de Santa Ana Jeráhuaro, Michoacán, con 48% y el valor máximo fue (P1) de Amecameca, Estado de México con 71 %, las primeras semillas germinadas se presentaron al día 18, después de la siembra en todas las procedencias, todas las procedencias presentaron una mayor germinación al día 23, la procedencia con mayor velocidad de germinación fue la cuatro (P4) de La Gloria, Perote Veracruz.

INTRODUCCIÓN. Pinus pseudostrobus es una conífera perteneciente a la familia Pinaceae y al género Pinus, es una especie forestal se distribuye principalmente en el Eje Volcánico Transversal (centro de México), al norte existen poblaciones en Sinaloa, Durango, Coahuila y Nuevo León, al sur Chiapas y Oaxaca (Martínez, 1948; Narave y Taylor, 1997), dada la calidad de su madera, tiene un alto aprovechamiento maderable en bosques naturales, cuenta con potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales, dado su rápido crecimiento (Eguiluz,1978), es utilizada en programas de restauración, ya que se desarrolla en diferentes ambientes, está presente desde los (800) 1900 a 3000 metros sobre el nivel del mar principalmente en bosque de pino o pino-encino (Perry, 1991), esta amplia distribución, da como resultado una gran variación de la especie, dependiendo donde esta

se desarrolle, estas variaciones pueden darse entre individuos o entre poblaciones y puede deberse a la plasticidad que presenta la especie (Hernández et al., 2008; Pedroso et al ., 2010). El objetivo de este estudio fue analizar y describir las cracteristicas macroscópicas y germinación de semillas entre procedencias de pinus pseudostrobus

ANTECEDENTES. Se han realizado distintos estudios sobre procedencias en diversas especies del genero Pinus ya que la gran mayoría de las especies de este género son de interés económico, tanto en plantaciones ya establecidas como en vivero, así como caracterizaciones de semilla. En Pinus pseudostrobus Hernández -Carmona et al., (2003), encontró un valor máximo de 5.74 mm y un mínimo de 5.24 mm para largo de semilla y Muñoz-Flores et al. (2023), reporta un valor máximo de 4.19 mm y un mínimo de 3.84 mm para ancho de semilla, (Cervantes-Machuca et al., 2023), reporta un valor máximo de 2.31 mm en grosor, estos estudios han aportado conocimientos a al momento de elegir la semilla a sembrar ya que es de gran importancia para asegurar la una buena producción de planta.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se contó con semilla de seis procedencias distintas, dichas semillas fueron donadas por el Colegio de Posgraduados, estas se separaron por procedencias y se almacenaron a una temperatura controlada de 4°C, tres procedencias de P. pseudostrobus var. pseudostrobus, dos de P. pseudostrobus var. oaxacana y una de P. pseudostrobus var. Coatepecensis. (P1) Amecameca, Amecameca, Estado de Mexico, procedencia dos (P2) Santa Ana Jeráhuaro, Zinapécuaro, Michoacán, procedencia tres (P3) El Floripondio, Zapotlán, Jalisco, procedencia cuatro (4) La Gloria, Perote, Veracruz, procedencia cinco (P5) Francisco I Madero, Perote, Veracruz, procedencia seis (P6) Mesa del laurel, Coatepec, Veracruz. En laboratorio se trabajó con un tamaño de muestra de 100 semillas, por cada procedencia, estas se eligieron completamente al azar, en total 600 semillas. Las variables evaluadas de las semillas de manera individual, fueron: peso (g), longitud (mm), ancho (mm) y grosor (mm). El peso por cada una de las semillas se tomó con una balanza analítica y las variables de longitud (mm), ancho (mm) y grosor (mm), se obtuvieron con un vernier digital (STREN, HER-41, ± 0,1 mm de precisión). Cada semilla fue separada y etiquetada para hacer un seguimiento individual. Posteriormente, las semillas fueron sembradas aleatoriamente en contenedores rígidos de plástico de 1000 cm3 de capacidad, en un sustrato de agrolita, vermiculita y peat moss en proporción 1:1:2, en charolas con 54 cavidades y una capacidad de 300 ml de humedad (con riego a capacidad de campo) y temperatura. Cada contenedor se etiquetó con el número de semilla y procedencia para conservar su identidad. El experimento se llevó a cabo en condiciones de vivero con malla sombra de 35 % de cobertura, bajo las mismas condiciones de luz. La germinación se monitoreó desde la siembra, hasta dejar de presentar cambios, llevando un registro diario de germinación de manera individual por semilla. Para evaluar la velocidad de germinación y las variables dasométricas de las semillas, se realizó un análisis de varianza en el paquete estadístico SAS, para definir diferencias entre las procedencias, se compararon los valores de las medias para las variables por el método de Tukey.

RESULTADOS. Comparando las seis procedencias evaluadas de *Pinus pseudostrobus,* para las variables longitud, ancho y grueso de semillas, se observa que las semillas de mayor promedio general, son las pertenecientes a la procedencia cuatro (P4) de la localidad de La Gloria, municipio de Perote, Veracruz, mientras que para peso el promedio mayor lo obtuvo la procedencia seis (P6) de la localidad de la Mesa del laurel, municipio de Coatepec, Veracruz, la procedencia que mostró los promedios más bajos en todas las

variables, fue la procedencia tres (P3) de la localidad el Floripondio del municipio de Zapotlán el Grande Jalisco. Para la variable longitud de semilla, las procedencias cuatro (P4) y seis (P6), presentaron diferencia significativa, respecto a las demás procedencias, con un valor de F = 48.24, G.L.= 5, P = < 0.0001. Ancho de semilla las procedencias dos(P2), cuatro (P4) y seis (P6), presentaron diferencia significativa respecto al resto de las demás procedencias con un valor de F= 47.57, G.L.= 5, P= < 0.0001. Peso de semilla la procedencia tres presento diferencia significativa respecto al resto de las demás procedencias, con un valor de F= 12.36, G.L.=5, P= <0.0001 (cuadro 1).

Procedencia	LS (mm)	AS (mm)	GS (mm)	PS (g)
P1	5.56±0.06 b	3.73±0.03 b	2.39±0.02 c	0.0239±.00584 a
P2	5.75±0.04 b	3.89±0.02 a	2.25±0.01 d	0.0228±.00186 a
P3	5.23±0.03 c	3.33±0.02 c	2.18±0.01 d	0.0103±.00016 b
P4	6.29±0.06 a	4.03±0.03 a	2.63±0.02 a	0.0276±.00243 a
P5	5.77±0.06 b	3.65±0.04 b	2.43±0.02 c	0.0276±.00243 a
P6	6.19±0.06 a	3.94±0.04 a	2.53±0.02 b	0.0310±.00380 a

Cuadro 1. Valores promedio por procedencia de las características macroscópicas de P. pseudostrobus LS = longitud de semilla, AS = ancho de semilla, GS = grueso de semilla, PS = peso de semilla, ±=error estándar. Letras diferentes en una misma columna, muestran diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey.

En cuanto a la velocidad de germinación, se presentan diferencias estadísticamente significativas, con un valor de F=3.94, G.L.=4, P=0.004. La procedencia que presentó mayor velocidad de germinación, fue la procedencia cuatro con respecto al resto de las demás y estadísticamente mostró diferencias significativas con respecto a las procedencias uno y dos. La procedencia tres (P3) fue excluida ya que su germinación fue del 0 %.

CONCLUSIONES. De acuerdo al estudio realizado para las variables longitud (LS), (AS), (GS) la procedencia cuatro (P4) de la localidad de La Gloria, municipio de Perote, Veracruz, fue la que presentó las mayores dimensiones, para la variable peso (PS), la procedencia seis (P6) de la Mesa del laurel, municipio de Coatepec, Veracruz, fue la que obtuvo un promedio mayor. En la velocidad de germinación, la procedencia cuatro (P4) de La Gloria, Perote, Veracruz fue la que germino en menor tiempo, mientras que las procedencias uno (P1) de Amecameca, Estado de Mexico, y dos (P2) de Santa Ana Jeráhuaro, Zinapécuaro, Michoacán, fueron las que tardaron más tiempo. Las semillas con mayor índice y de mayor peso, germinan en menor tiempo. Para programas de producción de planta, se recomienda la procedencia uno (P1) de Amecameca, Estado de Mexico que, aunque no presenta los valores más altos en ninguna da las variables evaluadas, es la que presenta mayor porcentaje de germinación, que es uno de los aspectos que se requiere en los programas de producción de planta.

REFERENCIAS.

1. Aragón-Peralta RD, G Rodríguez-Ortiz, JJ Vargas-Hernández, JR Enríquez del Valle, A Hernández-Hernández, GV Campos-Ángeles. 2020. Selección fenotípica y características reproductivas de Pinus pseudostrobus var. oaxacana (Mirov) SG Harrison. Revista mexicana de ciencias forestales 11(59): 118-140.
2. EGUILUZ, P.T. 1978. Ensayo de la investigación de conocimientos sobre el género Pinus en México, Tesis profesional, U. A. CH. Chapingo,México. 623 p.
3. Eguiluz-Piedra T. 1982. Clima y distribución del género Pinus en México. Revista Ciencia Forestal 38(7): 30-43.
4. Gutiérrez, R. (2012). Tamaño de cono y semilla en procedencias de Pinus greggii Engelm. var. greggii establecidas en diferentes suelos. Revista fitotecnia mexicana, 35(4), 289-298.

5. Morales Hernández, J., Gómez Romero, M., Sánchez Vargas, N. M., Velázquez Becerra, C., Cruz-de-León, J., & Ambriz, E. (2022). Producción de semillas e indicadores reproductivos en Pinus martinezii de dos procedencias del estado de Michoacán, México. Bosque (Valdivia), 43(3), 221-229.
6. Pedroso, H. L., Rocha-Filho, L. C., & Lomônaco, C. (2010). Variación fenotípica de plantas del Cerrado (Sabana brasileña) frente a la heterogeneidad ambiental. Ecosistemas, 19(1), 24-36.
7. PERRY, Jr. J.P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
8. Rodríguez Laguna, R., Razo Zárate, R., Juárez Muñoz, J., Capulín Grande, J., & Soto
9. YOUNG, R.A. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Edit. Limusa. México D.F. 632 p.
10. ZOBEL, B. y TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales Edit. Limusa. México D.F. 545 p.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824117

MODELADO DE PROPIEDADES DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE SUELOS DE CULTIVO USANDO MEDICIONES DE IMPEDANCIA ELÉCTRICA

José Antonio Gutiérrez Gnecchi[1], Wuqiang Yang[2], Enrique Reyes Archundia[3], Javier Alejandro Rodríguez Herrejón[4], Juan Carlos Olivares Rojas[5]

1Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Morelia; jose.gg3@morelia.tecnm.mx

2Universidad de Manchester; wuqiang.yang@manchester.ac.uk

3Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Morelia; enrique.ra@morelia.tecnm.mx

4Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Morelia; javier.rh@morelia.tecnm.mx

5Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Morelia; juan.or@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Conductividad hidráulica, Procesamiento de señales, impedancia, modelado, desarrollo sustentable.

RESUMEN. La descripción cuantitativa de las propiedades de conductividad hidráulica del suelo de cultivo es fundamental para optimizar el uso de recursos hídricos. Continuamente se proponen modelos analíticos y numéricos para intentar predecir las dinámicas de infiltración de agua, e identificar parámetros hidráulicos para planear esquemas de asignación y uso de recursos hídricos para irrigación. Sin embargo, el proceso de percolación es dinámico, es de naturaleza no-lineal y depende de una gran cantidad de variables, desde el tipo, uso y contenido químico de suelo, hasta la localización geográfica y condiciones climáticas. En consecuencia, los resultados derivados de estudios teóricos, rara vez se pueden extrapolar para predecir las propiedades de los suelos con respecto a la evolución y uso del suelo, aún para la misma región y/o terreno. En este trabajo se propone que la utilización de técnicas de identificación de sistemas en base a mediciones de cambios de impedancia del suelo conforme se aplica el riego, puede entregar modelos de conductividad hidráulica que se ajusten las condiciones cambiantes del suelo de cultivo. Para obtener las mediciones se utiliza un sistema de instrumentación multinivel para medición de impedancia del suelo, que se transfieren a un algoritmo de identificación de sistemas en espacio de estados para obtener los modelos de conductividad hidráulica. Los modelos resultantes se evalúan en términos de porcentaje de aproximación y criterio de información Akaike con una exactitud promedio superior a 94%.

INTRODUCCIÓN. El desarrollo sustentable es ampliamente reconocido [1] en el contexto global como un factor clave para mitigar el cambio climático, favorecer el crecimiento económico, el desarrollo social y el bienestar preservando el medio ambiente. La Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el desarrollo sostenible [2] establece 17 metas para el desarrollo sustentable (Sustainable Development Goal: SDG) [3] donde el agua, no solo representa una de las metas (SDG 6) para garantizar acceso a agua limpia y saneamiento [4] sino que también es un factor clave, habilitador, para lograr todas las metas de desarrollo

sostenible. La importancia del tema de agua se enfatiza también en el Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán (PLADIEM) 2021- 2027 [5] donde se describe la importancia de fomentar la transformación del campo michoacano a través de la aplicación de innovaciones tecnológicas que impulsen la transición agroecológica. Hay factores que influyen en la resistencia de los agricultores a implementar tecnologías de instrumentación y control para optimizar los recursos hídricos, como la falta de disponibilidad de dispositivos versátiles que hagan hincapié en la facilidad de uso y la integración transparente con los sistemas basados en el conocimiento. Por lo tanto, es necesario dedicar esfuerzos de investigación para desarrollar soluciones integrales dedicadas a optimizar los recursos hídricos para brindar a los productores una ventaja competitiva considerando el contexto social, económico y político. Específicamente los productores usuarios de sistemas de riego necesitan saber cuanta agua se debe de aplicar y/o cuando detener el riego [6].

MATERIALES Y MÉTODOS. Medición de impedancia

Para medir los cambios de impedancia del suelo de cultivo con respecto a la aplicación de riego, se construyó un arreglo de 16 electrodos rectangulares (1”X 1.5”) separados equidistantemente en una longitud de 50 cm (Fig. 1A) que se inserta en la muestra de suelo (Fig. 1B). El arreglo de electrodos contiene sensores que registran la temperatura a lo largo de la profundidad para compensación de medición de impedancia. Cuando los electrodos entran en contacto con la muestra de suelo, la impedancia se puede medir, aplicando una señal de corriente alterna y medir la respuesta resultante. La Fig. 1C muestra el diagrama simplificado de la etapa de medición del sistema de instrumentación. El esquema de medición de impedancia utiliza una fuente de corriente alterna de magnitud programable de 0.2 V a 2 V y una frecuencia programable de 1 kHz a 100 kHz con un rango de medición de 100 Ω a 1MΩ.

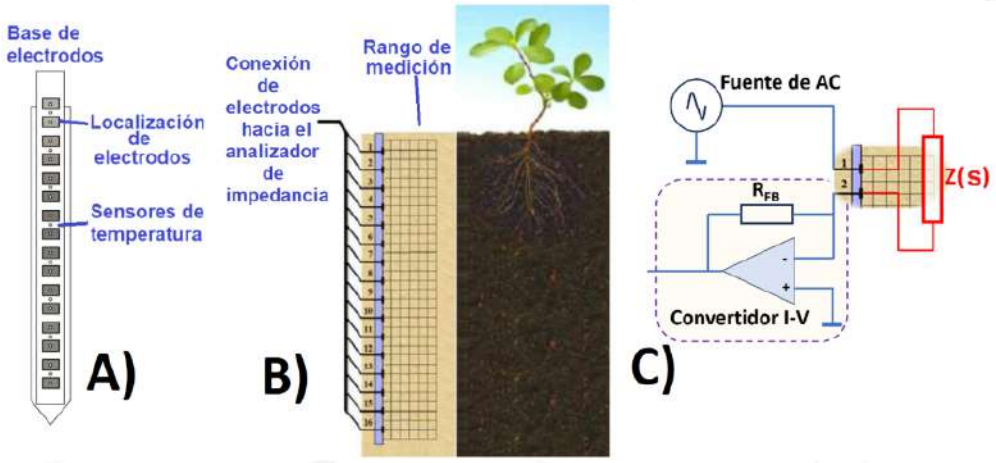


***Figura 1. A**) Diagrama esquemático del montaje de electrodos y sensores de temperatura. B) Instalación en la muestra de suelo. C) La impedancia entre electrodos se puede modelar como un sistema de 1er orden con retraso.*

La impedancia equivalente entre electrodos se puede modelar como un sistema de 1er orden con retraso, Z(s) (1):

$$Zs=Ke-sTDs\tau+1 \quad (1)$$

donde Z(s) es la impedancia que depende de la frecuencia, s→jω, K es la ganancia del sistema, T_D es el retraso del sistema (en segundos) y τ es la constante de tiempo del sistema

(en segundos). Las unidades de la ganancia K son Ω/lpm, y representa el cambio de resistencia del suelo con respecto a la aplicación del volumen de riego.

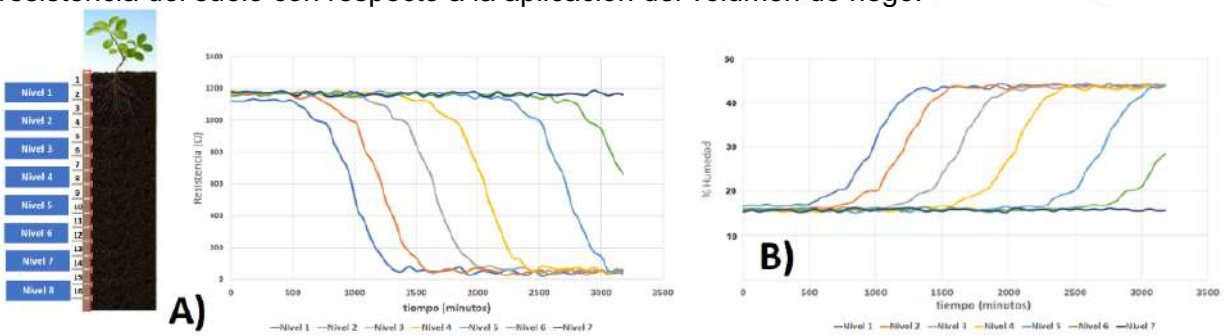


Figura 2. *A) Medición de cambio de impedancia del suelo con respecto a la aplicación de riego. B) resultado de cálculo de humedad para cada nivel de medición.*

La Fig. 2A muestra la medición resultante de aplicar un volumen de riego en la muestra de suelo limo-arena con respecto al tiempo de irrigación. Conforme se aplica el riego, el frente de humedad avanza hacia el fondo de la muestra. El incremento de agua en la muestra ocasiona un incremento en la conductividad, lo que se refleja en las curvas como un decremento de la resistividad.

Cálculo de contenido de humedad. La medición de la impedancia como indicador del contenido de humedad está influenciada por múltiples factores, desde el tipo de suelo, el contenido mineral y la temperatura. Para reducir el efecto, la frecuencia de la señal de excitación tiene que estar en el rango de dispersión beta. En este trabajo se utiliza una frecuencia de 100 kHz. De cualquier forma, la temperatura es un factor que influencia la medición. Para la conversión de valores de impedancia a contenido de humedad, se utiliza una red neuronal (Fig. 2B) donde la matriz de entrada son los valores de resistencia y temperatura y los valores meta son los valores de humedad correspondientes.

Modelo de respuesta dinámica de conductividad hidráulica. Los datos representados en la Fig. 2B, se pueden utilizar para obtener un modelo de la conductividad hidráulica con respecto a la aplicación del ciclo de riego. La identificación de sistemas se puede obtener considerando que un sistema lineal de una sola entrada y una sola salida, se puede representar como (1) [7]:

$$xt=b0umt+b1um-1+\ldots+bmu0ta0xn+a1xn-1+\ldots+anx0t\ u(t) \quad (1)$$

Para el caso de señales muestreadas, la notación es $\{u(t_k);\ x(t_k)\}$. El problema de identificación de sistemas consiste en estimar los parámetros de la ecuación diferencia del modelo a partir de n muestras de la entrada y la salida (2):

$$Zn=utk;ytkk=1N \quad (2)$$

Para la estimación de parámetros se considera un estimador de IV (3):

$$\hat{}NIV=i=1N\hat{}ftkfTtk-1i=1N\hat{}ftkyfntk \quad (3)$$

RESULTADOS. La Fig. 3 muestra una comparación de resultados de la estimación del modelo dinámico de conductividad hidráulica para el nivel de medición 2. El porcentaje de aproximación del modelo es de 94.04%. Conforme el frente de humedad va avanzado hacia el fondo de la muestra, la humectación del suelo es gradual que se ve reflejada en incremento gradual de la humedad. El mayor error a la aproximación se obtiene alrededor de la región donde comienza a detectarse el cambio gradual en humedad debido a la aplicación de riego, debido a que se utiliza la aproximación de Pade de 1er orden.

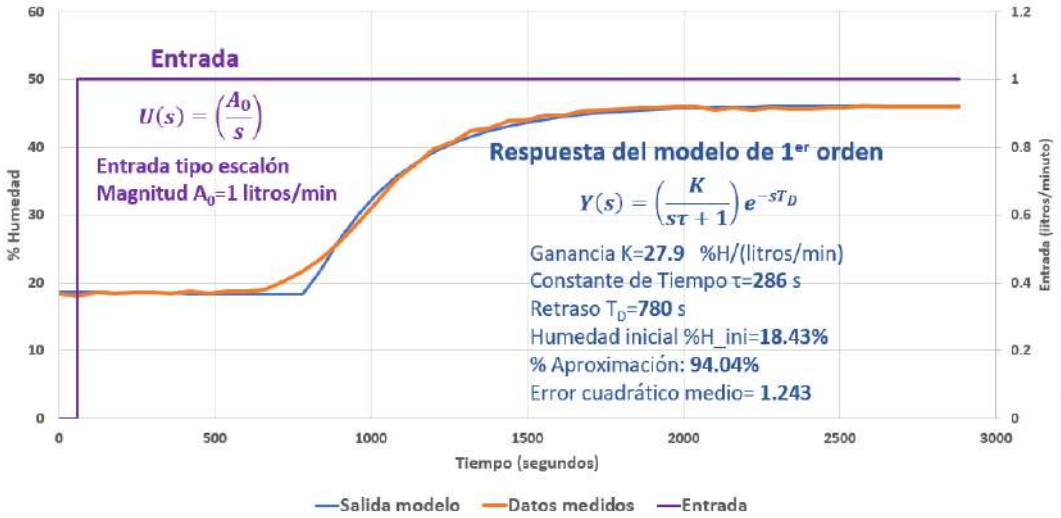


Figura 3. *Comparación de la salida del modelo estimado para el nivel 2, con respecto a los datos medidos, para una entrada de riego de 1 l/min.*

Sin embargo, como prueba de concepto, los resultados indican que es posible obtener un modelo dinámico del proceso de propagación del agua en función de la aplicación de riego. La metodología de análisis propuesta es apta de adaptación en un esquema de procesamiento distribuido Borde-Niebla para operación in situ.

CONCLUSIONES. La ventaja del método de medición con respecto a mediciones manuales es que el proceso de modelado depende de mediciones directas de tal forma que puede reflejar los cambios en las propiedades de conductividad hidráulica de acuerdo a la aplicación de diferentes ciclos de riego. De los experimentos realizados, se obtiene un porcentaje de aproximación promedio del modelo de 94%, lo cual significa que puede ser utilizado como condiciones iniciales para la implementación de controladores de procesos con largo retraso. Si el sistema de medición se instala en el terreno de forma permanente para que el terreno alrededor del sistema de medición se compacte en forma similar todo el terreno, el modelado de las propiedades de conductividad hidráulica puede reflejar las propiedades del terreno aledaño. La desventaja del método es que requiere de obtener datos de humedad en función de la temperatura para entrenar la red neuronal para la conversión de datos de impedancia a datos de humedad. Sin embargo, para propósitos de control de la aplicación del riego, utilizar los datos de impedancia para estimar los valores de un estimador Smith para control de procesos con un largo retraso. El trabajo futuro está dirigido a desarrollar sistemas de control para procesos de largo retraso para evaluar los ahorros que se pueden obtener de implementar un control basado en modelado de propiedades de conductividad hidráulica por medio de mediciones de impedancia del suelo.

RECONOCIMIENTO. Los autores reconocen el financiamiento del Tecnológico Nacional de México No. 19956.24-P y del Instituto de Ciencia Tecnología e innovación del estado de Michoacán No. ICTI-PICIR23-162.

REFERENCIAS.

1. Food And Agriculture Organization Of The United Nations Organization For Economic Co-Operation And Development (2012). Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. In Proc. a Joint FAO/OECD Workshop 23–24 April 2012. A Meybeck, et al. (Eds), Rome, pp. 15-18.
2. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. [En línea]: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf
3. A/RES/70/1. UN Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. [En línea]: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
4. Sustainable Development Goal 6 “Ensure availability and sustainable management of water and sanitation”. [En línea]: https://sustainabledevelopment.un.org/sdg6.
5. Plan de Desarrollo Integral del Estado de Michoacán 2021-2027. Gobierno del Estado de Michoacán. [En línea]: https://michoacan.gob.mx/plan-estatal/
6. Stirzaker, R. J. (2003). When to turn the water off: scheduling micro-irrigation with a wetting front detector. Irrigation Science, Vol. 22, pp. 177-185.
7. Garnier, H., & Young, P. (2004, June). Time-domain approaches to continuous-time model identification of dynamical systems from sampled data. In Proceedings of the 2004 American control conference, Vol. 1, pp. 667-672.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824118

SEQUÍA METEOROLÓGICA Y AGRÍCOLA DE LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO

José Adalberto García Rodríguez[1], Ángel Flores Ponce[2], Carolina Rocha Delgado[3], Liliana García Romero[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000905a@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; angel.ponce@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1612420j@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; liliana.romero@umich.mx

Palabras Clave: Sequía, información satelital, lago de Pátzcuaro.

RESUMEN. Las sequías son fenómenos climáticos destructivos que pueden ocurrir en cualquier tipo de clima, desde desiertos hasta selvas tropicales. Debido a su impacto, es crucial estudiarlas de manera preventiva para implementar estrategias que mitiguen sus efectos. La cuenca del lago de Pátzcuaro, con una superficie de 936.45 km², es una de las más importantes de Michoacán por su relevancia cultural y ecológica, y ha enfrentado varios periodos de sequía en los últimos años. Este trabajo presenta una metodología para calcular índices de sequía meteorológica y agrícola utilizados en el monitor mexicano de sequías, con el fin de detectar eventos extremos históricos y ver el comportamiento de las sequías en la cuenca. Se evaluó el periodo 2001-2019, empleando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) y el Índice de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI), calculados con datos de precipitación y temperaturas máxima y mínima de siete estaciones meteorológicas. La comparación de estos índices reveló una sequía meteorológica extrema en octubre de 2010, que se prolongó hasta diciembre. Para analizar la sequía agrícola, se utilizaron los índices de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y de Salud Vegetal (VHI), obtenidos a partir de datos satelitales del sensor MODIS mediante Google Earth Engine. Los resultados mostraron que la vegetación comenzó a recuperarse en febrero de 2011. Asimismo, se observó que los efectos de la sequía meteorológica en la vegetación no son inmediatos, sino que ocurren con un retraso de aproximadamente un mes y que la sequía suele acumularse con mayor intensidad en diciembre, es decir al final de cada año. Este enfoque, que combina datos climáticos históricos y satelitales, proporciona información valiosa para anticipar los efectos de las sequías y apoyar la toma de decisiones en la planificación de estrategias de mitigación a nivel local.

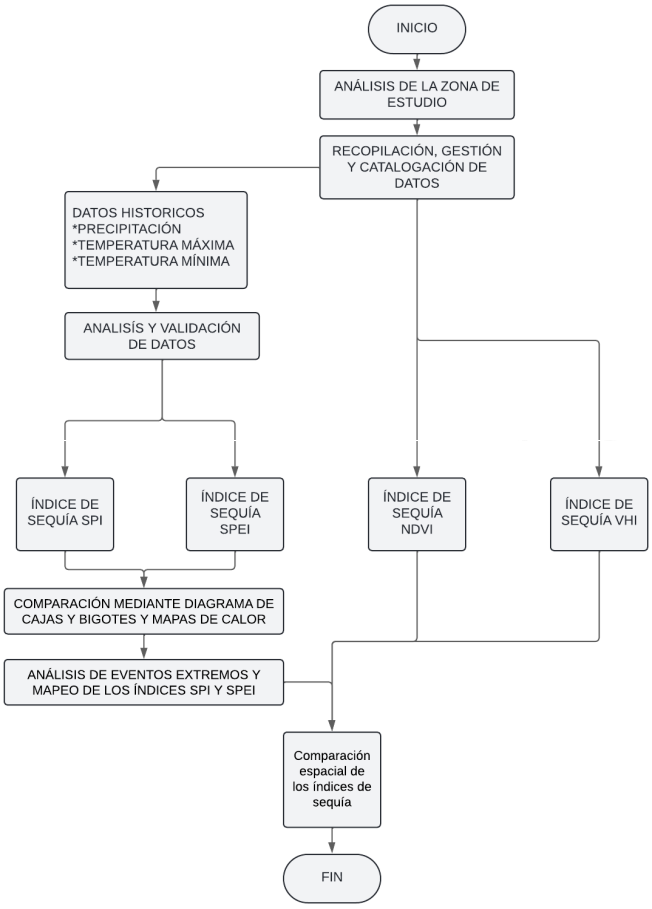
INTRODUCCIÓN. México ha experimentado numerosas sequías a lo largo de su historia, las cuales han tenido un impacto significativo en la sociedad y la economía. La anticipación y el estudio de estos eventos podrían mitigar sus efectos perjudiciales y permitir la implementación de medidas correctivas durante estos periodos (Dow, 2010). Las sequías, uno de los fenómenos naturales más destructivos, tienen consecuencias devastadoras en sectores como la agricultura, los recursos hídricos y el medio ambiente. Estos eventos

suponen una amenaza para la producción de alimentos, afectan la disponibilidad de agua potable y alteran las actividades industriales. Las sequías también causan desplazamientos de población, ya que las comunidades rurales se ven obligadas a buscar nuevas fuentes de ingresos y mejores condiciones de vida en otros lugares. Para afrontar estos desafíos, es esencial disponer de sistemas de alerta temprana que permitan prever las sequías y tomar medidas preventivas. La investigación científica y la tecnología desempeñan un papel fundamental en este aspecto, facilitando el análisis de los patrones climáticos y la predicción más precisa de los periodos de sequía. Además, es vital implementar políticas y programas de gestión del agua que promuevan la conservación y el uso eficiente de este recurso esencial. Este trabajo propone una metodología para el análisis y caracterización de las sequías en la región de la cuenca del lago de Pátzcuaro, que forma parte del sistema Lerma Santiago Pacífico. Para esta caracterización, se emplearon índices de sequía derivados del manual de indicadores e índices de sequía (Organización Meteorológica Mundial (OMM) & Asociación Mundial para el Agua, 2016). El Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), desarrollado por Thomas B. McKee et al (1993), es una herramienta que se utiliza para evaluar la desviación de la precipitación observada con respecto a su media histórica. El cálculo del SPI implica restar la media histórica de la precipitación actual y dividir el resultado por la desviación estándar. De este modo, el SPI puede indicar si la precipitación es más húmeda (valor positivo) o más seca (valor negativo) en comparación con la media. Además, se encuentra el Índice de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI), que es ampliamente utilizado y fue desarrollado por Vicente-Serrano et al. (2010). Este índice se basa en la metodología del SPI, pero incorpora datos de temperatura para calcular la evapotranspiración potencial (ETP) utilizando la fórmula de Hargreaves & Samani (1985). A diferencia del SPI, que solo considera la precipitación, el SPEI proporciona una visión más integral al considerar la interacción entre la precipitación y la ETP para evaluar el balance hídrico. Existen otros índices que se centran en la vegetación. Por ejemplo, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un indicador indirecto de la productividad primaria, ya que está relacionado con la radiación fotosintéticamente activa (Rojas et al., 2011). En términos simples, el NDVI indica la salud de las plantas al medir cómo reflejan la luz que utilizan para la fotosíntesis. En cuanto al análisis de la salud vegetal, el Índice de Salud Vegetal (VHI) es otro índice ampliamente utilizado. Este índice combina el Índice de Condición de la Vegetación (VCI) (Kogan, 1995b) y el Índice de Condición de la Temperatura (TCI) (Kogan, 1995a). El VHI permite evaluar la salud de las plantas tenie

ANTECEDENTES. El Monitor de Sequías de México fue creado el 8 de julio de 2014 por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), con el objetivo de monitorear en tiempo real las condiciones de sequía en todo el país, utilizando índices climáticos.

OBJETIVOS. Analizar la implementación de la metodología del monitor de sequías mexicano en la cuenca del lago de Pátzcuaro, con el propósito de evaluar los eventos extremos de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS.



RESULTADOS. Para la obtención de los índices de sequía meteorológica, se llevó a cabo un análisis de datos provenientes de 52 estaciones, seleccionadas a través de un buffer de 35 km. Se efectuó una revisión y análisis meticulosos de los datos, evaluando factores como la proximidad de las estaciones al centro de gravedad de la cuenca, los años de servicio y los vacíos en los registros. Para garantizar la calidad y veracidad de los datos, se realizaron pruebas de homogeneidad e independencia las estaciones se muestran en la Tabla 1 .Tras la revisión, se seleccionaron 7 estaciones para el estudio las cuales se puedes visualizar de manera espacial en la Fig. 2. Los datos meteorológicos utilizados incluyeron temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación proveniente de Conagua (2024), de igual manera se realizó una estimación de datos faltantes.

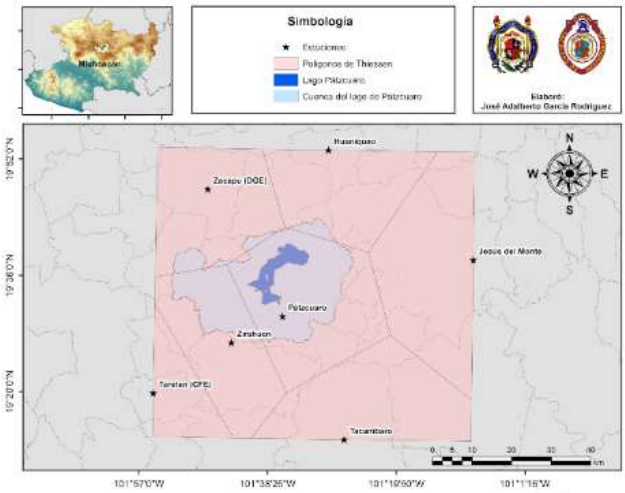
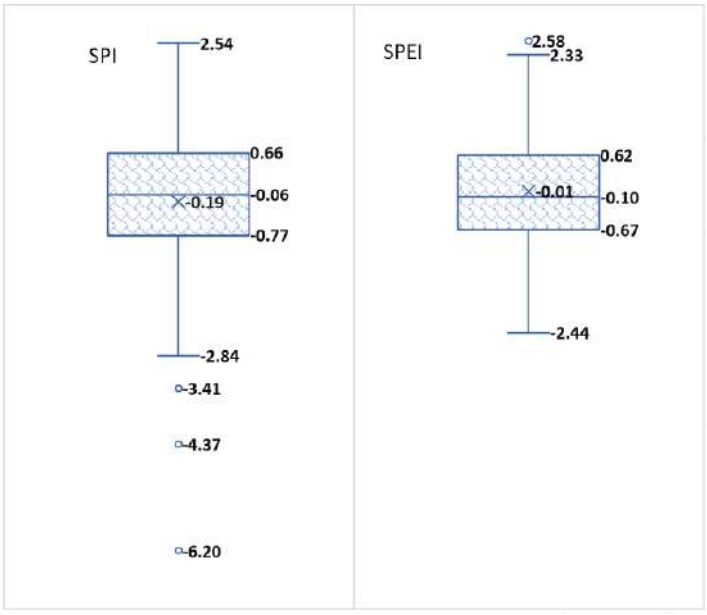


***Tabla 1**: Estaciones climatológica*

Núm	Estación	Pruebas de homogeneidad					Pruebas de independencia
		Secuencias	Helmert	T de student	Cramer	Curva masa doble	Limites de Anderson
1	Huaniqueo	Homogenea	No homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Independiente
2	Jesús del Monte	Homogenea	Homogenea	No homogenea	No homogenea	Homogenea	Independiente
3	Pátzcuaro	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Independiente
4	Tacambaro	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Independiente
5	Taretan (CFE)	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Independiente
6	Zacapu (DGE)	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Homogenea	Independiente
7	Zirahuen	Homogenea	No homogenea	No homogenea	Homogenea	Homogenea	Independiente

Los índices de sequía meteorológica SPI y SPEI se calcularon mediante programación en RStudio, utilizando datos meteorológicos desde 2001 hasta 2019. Para comparar los índices, se creó una estación ficticia en el centro de gravedad de la cuenca y se empleó un gráfico de cajas y bigotes como se muestra en la Fig. 3. La mediana de SPI (-0.06) es cercana a la de SPEI (-0.10), pero la media de SPI (-0.19) es considerablemente más baja que la de SPEI (-0.01). El rango intercuartil del SPI (-1.43) es ligeramente mayor que el del SPEI (-1.29), indicando mayor dispersión. Los valores extremos son similares, pero SPI tiene un valor mínimo más bajo y más valores atípicos negativos en comparación con SPEI, que tiene un valor atípico positivo. En resumen, SPI muestra mayor dispersión y valores atípicos negativos, mientras que SPEI tiene una distribución más equilibrada. SPI puede ser más útil para detectar sequías extremas, mientras que SPEI ofrece una visión más completa al incluir evaporación y precipitación. Con la ayuda de los mapas de calor y el diagrama de cajas y bigotes, se determinó que la sequía más severa ocurrió en agosto de 2010 y se extendió hasta diciembre del mismo año.



Para el cálculo de los índices de sequía vegetal, se utilizó información satelital del sensor de teledetección MODIS, que presenta menor interferencia por nubosidad en la zona de estudio, mejorando así la calidad de los datos. Los datos se descargaron en formato TIFF. El cálculo de los índices a partir de esta información se realizó mediante el software Google Earth Engine, utilizando datos desde 2001 hasta 2019. Para realizar la comparación espacial, se generaron archivos raster en software de informacion geografica de los índices de sequía meteorológica utilizando interpolación mediante el método de kriging (Isaaks & Srivastava, 1989) como se obcerva en la Fig. 4. Se realizó el mapeo de los cuatro índices desde octubre de 2010, cuando se presentó la sequía más extrema, hasta febrero de 2011, cuando la sequía se recuperó casi en su totalidad. Se observó visualmente como se presenta en la Fig. 5 que la sequía vegetal se manifiesta aproximadamente un mes después de la sequía meteorológica. Además, se pudo apreciar que, si se experimenta un año seco, los datos de sequía tienden a acumularse con mayor intensidad hasta el mes de diciembre.

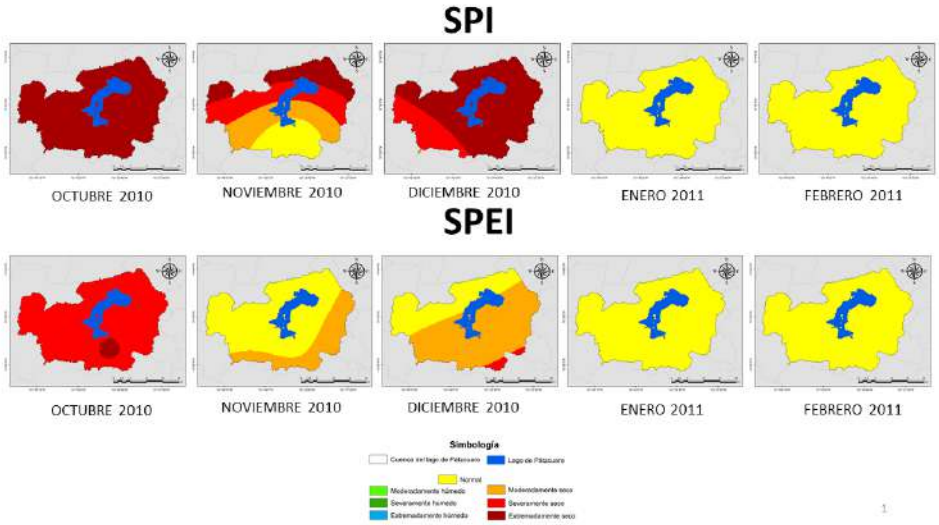




Fig. 4: *Índices de sequía meteorológica extrema en la cuenca del lago de Pátzcuaro.*

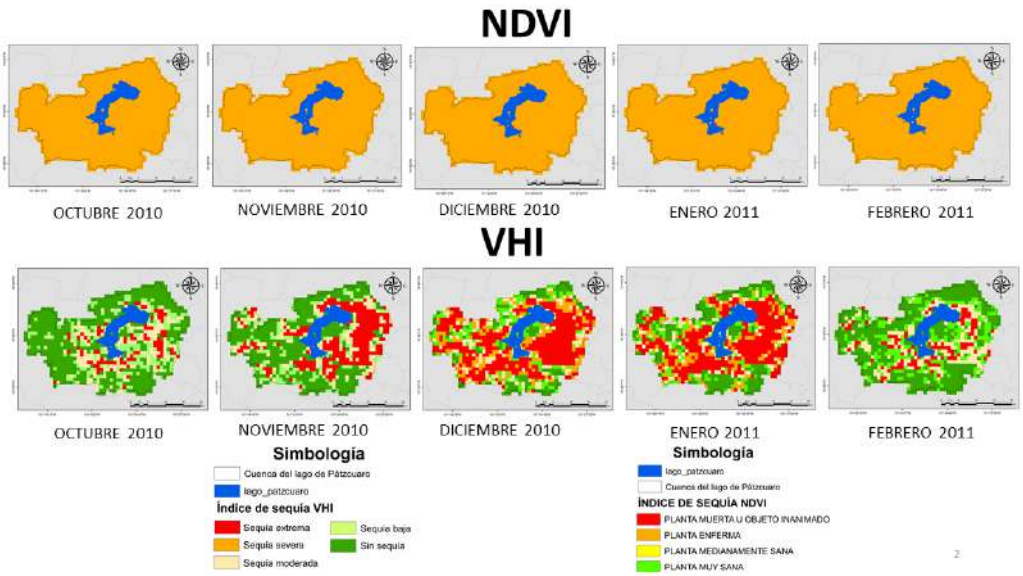


Fig. 5: *Índices de sequía agrícola extrema en la cuenca del lago de Pátzcuaro.*

CONCLUSIONES. En conclusión, el análisis de la cuenca del lago de Pátzcuaro utilizando índices de sequía meteorológica y agrícola permitió identificar eventos extremos significativos, particularmente la sequía de octubre a diciembre de 2010. La comparación de los índices SPI y SPEI mostró que la sequía meteorológica tiene un impacto directo en la vegetación, manifestándose en la sequía agrícola con un retraso de aproximadamente un mes. Estos resultados destacan la necesidad de continuar implementando metodologías de monitoreo que integren datos meteorológicos y satelitales para una mejor comprensión y gestión de los efectos de las sequías en la región.

REFERENCIAS.

1. Conagua. (2024). No Title. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica
2. Dow, K. (2010). News coverage of drought impacts and vulnerability in the US Carolinas, 1998-2007. Natural Hazards, 54(2), 497–518. https://doi.org/10.1007/s11069-009-9482-0
3. Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1(2), 96–99.
4. Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. (1989). Applied geostatistics. 561.
5. Kogan, F. N. (1995a). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15(11), 91–100. https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T
6. Kogan, F. N. (1995b). Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. In Bulletin - American Meteorological Society (Vol. 76, Issue 5, pp. 655–668). https://doi.org/10.1175/1520-0477(1995)076<0655:DOTLIT>2.0.CO;2

7. Organización Meteorológica Mundial (OMM), & Asociación Mundial para el Agua. (2016). Manual de indicadores e índices de sequía (M. Svoboda y B. Fuchs). In Programa de gestión integrada de sequías.
8. Rojas, O., Vrieling, A., & Rembold, F. (2011). Assessing drought probability for agricultural areas in Africa with coarse resolution remote sensing imagery. Remote Sensing of Environment, 115(2), 343–352. https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.09.006
9. Thomas B. McKee, N. J. D. and J. K. (1993). THE RELATIONSHIP OF DROUGHT FREQUENCY AND DURATION TO TIME SCALES. Eighth Conference on Applied Climatology.
10. Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. Journal of Climate, 23(7), 1696–1718. https://doi.org/https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824119

PROPUESTA DE BOTE A CONTROL REMOTO PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE PRESAS Y LAGOS EN TIEMPO REAL Y TOMA DE MUESTRAS IN SITU

Roberto Ivan Villalobos Martínez[1], Jean François Mas[2], Azucena Pérez-Vega[3], Antonio Ruiz Verdú[4], Rosaura Páez Bistrain[5], Luis Miguel Morales Manilla[6], Ivan Ayala Mariscal[7], José García Hernández[8], Rodolfo Villalobos Martínez[9], Luisa Fernanda Chávez Zamora[10]

1Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Unidad Morelia; roberto.villalobos.m@hotmial.com

2Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Unidad Morelia; jfmas@ciga.unam.mx

3Universidad de Guanajuato; azu_pvega@hotmail.com

4Universidad de València; antonio.ruiz@uv.es

5Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Unidad Morelia; rpaez@ciga.unam.mx

6Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Unidad Morelia; moraman@ciga.unam.mx

7Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Unidad Morelia; Ivan.mariscal@hotmail.com

8Universidad Nacional Autónoma de México, ENES, Unidad Morelia, Unidad Morelia; jogarcia@pmip.unam.mx

9Instituto Politécnico Nacional, ESIT; oflodors@hotmail.com

10Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2148192a@umich.mx

Palabras Clave: barco para monitoreo de calidad de agua, vehículo autónomo, monitoreo de calidad del agua automatizado, muestreo, monitoreo en tiempo real, barco no tripulado, monitoreo remoto, percepción remota, radio control.

RESUMEN. El monitoreo de la calidad del agua ha cobrado mayor importancia en los últimos años debido a la creciente cantidad de factores que contaminan los recursos hídricos. En respuesta a esta problemática, el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua superficial ha despertado un considerable interés debido a su potencial para mejorar la precisión, eficiencia y reducir el esfuerzo manual. En este estudio, proponemos un dispositivo técnicamente factible y prácticamente aplicable para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua utilizando un barco inteligente automatizado, con sensores y un sistema de recolección de muestras in situ. El prototipo desarrollado combina sensores de pH, temperatura del agua, turbidez, TDS, sensor de oxígeno disuelto, conductividad, GPS, humedad relativa, temperatura ambiental, presión atmosférica, cámara para monitorear la eutroficación y desechos flotantes y un sonar para mediciones de batimetría. El prototipo pesa 20 Kg y mide 121cm*41cm*51cm. Se realizaron pruebas de sensores como del sistema de obtención de muestras en el lago de Cointzio, Morelia, Michoacán, México.

INTRODUCCIÓN. El agua es fundamentalmente necesaria para todas las formas de vida, y también es el medio principal a través del cual el cambio climático impacta en el ecosistema terrestre y, por lo tanto, en el sustento y bienestar de las sociedades (UN Water,

n.d.). Aunque el agua cubre aproximadamente el 71% de la superficie de la Tierra, solo alrededor del 3% de los cuerpos de agua terrestres son de agua dulce (Water Facts - Worldwide Water Supply | ARWEC| CCAO | Area Offices | California-Great Basin | Bureau of Reclamation, n.d.). Tanto la cantidad como la calidad de los sistemas de agua dulce son características ambientales críticas esenciales para aumentar la resiliencia frente al cambio climático (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015). En este contexto, la resiliencia se define como la capacidad de un sistema para absorber perturbaciones y aún conservar su función y estructura básicas (Wang & Xie, 2018) (Resilience Thinking, n.d.) . Los métodos convencionales de monitoreo de calidad del agua incluyen técnicas de muestreo y laboratorio. Sin embargo, estas estrategias no son rentables en términos de costos y son consumidoras de tiempo, lo que eventualmente conduce a retrasos en la detección de contaminantes y en la reacción ante esos contaminantes en el agua. Por lo tanto, deberían existir estrategias de monitoreo más eficientes y productivas para monitorear la calidad del agua. Por ejemplo, un sistema de monitoreo automatizado de bajo costo, en tiempo real y con múltiples sensores, especialmente diseñado para entornos acuáticos de gran escala y complejidad, como ríos, embalses, lagos, etc., para medir los parámetros fisicoquímicos del agua (Hassan et al., 2018). Bajo estas condiciones, los botes de control remoto (RC) se presentan como una solución innovadora, permitiendo la evaluación de la calidad del agua en zonas remotas o de difícil acceso con una reducción significativa de tiempo. Estos dispositivos permiten llevar sondas multiparamétricas y sistemas de recolección de muestras, las cuales pueden ser posteriormente analizadas en laboratorios.

ANTECEDENTES. En el proceso de revisión de literatura, llevamos a cabo una búsqueda sistemática en Google Académico con las palabras clave (barco para monitoreo de calidad de agua, vehículo autónomo, monitoreo de calidad del agua automatizado, muestreo, monitoreo en tiempo real, barco no tripulado, monitoreo remoto, percepción remota, radio control). Además, nuestra búsqueda se limitó a artículos de investigación publicados en inglés y en revistas revisadas por pares o actas de conferencias. Se identificaron un total de 7 documentos relevantes sobre el monitoreo de la calidad del agua utilizando barcos operados de forma remota o autónoma, los cuales se resumen en la Tabla 1.

Referencia	**Lista de Sensores empleados**	**Parámetros analizados**	**Procedencia de datos**	**Observaciones**
(Podnar et al., n.d.2010)	GPS, magnetic compas, YSI-600R	pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductivdad	Mediciones in situ (con sensores abordo)	Sistema autónomo de navegación, mapeo continuo rectangular, se observan variaciones muy grandes de Temperatura Oxígeno disuelto y Ph en 2 días distintos de muestras
(Dunbabin & Grinham, 2010)	YSI Sonde	Temperatura, conductividad, chlorophyll, turbidez, oxígeno disuelto, radiación incidente, velocidad del viento y sonar	Mediciones in situ (obtenidas de sensores abordo)	Se enfoca en la autonomía del barco, sistema de evasión de obstáculos y paneles solares, estructura en catamarán, no tiene mediciones, no tiene análisis comparativos.

(Ul Hassan et al., 2018)	GPS, Genéricos	pH, conductividad, turbidez, temperatura, TDS	Mediciones in situ (obtenidas de sensores abordo)	No se hicieron pruebas en ambientes reales, especifica bien los parámetros del agua, cálculo del factor de flotación.
(Zha et al., 2020)	GPS, DHT11 y genéricos	pH, conductividad, turbidez, temperatura, humedad,	Mediciones in situ (obtenidas de sensores abordo)	Se hicieron pruebas en un lago recreativo, se enfocaron en el software y recolección de basura.
(Dsouza et al., 2021)	GPS, HCSR-04 ultrasonico, Genéricos	pH, conductividad, turbidez, temperatura	Mediciones in situ (con sensores abordo) y toma de muestras	Rango del transmisor corto y baja velocidad de los motores, no es posible determinar si el agua es consumible o no con sensores de pH, conductividad y temperatura.
(Tasnim Mukarram, 2023)	Genéricos	pH, nitratos, temperatura, turbidez	Mediciones in situ (con sensores abordo) y toma de muestras	Toma de muestra puntual, pruebas solo en un lago, los sensores toman 3 muestras cada 20min, 10 muestras tomadas en diferentes ubicaciones, R2 de pH .713 Temp .023 (muestras salieron del lago) Turb 0.838 Nitrat 0.925.
(Rao et al., 2023)	GPS, GSM module, SD card module, PH sensor, Turbidity sensor, Temperature sensor	pH, turbidez, temperatura	Mediciones in situ (con sensores abordo)	muy pocas mediciones, solo probado en 2 sitios, no tiene muestras de agua, manda mensajes SMS de los parámetros del agua.

Tabla 1. *Estudios dirigidos a dispositivos a radio control para el monitoreo y toma de muestras de calidad de agua (ordenada cronológicamente para mostrar tendencias en el tipo de hardware usado).*

MATERIALES Y MÉTODOS. El sistema implementado cuenta con una serie de sensores que recopilan datos en tiempo real de diferentes parámetros del agua, incluyendo temperatura (-40°C a 250°C), turbidez (0 a 50 NTU y 0 a 1000 NTU), pH (0 a 14), conductividad (0.01 µS a 1.999 S), TDS (sólidos disueltos totales), nitratos y sonar. Esta información se guarda en una memoria TF dentro del barco, la cual puede ser extraída posteriormente y leída en cualquier dispositivo. Estos datos permiten identificar la calidad del agua en diferentes áreas y determinar si existe algún tipo de contaminación (Hassan et al., 2018)(Adake, 2019).

El sistema propuesto está compuesto por diferentes sistemas (Fig. 1), los cuales son:

- Sistema de comunicaciones: Este sistema está compuesto por un transmisor (radio control Skydroid T10) y un receptor (módulo de 12 canales) con un alcance de 20km y capacidad de adaptarle una cámara para transmitir video en tiempo real.
- Sistema de propulsión: Este compuesto de dos reguladores de voltaje con capacidad de operar con baterías de litio 6S a 200A, dos motores sumergibles de 200W cada uno y un sistema de enfriamiento por aire.
- Sistema de potencia: Compuesto por una batería para el transmisor, varías baterías de 24V (la cantidad depende de la autonomía que se requiera) para proveer de energía al sistema de propulsión, sistema de carga útil y al Sistema de Manejo de Datos (SMD). Un convertidor de voltaje de 24V a 5V para proveer de potencia al sistema de manejo de datos (SMD) y a los sensores del sistema de ciencia.
- Sistema de Carga Útil: Sistema regulado por un relevador y una bomba sumergible de 24V con capacidad de flujo de 6lmin y 4 bolsas para obtención de muestras de 3 litros cada una.
- Sistema de Manejo de datos (SMD): Tiene un Arduino UNO como sistema de adquisición y procesamiento de datos y un módulo para tarjeta TF en donde se guarda toda la información obtenida del Sistema de Ciencia.
- Sistema de Ciencia: Cuenta con sensores que miden el pH, conductividad, turbidez, temperatura, nitratos, sonar, velocidad del viento, radiación incidente y ubicación del barco (GPS).
- Estructura: Elaborada mediante impresión 3D, con un diseño de catamarán en filamento PLA, tiene un peso aproximado de 15 kg y dimensiones de 121 cm x 41 cm x 51 cm, con una capacidad de flotación de hasta 50 kg.
-

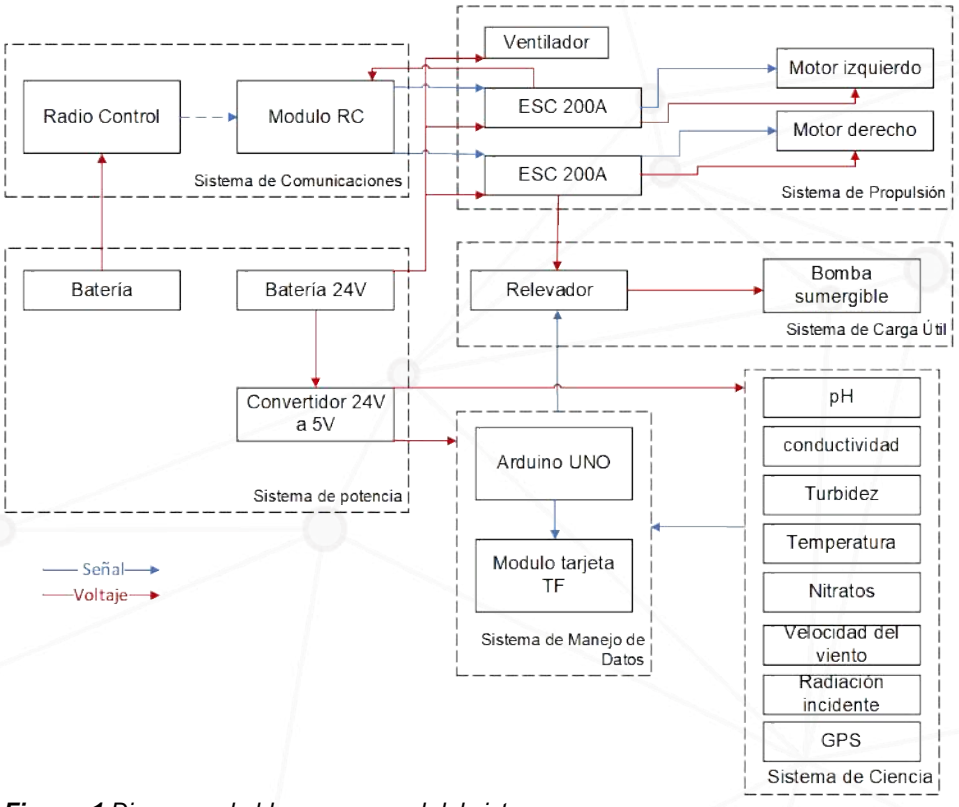


Figura. 1 *Diagrama de bloques general del sistema*

RESULTADOS. La Figura 2a muestra las mediciones puntuales realizadas por el sonar a bordo del barco, registradas cuando la presa estaba al 90.7% de su capacidad el 26/08/2024 y al 90.9% el 10/09/2024, con una profundidad máxima de 24.9 m. En la Figura 2b se presentan los cambios de temperatura en la superficie del agua (a 20 cm de profundidad), donde se observa una variación significativa entre las dos fechas. El 26/08/2024, la temperatura mínima fue de 24.81°C y la máxima de 27.03°C, mientras que el 10/09/2024 la temperatura mínima fue de 21.23°C y la máxima de 22.14°C.

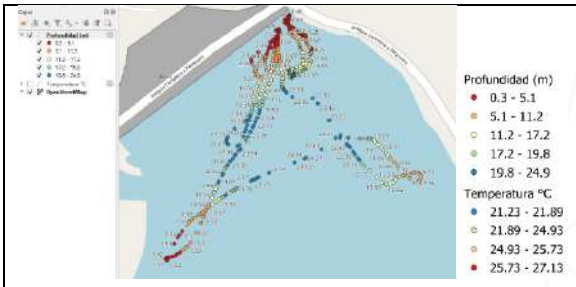


Figura. 2a Mediciones de profundidad realizadas con el sonar montado en el barco.

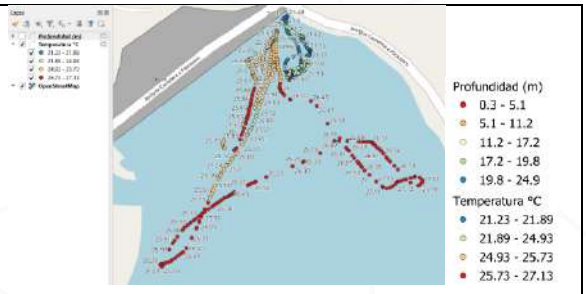


Figura. 2b Mediciones de temperatura superficial del agua realizadas con el sensor a bordo.

CONCLUSIONES. La recolección manual de datos in situ ha sido empleada durante años. Sin embargo, gracias a las nuevas tecnologías, es posible utilizar sensores y herramientas avanzadas que facilitan y reducen significativamente los costos y el tiempo de obtención de estos datos cruciales para la sociedad. En este trabajo se presentan los resultados de las mediciones de profundidad y temperatura obtenidos mediante sensores a bordo de un barco a radio control. Además, se demostró que es posible obtener mayor cantidad de información en menor tiempo, costo y esfuerzo. Se observó también que la temperatura superficial del agua aumenta a medida que se avanza hacia el interior del cuerpo de agua, y que existe una variación de 3.5°C entre las mediciones realizadas en días diferentes. Por esta razón, se recomienda realizar todas las mediciones de un cuerpo de agua en un solo día.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos profundamente el apoyo brindado por el proyecto "Azolvamiento y eutroficación en presas periurbanas de zonas templadas de México: contribuciones para su evaluación y prospección" del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), Clave IN112823, sin el cual esta investigación no habría sido realizable.

REFERENCIAS.

1. Adake, Mr. A. P. (2019). Review Paper on Water Quality Monitoring System using RC Boat with Wireless Sensor Network. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 7(1), 873–875. https://doi.org/10.22214/IJRASET.2019.1140
2. Dsouza, V. L., Dsouza, S. F., Sarosh, M., Kukkilaya, S., Chilimbi, V., & Fernandes, S. R. (2021). Remotely controlled boat for water quality monitoring and sampling. Materials Today: Proceedings, 47, 2391–2400. https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.04.354
3. Dunbabin, M., & Grinham, A. (2010). Experimental evaluation of an autonomous surface vehicle for water quality and greenhouse gas emission monitoring. Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 5268–5274. https://doi.org/10.1109/ROBOT.2010.5509187

4. Hassan, M. ul, Kumar, S., Kumar, H., Kumar, K., Hameed, S., & Fatima, K. (2018). Real Time Water Quality Monitoring Boat. Proceedings 2018, Vol. 2, Page 1279, 2(20), 1279. https://doi.org/10.3390/PROCEEDINGS2201279
5. Podnar, G., Dolan, J. M., Low, K. H., & Elfes, A. (n.d.). Telesupervised Remote Surface Water Quality Sensing.
6. Rao, A. P., Sarman, K. V. S. H. G., Kumar, G. V. P., & Yerra, S. D. (2023). Water Quality Monitoring Using Remote Control Boat. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, 472 LNICST, 201–212. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28975-0_17/FIGURES/7
7. Resilience Thinking. (n.d.). Retrieved February 15, 2024, from https://islandpress.org/books/resilience-thinking#desc
8. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., … Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. Nature 2009 461:7263, 461(7263), 472–475. https://doi.org/10.1038/461472a
9. Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 347(6223). https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1259855
10. Tasnim Mukarram, M. M. (2023). Innovative Smart Boat Device for Real-Time Surface Water Quality Monitoring: A Low-Cost and Environmentally Sustainable Solution. https://papers.ssrn.com/abstract=4496168
11. Ul Hassan, M., Kumar, S., Kumar, H., Kumar, K., Hameed, S., & Fatima, K. (2018). Real Time Water Quality Monitoring Boat †. Proceedings, 18. https://doi.org/10.3390/proceedings2201279
12. UN Water. (n.d.). Climate Change Adaptation: The Pivotal Role of Water | UN-Water. Retrieved February 1, 2024, from https://www.unwater.org/publications/climate-change-adaptation-pivotal-role-water#:~{}:text=Higher%20temperatures%20and%20changes%20in,likely%20to%20be%20adversely%20affected
13. Wang, X., & Xie, H. (2018). A Review on Applications of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) in Water Resources and Flood Risk Management. Water 2018, Vol. 10, Page 608, 10(5), 608. https://doi.org/10.3390/W10050608
14. Water Facts - Worldwide Water Supply | ARWEC| CCAO | Area Offices | California-Great Basin | Bureau of Reclamation. (n.d.). Retrieved February 1, 2024, from https://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html
15. Zha, Y., Zhou, M., Yang, J., -, al, Chen, Y., Han, W., Jin, J., Xing, A., Fang, J., Gao, M., & Zhang, C. (2020). Design of an Unmanned Boat System for Floating Garbage Salvage and Water Quality Monitoring Based on OneNET. Journal of Physics: Conference Series, 1607(1), 012062. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1607/1/012062

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824121

DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE FRECUENCIAS PARA LLUVIAS MÁXIMAS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Francisco Gaona Gallegos[1], Juan Pablo Molina Aguilar[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; francisco.gaona.gallegos@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.molina@umich.mx

Palabras Clave: Cambio climático, Distribución de frecuencias, Kolmogórov-Smirnov, Kriging, *i-d-Tr*.

RESUMEN. En las últimas décadas se ha presentado una variación importante de la climatología a nivel mundial debido a la incidencia del cambio climático, de manera particular, en Michoacán han detonado múltiples problemáticas hidráulicas al modificarse el ciclo hidrológico en el territorio estatal. Históricamente, en la ingeniería civil se han utilizado diversas funciones de distribución de probabilidad para modelar eventos extremos de precipitación, sin embargo, aunque se cuenta con acervo considerable de información, no se ha realizado un estudio exhaustivo que determine cuál de las funciones es más adecuada para modelar la frecuencia y magnitud de las lluvias extremas. El presente trabajo tiene por objeto representar la distribución de las funciones de probabilidad a lo largo del territorio del estado de Michoacán de Ocampo, basándose en el análisis del registro de lluvias máximas en 24 horas. Se trabajó con un conjunto de 168 estaciones en operación gestionadas por el Servicio Meteorológico Nacional, 94 ubicadas dentro del territorio estatal, mientras que las restantes en la zona limítrofe, asegurando así una cobertura amplia y detallada para captar las variaciones climáticas. Como parte del análisis, se identificaron y examinaron cuidadosamente los datos atípicos asegurando con ello la precisión y confiabilidad de los resultados en la serie temporal, mismos que se obtuvieron mediante el Paquete Estadístico del Centro de Ingenieros Hidrológicos de Estados Unidos. El resultado obtenido consistió en 20 funciones de distribución ajustadas por estación, cuyos parámetros fueron influenciados por las características geográficas y climatológicas específicas de su ubicación, mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogórov-Smirnov se identificó la más adecuada para pasar del sistema discreto de información al sistema continuo, posibilitando con ello, en un trabajo posterior la construcción de las curvas de duración – intensidad – periodo de retorno, que son fundamentales en la definición de los caudales de diseño en obras civiles.

INTRODUCCIÓN. El cambio climático ha provocado alteraciones significativas en los patrones de precipitación, afectando la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos. Estas variaciones representan un desafío progresivo para la gestión de recursos hídricos, especialmente en el estado de Michoacán de Ocampo, donde las lluvias extremas pueden desencadenar problemas graves como inundaciones o sequias. En Latinoamérica,

los métodos de análisis de frecuencia utilizados requieren registros de precipitaciones de una estación climatológica particular, los cuales son una muestra aleatoria e idénticamente distribuida de la misma, estos serán ajustados a una distribución especifica (González, 1989), por ende, el registro de datos histórico de precipitaciones que poseen las estaciones meteorológicas es fundamental para seleccionar y ajustar la función de distribución de probabilidad más precisa.

OBJETIVO. El presente trabajo tiene por objeto establecer la representatividad del registro pluviométrico histórico en el territorio de Michoacán de Ocampo mediante distintas funciones de distribución de probabilidad, el análisis considerara las componentes temporal y espacial de las series temporales de lluvias máximas en 24 horas mediante el Paquete Estadístico SSP 2.2 del Centro de Ingenieros Hidrológicos de Estados Unidos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Zona de estudio. Michoacán de Ocampo, México, es el área de estudio y se encuentra en la región occidental del país, limita al norte con Guanajuato y Jalisco, al sur con Guerrero y al oeste con el Océano Pacifico. Cuenta con una extensión de 58,598.7 km^2, representa el 3.0% del territorio nacional. El estado presenta una variedad de climas según se ubicación geográfica; en la planicie costera del Pacifico y la Sierra Madre del Sur predomina el clima cálido subhúmedo, en el Eje Neovolcánico templado subhúmedo, en las zonas media y baja de la depresión del Balsas y Tepalcatepec prevalece seco y semiseco, mientras que en las regiones altas del eje Neovolcánico se presenta templado y cálido húmedo. La temperatura media anual es de 20 ºC, con mínimas de 8ºC en enero y máximas promedio de 31 ºC en abril y mayo. El régimen pluviométrico se concentra principalmente en los meses de junio a septiembre, con una precipitación media anual de 850 mm. **Información pluviométrica.** El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) permite la consulta y descarga de información histórica de las Estaciones Meteorológicas Convencionales que conforman la Red Nacional. Se trabajó exclusivamente con las estaciones que se encuentran operando y poseen un registro mayor o igual a 25 años. De las 237 estaciones que se encuentran ubicadas en el estado de Michoacán solo 105 se encuentran operando, mientras que 11 no poseen con el registro de datos indicado, por lo tanto, son solo 94 las que cuentan con un registro ≤ a 25 años. Para mejorar la representación de la cobertura pluviométrica territorial del estado, se realizó la selección de estaciones ubicadas en los límites territoriales de los estados colindantes a Michoacán; 5 se encuentran en Colima, 16 en Jalisco, 21 en Guanajuato, 4 en Querétaro, 18 en el Estado de México y 10 en Guerrero. Por lo tanto, se concluye con 168 estaciones para la elaboración del estudio (Fig. 1).

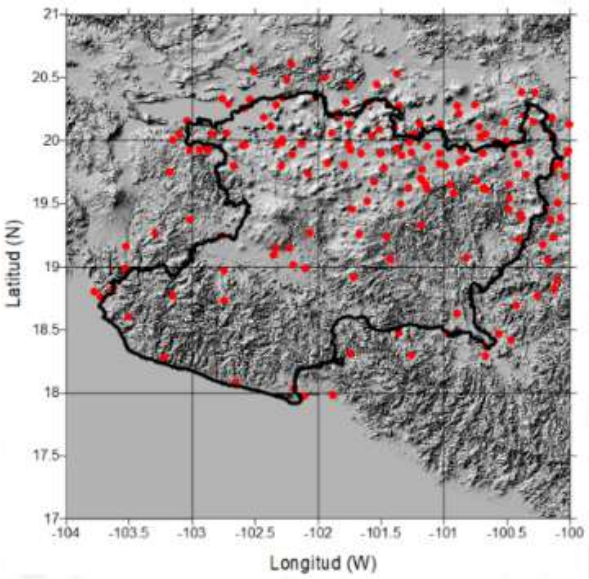


Figura 1. *Distribución de Estaciones Meteorológicas Convencionales.*

Para las estaciones seleccionadas se analizaron y procesaron los registros históricos de precipitación, a partir de las cuales se generaron series temporales de valores máximos anuales en 24 horas, las cuales fueron estudiadas a fin de establecer la función de distribución de probabilidad que mejor representa las componentes temporal y espacial de la precipitación en la zona representativa de cada estación seleccionada. Como parte del análisis, se identificaron y examinaron cuidadosamente los datos atípicos asegurando con ello la precisión y confiabilidad del resultado.

Funciones de distribución de probabilidad (*fdp*). La estimación de la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la precipitación, comúnmente llamado análisis de frecuencias, define la función de distribución de probabilidad y los parámetros de ubicación, escala y posición de cada función a fin de que represente de manera fidedigna el registro pluviométrico en conjunto con su tendencia histórica. Este último siendo de especial relevancia en los diseños hidráulicos e hidrológicos ya que permite representar los datos históricos (P_o) y la estimación de precipitaciones (P_e) en función de un periodo de retorno (Tr) de interés. El paquete estadístico SSP permite el estudio de series temporales mediante 20 *fdp*: Normal (No); Log Normal 2p; Exponencial 1p; Gamma 2p; Gumbel; Log-Pearson III; Pearson III; Gama modificada; Generalizada de Valores Extremos; Generalizada de Pareto; Logística; Uniforme; Exponencial modificada; Triangular; Beta de 4 parámetros; Empírica; Beta; Logística Generalizada; Log Logística y Log10Normal. De igual forma establece cinco pruebas de bondad de ajuste diseñadas para evaluar la idoneidad de las *fdp*. Durante un análisis preliminar, se evaluaron minuciosamente los registros de tres estaciones meteorológicas seleccionadas por su alta calidad y cantidad de datos. A partir de este estudio, se determinó que la prueba de Kolmogórov-Smirnov fue la más adecuada para ajustar los datos históricos (Tabla 1).

EMC	Kolmogórov-Smirnov	Chi-Square	Anderson-Darling	Bayesian Information Criterion	Akaike Information Criterion
16007	**Pearson III**	Pearson III	Pearson III	Log-Normal	Pearson III
	0.060	14.000	0.412	900.103	894.739
16109	**Normal**	Normal	Normal	Normal	Normal
	0.058	13.278	890.680	890.680	885.658
16123	**Pearson III**	Gamma	Pearson III	Pearson III	Normal
	0.058	12.458	0.206	885.718	877.983

Tabla 1. *Resultados de la bondad de ajuste para las tres estaciones mejor evaluadas.*

Debido a su precisión y consistencia, Kolmogórov-Smirnov fue elegida para aplicarse a las 168 estaciones en el estado de Michoacán, permitiendo una evaluación sólida y coherente de las *fdp* en la región. Aparicio (1992), menciona que cada espacio muestral tiene su propia *fdp* y normalmente se le conoce como *a priori*. Por lo tanto, cada estación meteorológica emplea la *fdp* que mejor se adecue a su registro de datos.

RESULTADOS. La selección de la *fdp* depende de las particularidades de los datos de la región en estudio, 6 de las 20 funciones de distribución de probabilidad demostraron ser óptimas para capturar la variabilidad y el comportamiento extremo de las lluvias en el estado de Michoacán. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	EMC	
Log-Pearson III	Fx|k,θ,τ=0xσγ2log10x-μ-2k-1e-log10x-μ-2dlog10x42	8
Ln-Normal	fx|μ,2=1x2π2b log10x-222	9
Gamma	Fx|k,,=0xy-k-1e-y-dyk	18
Normal	fx|μ,2=12π2e- x-μ222	26
Pearson III	Fx|k,θ,τ=0xσγ2y-μ-242-1e-y-μ-2dyk	29
Generalizada de Valores Extremos	Fx|ξ,α,k=e-e-k-1ln⟦1-kx-ξ⟧,k≠0=e-e-x-ξ,k=0	78
	Total de EMC =	**168**

Tabla 2*. Resumen de las fdp y su aplicación en las EMC del estado.*

Se observa que el 46% del estado se representa mediante la función Generalizada de Valores Extremos misma que se adapta y modela precipitaciones intensas que suelen tener baja probabilidad de ocurrencia pero que tienen un gran impacto, particularmente se emplean en estudios de inundaciones a fin de establecer planificación y gestión de riesgo. Por su parte la función Pearson III representa el 17% ya que se adapta a precipitaciones con una distribución asimétrica que suelen ser regulares en el estado y permiten el diseño de infraestructuras urbanas y la planificación de gestión de aguas. De manera similar la Función normal que representa 15% dado que modela patrones típicos de precipitación con tendencia al valor medio registrado y establecer con claridad los cambios en incremento o decremento a lo largo del tiempo.

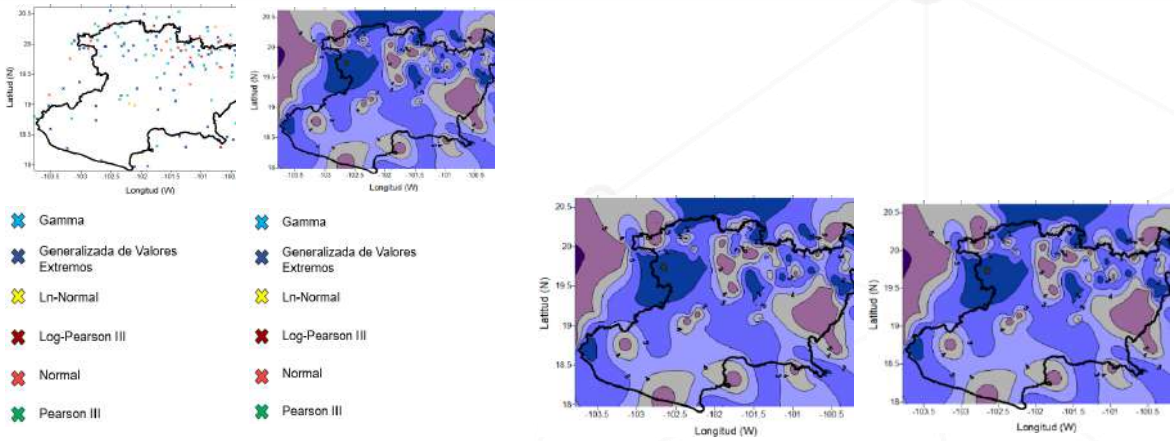


Figura 2. *Ubicación y cobertura geográfica de la precipitación mediante fdp en el estado de Michoacán de Ocampo.*

CONCLUSIONES. El resultado obtenido consistió en la selección de 6 de las 20 fdp, cuyos parámetros fueron influenciados por las características geográficas y climatológicas específicas de su ubicación, mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogórov-Smirnov se identificó la más adecuada para pasar del sistema discreto de información al sistema continuo, posibilitando con ello, en un trabajo posterior la construcción de las curvas de intensidad – duración – periodo de retorno (i-d-Tr), que son fundamentales en la definición de los caudales de diseño en obras civiles.

REFERENCIAS.

1. Aparicio, F. J. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa S.A. de C.V.
2. González M., C. A. (1989). Métodos regionales de análisis de frecuencia. Ingeniería e Investigación, (19), 28–38.
3. Servicio Meteorológico Nacional (https://smn.conagua.gob.mx/es/).

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824122

AVANCES OPERATIVOS DE UN MÓDULO DEMOSTRATIVO ACUAPÓNICO DESACOPLADO DE PECES DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Carlos Cristian Martínez Chávez[1], Jorge Fonseca Madrigal[1], Carlos Antonio Martínez Palacios[1], Laura Mariño Reyes[1], Pamela Navarrete Ramírez[2], Noé Díaz Cornejo[3], María de los Angeles Aguilar Bedolla[3], Manuel Soto Tapia[3]

1Laboratorio de Biotecnología Acuícola, IIAF-UMSNH; cmartinez@umich.mx; jorge.fonseca@umich.mx; cpalacios@umich.mx; laura.marino@umich.mx;

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-CONACYT; pamela.navarrete@umich.mx

3Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, UMSNH; 1416450f@umich.mx; 1628421h@umich.mx; 1578689j@umich.mx

Palabras Clave: Pescado Blanco de Pátzcuaro, Acúmara, Acuaponía, Validación.

RESUMEN. El objetivo de este proyecto fue poner a punto, operar y validar un sistema de producción demostrativo agroacuícola de especies nativas que se encuentra localizado en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico Salvador Lira López, unidad dependiente de FIRA, el cual entre sus objetivos se encuentra validar tecnologías y sistemas de producción agropecuarios. El sistema acuapónico desacoplado se divide en dos áreas productivas: la del sistema recirculación acuícola (RAS, por sus siglas en inglés) para engorda de peces nativos del lago de Pátzcuaro, como pescado blanco y acúmara, y el área hidropónica para producir hortalizas y vegetales de alto valor como fresa, pepino y tomate, utilizando agua y nutrientes provenientes del cultivo de peces. El RAS consta de 4 tanques de 3 metros de diámetro acoplados a dos sedimentadores y a un sistema híbrido de biofiltración (lecho fluido y torres). La primera siembra de pescado blanco fue realizada el 14/03/2024 a una densidad de 5 kg m3 (calculado a la talla de cosecha). Otras 3 siembras de pescado blanco, acúmara, en monocultivo, y un policultivo de pescado blanco y acúmara, fueron realizadas el 14/06/2024 a densidades de 15 kg m3. Los peces, tanto en monocultivo y policultivo, están presentando la mayor tasa de crecimiento observada hasta la fecha para ambas especies. Lo anterior es un reflejo del conjunto de diversas biotecnologías desarrolladas e implementadas en este sistema productivo por la UMSNH. La caracterización de los efluentes acuícolas que serán utilizados como nutrientes para las hortalizas y frutas, están siendo analizadas actualmente para evaluar la reducción del uso de nutrientes inorgánicos para su adecuado crecimiento.

INTRODUCCIÓN. La acuicultura en Michoacán, y particularmente en la región lacustre del altiplano, es predominantemente rural, de pequeña escala y enfocada al autoconsumo. El 100% de las granjas cultivan especies exóticas tropicales, como la tilapia (de origen africano), en aguas cuyas temperaturas no son óptimas para su crecimiento, resultando en bajos rendimientos y rentabilidad. La elección inadecuada de especies, combinada con una producción a pequeña escala y la competencia desleal de productos importados desde

Asia, hace que esta actividad se considere marginal y de subsistencia. Este proyecto propone un nuevo modelo productivo basado en especies de alto valor comercial, integrando el cultivo de especies nativas como el pescado blanco y la acúmara (adaptadas a las condiciones regionales), junto con vegetales de interés comercial como pepino, tomate y fresa. Esto convierte al modelo en una opción flexible y adaptable a la infraestructura agroacuícola existente en el estado y la región. El éxito de este modelo permitirá diversificar la agricultura, lo cual es crucial para la resiliencia de los sistemas productivos, la optimización de los recursos naturales y la soberanía alimentaria regional.

ANTECEDENTES. La producción acuícola en la meseta purhepecha es limitada debido a las temperaturas del agua (18-24°C), las cuales no son adecuadas para especies exóticas como la tilapia y de aguas frías como la trucha (Martínez-Chávez et al., 2022). Por ello, se destaca la importancia de cultivar especies nativas adaptadas al clima local, como el pescado blanco de Pátzcuaro y la Acúmara. Estas especies no solo tienen cadenas de valor preestablecidas y precios más altos, sino que también poseen un significado cultural e histórico relevante. Además, especies como el pez blanco y la acúmara contienen ácidos grasos Omega 3 en su músculo, otorgándoles un valor nutracéutico (Martinez-Palacios et al., 2020). Sin embargo, la acuicultura se ve restringida por la falta de permisos de uso de agua y la contaminación de aguas superficiales. Esto, junto con la necesidad de métodos sostenibles, impulsa modelos integrados como la acuaponía (Goddek et al., 2018). El proyecto actual busca validar este modelo con experiencias productivas de estas especies, estableciendo protocolos que permitan evaluar su rentabilidad y escalamiento, proporcionando alternativas de producción sustentables.

OBJETIVO. Validar un modelo acuapónico desacoplado utilizando dos especies nativas de peces (pez blanco y acúmara de Pátzcuaro) y tres cultivos hidropónicos de alto porte como la fresa, el tomate y los pepinos.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente propuesta representa a muchas de las unidades existentes en el estado, en términos de tamaño y capacidad productiva del área acuícola. Por lo tanto, el éxito de este modelo podría facilitar su adopción social en toda la región. Los peces blancos, las acúmaras y los alimentos especializados para la engorda fueron obtenidos del Laboratorio de Biotecnología Acuícola del IIAF-UMSNH. El módulo piscícola consta de 4 tanques de fibra de vidrio de 3 metros de diámetro, conectados a un sistema de recirculación con soporte vital, incluyendo sedimentadores y filtros biológicos. Los peces fueron alimentados 8 veces durante el día (8am-3pm) de forma manual (a saciedad) y a cada hora despues con alimentadores automáticos con un fotoperiodo de luz continua. El módulo de hidroponía en este proyecto consta de tres camas de sustrato en la cual se sembrarán (durante el segundo semestre de 2024 y 2025) tomate, pepinos y fresa como producción demostrativa y para validar que estos pueden crecer favorablemente con los nutrientes producidos por los peces nativos en el RAS. En la Figura 1 se puede observar el área de invernadero del módulo productivo demostrativo así como sus principales módulos y componentes.

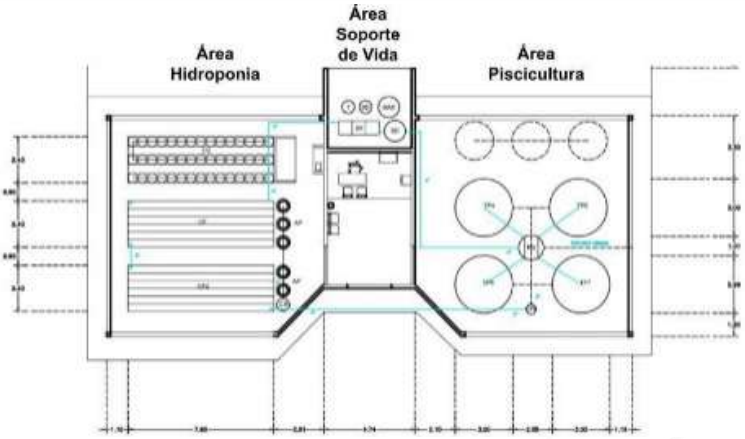


Figura 1.- *Diagrama del módulo demostrativo acuapónico desacoplado.*

Se obtendrán parametros zootécnicos como crecimiento y factor de conversión alimenticia de la engorda de peces en este sistema al momento de la cosecha para no inhibir su crecimiento con muestreos frecuentes.

RESULTADOS. Los sistemas acuapónicos desacoplados son menos complejos y faciles de operar, también son interesantes porque permiten evaluar cada módulo (RAS e hidroponía) de manera independiente como se ha planteado en el presente trabajo. A continuación se presentan, en primera instancia, los avances del módulo RAS de engorda de peces a través de lo observado en el tanque de la primera siembra (Tanque 1). En la Figura 2 se pueden observar los principales logros, así como la fecha esperada de la primer cosecha de peces del módulo. Las siembras de peces ocurrieron desfasadas para madurar el filtro biológico, pero sobre todo, para mantener niveles contínuos de nutrientes que serán utilizados por las plantas en el sistema hidropónico durante todo 2024 y 2025.

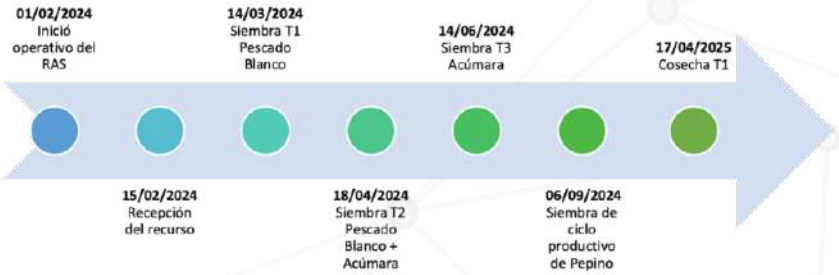


Figura 2. *Línea de tiempo de logros importantes del proyecto*

Desempeño y manejo de pescado blanco y acúmara en RAS. La experiencia obtenida a la fecha con la engorda de estas dos especies en RAS, tanto en monocultivo como en policultivo, ha sido significativa y muy interesante. Los peces blancos han demostrado características muy importantes de su domesticación que han permitido su manejo y supervivencia en este tipo de sistema. Es decir, se encuentran aclimatados en densidades no antes probadas en tanques de 3 metros de diámetro y en un sistema de recirculación. De hecho, en el tanque 2 (T2) donde se encuentran ambas especies en policultivo, las acúmaras se aclimataron y comenzaron a alimentarse antes que aquellas en el tanque T3 (monocultivo) mostrando mejores rendimientos. En el T2 (policultivo) además se

observaron algunas de las ventajas esperadas de esta combinación con una menor cantidad de alimento desperdiciado que en los tanques exclusivamente con peces blancos. Por lo que se asume que las acúmaras, que por naturaleza buscan el fondo para alimentarse, pueden hacer más eficiente el consumo de alimento en policultivo, lo cual tiene implicaciones directas sobre la calidad del agua, así como en la rentabilidad de la operación. En la Figura 3 se observa que los peces incrementaron aproximadamente 20 veces su peso inicial. Además, a través de una línea de tendencia cuadrática, se calculó que el tiempo de engorda para alcanzar el tamaño comercial esperado (120 g), sería de aproximadamente 9 meses. Sin embargo, este cálculo supone que no habrá ningún cambio en la tasa de crecimiento observada, ni otra variable que pueda afectar el desempeño actual de los peces, por lo que deberá ser tomado con cautela y en todo caso considerarse como una hipótesis a comprobar al final del tiempo de engorda programado.

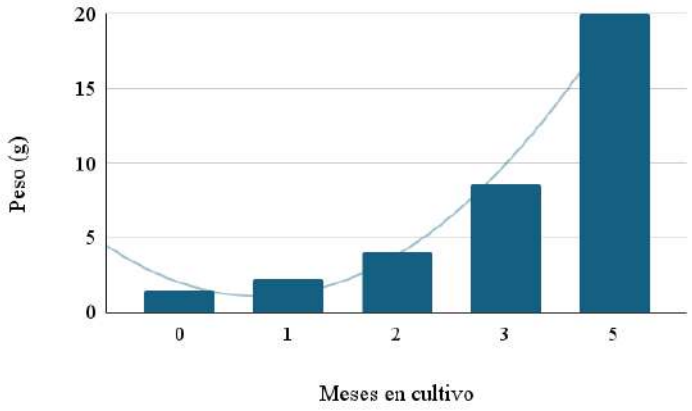


Figura 3. *Avances de crecimiento de pescado blanco (T1) en tanque de 3 metros de diametro en un sistema de recirculación acuícola (RAS).*

La caracterización de los efluentes del módulo acuícola está siendo actualmente analizada para evaluar la reducción del uso de nutrientes inorgánicos y obtener un adecuado crecimiento de pepino recién sembrado en el módulo hidropónico (Figura 4) durante este primer ciclo productivo hidropónico, que terminará a finales de 2024.



Figura 4. *Imagenes del módulo demostrativo acuapónico desacoplado*

CONCLUSIONES. Estos resultados son alentadores debido a que estas especies de peces, tanto en monocultivo y policultivo, están presentando la mayor tasa de crecimiento observada hasta la fecha. Además, esta respuesta de crecimiento se esta llevando acabo en sistemas intensivos de recirculación previamente no utilizados para su engorda, demostrando que estas especies son posibles de cultivar con el manejo adecuado. Lo anterior es un reflejo del conjunto de diversas biotecnologías desarrolladas e implementadas por la UMSNH y contribuye a demostrar el potencial acuícola regional.

REFERENCIAS.

1. Martínez-Chávez, C.C., Navarrete-Ramírez, P., Raggi L., Ríos-Durán, M.G., Fonseca-Madrigal, J., Chávez-Sánchez, M.C., Amillano-Cisneros, J.M., Martínez-Palacios, C.A. 2022. Retos y perspectivas del sector acuícola rumbo al 2050. Ciencia Nicolaita, 83. https://doi.org/10.35830/cn.vi83.572
2. Martínez-Palacios, C.A., Concha-Santos, S., Toledo-Cuevas, E.M., Ríos-Durán, M.G., Martínez-Chávez, C.C., Navarrete-Ramírez, P., Ragg,i L., Strussmann, C., Hualde, J.P., Demicheli, M.A., Fonseca-Madrigal, J. 2020. High levels of docosahexaenoic acid are present in eight New World silversides (Pisces: Atherinopsidae). Neotrop Ichthyol, 18, 2, e190089. https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0089
3. Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., Burnell, G. 2018. Aquaponics Food Production. Systems Springer Publishers. London, UK DOI:10.1007/978-3-030-15943-6

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824124

ESTABLECIMIENTO DE MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN Y MUESTREOS PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES LOCALES DE SELVA BAJA EN LA REGIÓN DE PURUÁNDIRO

Juan Esteban Trinidad Huerta, Yesenia Juárez Andrade, Ana Rosa Valdez Adame

Palabras Clave: muestreo, conservación, manejo, ecotono.

RESUMEN. En la región de Puruándiro, al norte del estado de Michoacán, se encuentra una zona de transición ecológica, denominada ecotono entre los bosques de pino – encino – madroño y zonas de pastizal, así como áreas con vegetación propia de selva baja caducifolia. En dicha región proliferan una gran variedad de especies vegetales tanto arbóreas como arbustivas de gran valor ecológico y con un potencial de aprovechamiento humano y ambiental de gran relevancia, debido principalmente a las características y condiciones únicas que se presentan en la zona. Para el desarrollo de la presente investigación se determinó a través de una muestreo y zonificación de las áreas cercanas a las instalaciones del ITESP, áreas de interés donde se ha ubicado especies arbóreas y arbustivas con interés ecológico y/o de aprovechamiento humano en diversas áreas. De dichas áreas se realizaron recorridos en campo para realizar una ubicación más precisa y poder establecer las condiciones y ubicación geográfica para su reconocimiento. Teniendo en consideración lo anterior se realizaron una serie de transectos ecológicos en 4 zonas de la región de Puruándiro con la finalidad de recabar datos como: coordenadas geográficas, tipos de suelo, tipo de vegetación circundante, altura del dosel arbóreo, estado fitosanitario de la especie y número de ejemplares localizados en el área. Con estos se pudo establecer una primera visión de las condiciones de las especies localizadas; dando inicio con los procesos de identificación tanto a nivel local y regional dentro de algunas comunidades, así como una caracterización de la especie bajo criterios botánicos; bajo estas premisas se pudo llevar a cabo al interior de las instalaciones el análisis de las especies colectadas y típicas de la región, las cuales se identificaron como: Rhus Aromatica var. Schmidelioides (Schlecht.) Engl.; Bursera fagaroides, Ceiba aesculifolia., Erythrina coralloides y Prosopis laevigata siendo las prioritarias identificadas.

INTRODUCCIÓN. En la región de Puruándiro, al norte del estado de Michoacán, se ubica una zona de transición ecológica en la cual confluyen bosques de pino – encino – madroño con áreas o zonas de pastizal y lomeríos con vegetación correspondiente a selva baja caducifolia. En esta zona la principal actividad económica es la agricultura con fines comerciales a través de sistemas extensivos, provocando la adopción de prácticas de cambio de uso de suelo y la remoción de especies locales. Bajo esta situación se ha iniciado con un proyecto institucional que permita la identificación de especies locales que presentan un grado de afectación, estableciendo metodologías de colecta, identificación y posterior reproducción dentro de las instalaciones del Tecnológico, considerando en un futuro el

restablecimiento de las poblaciones ecológicas para su integración en sistemas productivos locales a través de diseños agrosilvícolas.

ANTECEDENTES. La región norte del estado de Michoacán se encuentra en una zona de gran diversidad ecológica y ambiental debido a su posición geográfica en la que se puede observar una marcada zona de ecotono, en la cual se haya una transición de zonas boscosas principalmente de encino y madroños, en menor medida pinos entre otras especies forestales, a zonas con una marcara presencia de vegetación arbustiva y de matorral característica de zonas semiáridas. De acuerdo con los datos oficiales de INEGI (2009), en la región del municipio de Puruándiro existen al menos 6 tipos de suelos con diferentes orígenes y características y una clasificación de 3 subdivisiones climáticas de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, como se muestra en las figuras 1 y 2.

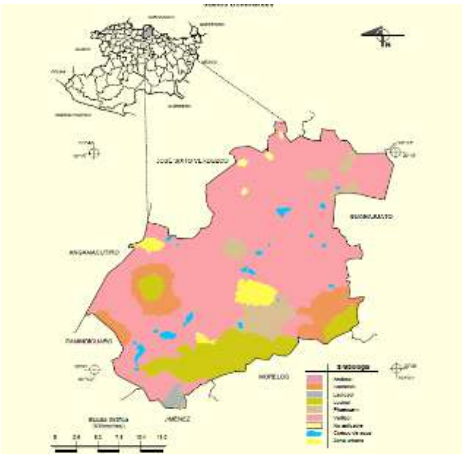


Figura 1: *Tipos de suelo en el municipio de Puruándiro* (INEGI 2009)

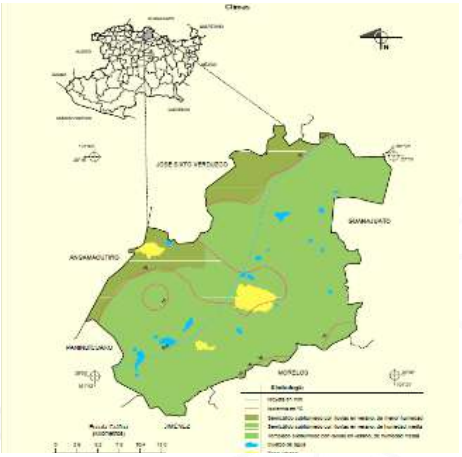


Figura 2: *Tipos de clima en el municipio de Puruándiro* (INEGI 2009)

Así, por estas condiciones el clima y ecosistema presente en la región de Puruándiro, es considerada como un ecotono y zona de transición, de acuerdo con Camarero & Gutiérrez (1999) en estas zonas convergen especies diferentes y con características diversas que se integran dentro de un mismo especio y en el cual una o más especies pueden ser dominantes frente a otras o adaptarse de mejor manera y bajo condiciones propicias para el crecimiento de sus poblaciones y su expansión en estas áreas o zonas. De la misma

forma en que estas especies se adaptan a diversas condiciones se puede establecer que estas se propagan constantemente buscando las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo, siendo que cada especie cumple una función específica dentro del micro ecosistema local, de acuerdo con Alfaro *et al* (2017) esta adaptación y propagación corresponde con la creación de una zona de vegetación endémica adaptada a esta zona específica. Así en estas condiciones ecológicas poco a poco se han ido disminuyendo las zonas y áreas forestales donde se ubica la vegetación nativa, primordialmente debido a la expansión de las fronteras agrícolas y la urbanización de diferentes comunidades o zona urbana.

OBJETIVO. Establecer una serie de métodos y prácticas de muestreo en la región del municipio de Puruándiro para la identificación y colecta de material vegetativo de las especies de importancia identificadas.

OBJETIVO ESPECÍFICOS: Realizar muestreos y transectos ecológicos en áreas del municipio y región de Puruándiro. Realizar una identificación de las especies locales o endémicas. Establecer las áreas de ubicación geográfica de dichas especies parta la colecta de material vegetativo de estas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó la identificación de zonas de colecta relativas a las condiciones ecológicas y ecosistémicas y en aquellas donde, con anterioridad se han reportado especies que han disminuido su presencia en la región debido a diversos factores. Por lo que se procedió a realizar una serie de muestreos y transectos en campo con la finalidad de ubicar individuos, comunidades y poblaciones ecológicas de especies locales, sanas y describir sus condiciones de crecimiento de manera general, así como tomar muestras de hojas, frutos, tallos, cortezas y donde fue posible raíces o ejemplares para su análisis e identificación. Los muestreos fueron realizados en áreas previamente ubicadas así de igual manera se establecieron las coordenadas geográficas para la ubicación de estas áreas, además de trazar polígonos geográficos para delimitar estas áreas; en las siguientes figuras (Figs. 3 y 4) se muestran algunas de las áreas donde se llevaron a cabo los muestreos y recorridos para la identificación de las especies de importancia local y ecosistémica.



Figura 3: *Zona de colecta en la comunidad de Janambo (de los autores)*



Figura 4: *Área de colecta en la comunidad de Galeana (de los autores)*

RESULTADOS. Mediante los muestreos de las zonas identificadas dentro de la región circundante al Tecnológico y del municipio de Puruándiro, se pudieron llevar a cabo al interior de las instalaciones el análisis de las especies colectadas y locales de la región, las cuales se identificaron como: *Rhus aromatica* var. Schmidelioides (Schlecht.) Engl., *Bursera fagaroides*, *Ceiba aesculifolia*, *Erythrina coralloides* y *Prosopis laevigata.*

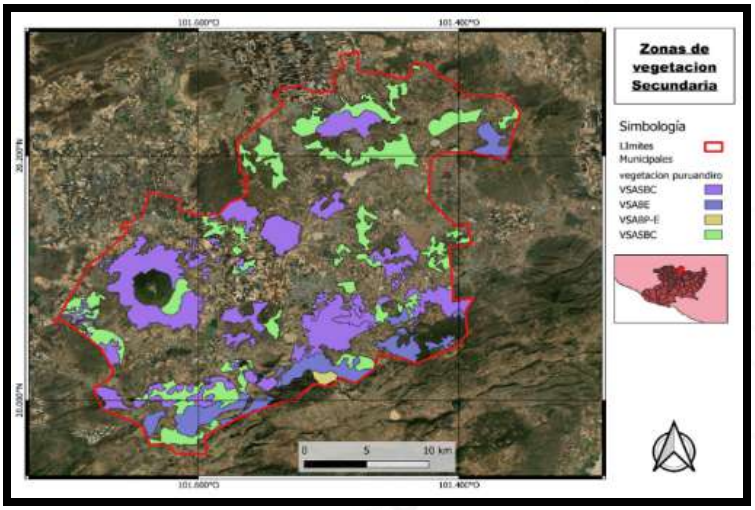


Figura 5: *Mapa de ubicación de polígonos donde se ubicaron las especies de importancia ecosistémica y local. (de los autores)*

CONCLUSIONES. Se pudo observar la interacción de estas especies del ecosistema local, las cuales a pesar de los daños recibidos y de los procesos de cambio de uso de suelo de la región persisten y se mantienen como especies que resisten las condiciones adversas del entorno, los procesos ecológicos naturales e inducidos. De esta forma se puede establecer a través del desarrollo de esta primera etapa de la investigación un proceso de colecta con fines de reproducción, conservación y diseño de agroecosistemas adaptados a la región que permitan el uso y manejo de estas especies de manera sustentable.

REFERENCIAS.

1. Alfaro-Ramírez, F. U., Arredondo-Moreno, J. T., Pérez-Suárez, M., & Endara-Agramont, A. R. (2017). Pinus hartwegii Lindl. treeline ecotone: structure and altitudinal limits at Nevado de Toluca, Mexico. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 23(2), 261-273.
2. Camarero J.J. & Gutiérrez E. (1999). Estructura de un ecotono bosque subalpino-pastos alpinos (Las Cutas, Ordesa, Pirineos Centrales), España. Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona 153-154: 21 a 59.
3. INEGI (2009) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. México. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Puruándiro, Michoacán de Ocampo. Clave 16071.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824125

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN SUELOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS DE LA CUENCA DE SAN PEDRO JÁCUARO Y SAN ISIDRO ALTA HUERTA

Tzeltzin Sánchez Magaña[1], María Lourdes González Arqueros[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto en Ciencias de la Tierra; tzeli1234@gmail.com
2Universidad Michoacana se San Nicolás de Hidalgo, Instituto en Ciencias de la Tierra; lourdes.gonzalez@umich.mx

Palabras Clave: Suelos, propiedades, elementos potencialmente contaminantes.

RESUMEN. La expresión “contaminación del suelo” hace referencia a la presencia de un químico o sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al cual no está destinado. La cuenca, en la que se encuentran las localidades de San Isidro Alta Huerta y San Pedro Jácuaro, se localiza en la proporción nororiental del estado de Michoacán de Ocampo. Estas localidades presentan prevalencia de la enfermedad renal crónica (ERC) en población joven, la cual no tiene un origen en específico, sugiriendo una posible contaminación ambiental. Esta investigación consistió en evaluar los suelos de la cuenca, para determinar las propiedades fisicoquímicas y la presencia de elementos potencialmente contaminantes. Se determinaron los sitios de muestreo, para el levantamiento de suelos y descripción del perfil, en laboratorio se procesaron las muestras, realizando análisis de (% piedras, % tierra fina, pH, conductividad eléctrica, humedad, densidad aparente (DA), materia orgánica (MO), color, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y textura. Como resultados preliminares se han obtenido pH en un rango de 3.0 a 6.0, determinando suelos ligeramente ácidos y ácidos, los cuales podrían afectar a la movilización de elementos. Los valores de MO obtenidos dieron rangos de 0.1 % hasta 19%, de los cuales solo 7 horizontes superaron el valor promedio de >5%, mostrando bajos contenidos de MO en 87% de las muestras totales. Los valores promedio de DA, oscilaron entre 0,67 y 1,74 g/cm3 para los trece perfiles de suelo, los valores de DA baja representan una porosidad del suelo alta, influyendo en la dispersión de elementos potencialmente contaminantes.

INTRODUCCIÓN. El suelo es un cuerpo natural, dinámico, no consolidado, compuesto por solidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases. La formación del suelo es un proceso que toma cientos de años para que alcance las propiedades fisicoquímicas necesarias para ser considerado suelo. Considerado así, un recurso natural no renovable en años humanos (Fao, 2019; Volke et al., 2005). El suelo desempeña funciones como reactor natural, es decir es un elemento filtrante, amortiguador y transformador, que regula los ciclos del agua y biogeoquímicos (Sposito, 1994; Volke et al., 2005). Su comportamiento viene reflejado en sus propiedades físicas y químicas, las cuales muestran los fenómenos relacionados con la superficie de las partículas sólidas y la interfase solido-liquido del suelo, las cuales influyen en su productividad y manejo. El movimiento de los elementos potencialmente

contaminantes a través del suelo dependerá de los cambios en sus propiedades fisicoquímicas, principalmente los metales pesados (Cd, As, Cu, Zn, Pb y Hg) (Becerril et al., 2007).

ANTECEDENTES. La presencia de ciertos contaminantes puede producir desequilibrios en los ciclos de nutrientes y la acidificación del suelo. Estos contaminantes tienden a ser de origen humano, pero también pueden ocurrir de manera natural en los suelos debido a la concentración de componentes minerales, los cuales pueden provenir de erupciones volcánicas e incendios forestales, entre otros (García, 2022). Los efectos de contaminación del suelo dependen de sus propiedades, ya que controlan la movilidad, biodisponibilidad, lixiviación y tiempo de acumulación de contaminantes (FAO & GTIS, 2016). El pH es uno de los parámetros que brinda información de la movilidad de los metales y que la prevalencia acida, induce a la solubilidad y movilidad de los metales (Zeng et al., 2011). Por el contrario, el alto contenido de materia orgánica inmoviliza a los metales en el suelo (He et al., 2015). En México se han identificado tres principales ambientes hidrogeológicos en donde se ha detectado presencia de arsénico en el agua subterránea: acuíferos aluviales (noreste, norte y centro del país), áreas de actividad minera (norte y centro) y aguas geotérmicas centro de México (Arreguín et al., 2009).

OBJETIVO. Evaluar los suelos representativos de las unidades geopedológicas de la cuenca donde se ubican las localidades de San Isidro Alta Huerta y San Pedro Jácuaro con el fin de determinar sus propiedades fisicoquímicas, la presencia de elementos potencialmente contaminantes, y grado de perturbación del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS.
La cuenca en la que se ubican las localidades de San Isidro Alta Huerta y San Pedro Jácuaro se localizan en la porción nororiental del estado de Michoacán de Ocampo, al sursuroeste de la Sierra de San Andrés-Los Azufres (y del campo geotérmico Los Azufres). Su rango altitudinal oscila entre 2400 y 2600 msnm. Pertenecientes al municipio de Cd. Hidalgo (INEGI, 2010).

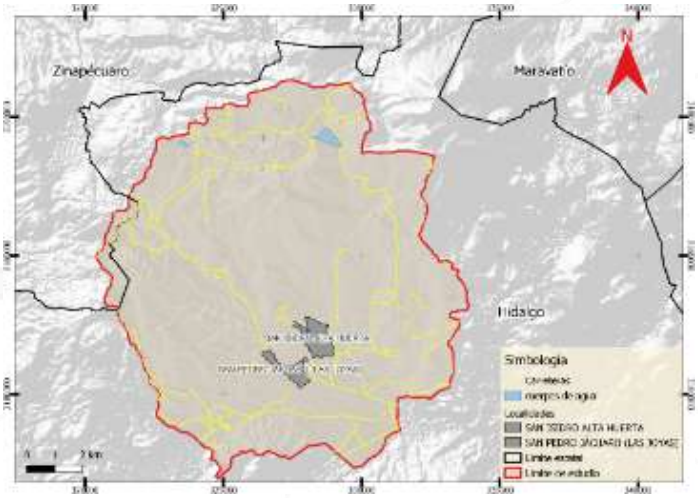


Fig. 1. *Mapa de ubicación, elaboración propia con base en datos vectoriales de información topográfica escala 1:50,000 (INEGI 2013).*

Los sitios de muestreo de definieron con base en el mapa de unidades geopedológicas realizado por González, 2022. El cual consistió en delimitar las unidades de paisaje en función de los factores formadores del suelo. Para ello, se usaron elementos principales que permiten la delimitación del paisaje en unidades a partir de información: litológica, edafológica, topográfica, climática, vegetación y/o uso de suelo y manejo. El estudio en campo consistió en; descripción de los perfiles de acuerdo con la metodología propuesta por el Soil Science Division Staff (2017); en cada perfil de suelo se tomaron datos de humedad y temperatura, así como la exposición y pendiente del sitio. Se obtuvieron muestras por horizonte dentro del perfil, a cada sitio se le asigno su etiquetado por muestras colectadas del AZU-01 al AZU-13. Las muestras se guardaron en bolsas plásticas etiquetadas, adicional se obtuvieron dos muestras inalteradas por horizonte para realizar densidad aparente (DA). Para la evaluación de metales pesados se usaron muestras a profundidad de ≈ 0 y de ≈ 50 cm por perfil. El método de laboratorio evaluó propiedades de (% piedras, % tierra fina, pH, conductividad eléctrica, humedad, densidad aparente (DA), materia orgánica, color, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y textura.

RESULTADOS. Se procesaron y analizaron un total de 54 muestras de suelo en laboratorio, (dos muestras por horizonte), de las propiedades evaluadas hasta el momento se tienen valores de pH del suelo, materia orgánica (MO) y densidad aparente (DA).

***Tabla 1**. Valores de pH y conductividad eléctrica.*

Horizonte	Profundidad	pH	CE(dS/cm)
AZU-01	0-8 cm	4.2	0.41
AZU-02	0-5 cm	5.3	0.21
AZU-05	0-19/27 cm	5.2	0.36
AZU-06	0-15 cm	4.3	0.16
AZU-07	0-30 cm	3.7	0.17
AZU-10	0-7 cm	4.8	0.12
AZU-11	0- 24 cm	5	0.25

***Tabla 2.** Valores de materia orgánica*

Horizonte	Profundidad	Materia orgánica (%)
AZU-01	0-8 cm	17.5
AZU-02	108-126 cm	0.9
AZU-04	0-50 cm	16.0
AZU-05	19/27-66 cm	0.7
AZU-07	50-85 cm	0.3
AZU-10	0-7 cm	19.0
AZU-13	108-121 cm	1.3

***Tabla 3**. Valores de densidad aparente g/cm^3.*

Horizonte	Profundidad	Densidad aparente g/cm^3
AZU-04	0-50 cm	0.67
AZU-12	0-20 cm	0.91
AZU-11	40/56-63 cm	0.98
AZU-03	63-90 cm	1.03
AZU-07	50-85 cm	1.31
AZU-06	15-40 cm	1.64
AZU-08	70/83-110 cm	1.74

CONCLUSIONES. Se espera obtener valores de granulometría de 10 a 30 con clases texturales de franco-arenoso. Al igual que los valores de densidad real estén en un rango de 2.5 a 2.8 g/cm^3 para corroborar la porosidad de los suelos muestreados. de acuerdo con los valores de pH debajo de 5.5 sugieren la ocurrencia de aluminio, exceso de manganeso, así como de elementos como el hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn)(Castellanos, 2000).

REFERENCIAS.

1. Arreguín, C. F., Chávez, G. R., Soto, N. P., Smedley, P., & contactar, A. (2009). Una revisión de la presencia de arsénico en el agua subterránea en México. Revista Tlaloc Asociación Mexicana de Hidráulica, 45. https://www.researchgate.net/publication/369196736_Una_revision_de_la_presencia_de_arsenico_en_el_agua_subterranea_en_Mexico_Revista_Tlaloc_Asociacion_Mexicana_de_Hidraulica_No_45_Oct_Dic_2009
2. Becerril, J. M., Barrutia, O., García Plazaola, J. I., Hernández, A., Olano, J. M., & Garbisu, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, 16(2), 50–55. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=481
3. Castellanos, J. Z. (2000). Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas | Intagri S.C. https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas
4. Fao. (2019). LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: UNA REALIDAD OCULTA.
5. FAO, & GTIS. (2016). Estado mundial del Recurso Suelo: resumen técnico. Organización de las Naciones Unidas para la la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo.
6. García, L. (2022). Apuntes de Suelos contaminados (1st ed.). http://www.ingenieria.unam.mx/
7. He, S., He, Z., Yang, X., Stoffella, P. J., & Baligar, V. C. (2015). Soil Biogeochemistry, Plant Physiology, and Phytoremediation of Cadmium-Contaminated Soils. Advances in Agronomy, 134, 135–225. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.06.005
8. Sposito, G. (1994). Chemical equilibria and kinetics in soils. 268.
9. Volke, T. S., Velasco, J. A. T., & de la Rosa, D. A. P. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediacion (Vol. 1).
10. Zeng, F., Ali, S., Zhang, H., Ouyang, Y., Qiu, B., Wu, F., & Zhang, G. (2011). The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. Environmental Pollution, 159(1), 84–91. https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2010.09.019

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824127

DETERMINACIÓN DE CAUDAL, ÁREA DE CAPTACIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE DOS MANANTIALES EN EL MUNICIPIO DE TACAMBARO, MICHOACÁN, MÉXICO

Marcial Reyes Cazarez
1Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; mreyes@itspa.edu.mx

Palabras Clave: Caudal, área de captación, calidad del agua y zona forestal.

RESUMEN. Para la República Mexicana en el reporte de sequía emitido por la Comisión Nacional del Agua, de mayo 31 de 2024 el 89.58% del territorio nacional presenta áreas anormalmente secas, Michoacán presenta el 1.76% de municipios anormalmente secos (D0); 0.89% con sequía moderada (D1); 9.73% sequía moderada (D2) y 87.61% sequia extrema (D3). Ante dichas condiciones, en las que es manifiesta la disminución de precipitación pluvial e incremento de temperaturas, el municipio de Tacámbaro, perteneciente a la Región administrativa IV Balsas, es uno de los municipios que se encuentra en una situación de sequía extrema (D3). Los Manantiales el Limón y el Campamento se encuentran en el espacio territorial del Municipio de Tacámbaro de Codallos, en la zona 14 Q. Datum WGS 84, Latitud 2136414m N, Longitud 244320m E y Altitud 2090msnm; así mismo el Manantial el Limón, en la Latitud 2138635m N, Longitud 245400m E y Altitud 2197msnm. Estos manantiales forman parte de la Red de Humedales ubicados en la cuenca hidrológica Río Tacámbaro. En el caso de la medición de los caudales de los manantiales, El Campamento y el Limón se establece el método de sección – velocidad. Mediante análisis de Imágenes satelitales obtenidas por Google Earth se determina el uso actual de suelo del área de escurrimiento. Se utiliza un equipo multiparamétrico Hanna HI 9829 para obtener los datos correspondientes a los parámetros de temperatura, PH, Oxido Reducción, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Turbidez y Solidos Totales. El área forestal de captación de los manantiales representa el 9% de superficie, respecto el 91% de la superficie de uso agrícola, el manantial el campamento tiene un caudal de 13.1 lts/seg y el manantial el limón 6.4 lts/seg., respecto a la calidad del agua se detectan trazas de agroquímicos y coliformes fecales, los cuales no cumplen con la NOM-127- SSA1-2021.

INTRODUCCIÓN. A nivel mundial los elementos y factores del clima han presentado cambios relevantes en la última década, los ecosistemas día a día sufren alteraciones por cambios antrópicos que ponen en riesgo a cientos de miles de especies por la alteración de los equilibrios ecosistémicos y por múltiples variables respecto a la dinámica de interacción entre los ciclos biogeoquímicos presentes en la atmosfera, litosfera e hidrosfera. Ante las diversas acciones coordinadas a nivel internacional y como parte de las actividades del Monitor de Sequía de América del Norte “NADM” por sus siglas en Ingles, La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a través del Servicio Meteorológico Nacional en el año

2002 inicia en México el Monitor de Sequía en México, siendo hasta el año 2014 que opera de forma autónoma en el territorio nacional, emitiendo información (mapas de sequía) con una periodicidad mensual y a escala de tiempo diferente a la mensual, replicando la metodología del Monitor de Sequía de los Estados Unidos de Norteamérica "USDM" por sus siglas en ingles. Para la República Mexicana en el reporte de mayo 31 de 2024 el 89.58% del territorio nacional presenta áreas anormalmente secas (D0), áreas que pueden estar entrando o recuperándose de la sequía; el 75.96% del territorio con sequía moderada(D1); 57.88% del territorio con sequía severa (D2); 31.18% del territorio con sequía extrema (D3) y el 13.7% del territorio con sequía excepcional (D4). En Michoacán, como entidad federativa perteneciente al territorio nacional y considerando los porcentajes por categoría, el territorio estatal presenta el 1.76% de municipios anormalmente secos (D0); 0.89% de municipios con sequía moderada (D1); 9.73 municipios con sequía moderada (D2) y 87.61% de municipios con sequia extrema (D3). Ante dichas condiciones, en las que es manifiesta la disminución de precipitación pluvial e incremento de temperaturas, se buscan causalidades y se proyectan estrategias desde los municipios que puedan incidir en acciones extraordinarias y sean declaradas como riesgosas en el Plan Municipal de Desarrollo. Es así como el municipio de Tacámbaro, perteneciente a la Región administrativa IV Balsas, es uno de los municipios que se encuentra en una situación de sequía extrema (D3), parte de los municipios que abonan al 87.61% del territorio michoacano.

ANTECEDENTES. Estos manantiales forman parte de la Red de Humedales ubicados en la cuenca hidrológica Río Tacámbaro se ubica en el estado de Michoacán, comprendiendo 14 municipios de manera parcial y uno contenido totalmente dentro de su área; pertenece a la cuenca hidrográfica Río Balsas, dentro de la región hidrológica Balsas (RH18). Tiene una extensión de 5 493.9 km2 y un perímetro de 525.45 km. Su altitud máxima se encuentra en la cima del cerro La Nieve con 3 425 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), y la mínima en el río Chiquito con 188 (msnm), al desembocar en el río Balsas, en el margen sur. Comprende de manera parcial las regiones hidrológicas prioritarias Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas y Cuenca baja del río Balsas. Además, en su interior se encuentra el Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) Tacámbaro.M Se localiza entre las coordenadas extremas 18° 32' 3" y 19° 34' 10" de latitud norte y 100° 52' 34" y 101° 40' 43" de longitud oeste (gráfica A). Al norte limita con la cuenca Lago de Cuitzeo, que pertenece a la RH12 Lerma-Santiago; al noreste con Río Zirahuén; al oeste colinda con Río Cupatitzio y Río Bajo Balsas; al este con Río Cutzamala y al sureste con Río Medio Balsas, todas pertenecientes a la RH18 Balsas. (INEGI, 2020)

OBJETIVO. Determinar el área de captación máxima de los manantiales el limón y campamento, así como el caudal por sección velocidad, medición directa y calidad del agua para identificar las avenidas máximas y factores hidrodinámicos presentes en el polígono correspondiente a la región hidrológica Balsas (RH 18).

MATERIALES Y MÉTODOS. Los Manantiales el Limón y el Campamento se encuentran en el espacio territorial del Municipio de Tacámbaro de Codallos, en la zona 14 Q. Datum WGS 84, Latitud 2136414m N, Longitud 244320m E y Altitud 2090msnm; así mismo el Manantial el Limón ubicado en misma zona y Datum, en la Latitud 2138635m N, Longitud 245400m E y Altitud 2197msnm.

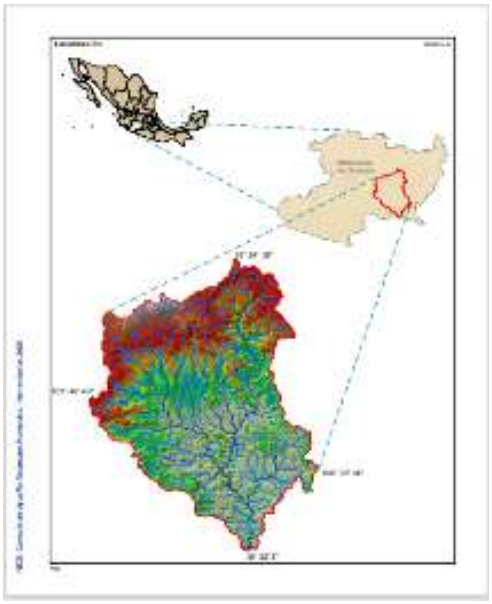


Ilustración 1 *Imagen tomada del Informe técnico de (INEGI, 2020) Río Tacámbaro*

El sistema de topoformas más abundante en la cuenca es la sierra, con llanuras en la parte norte de la cuenca, en la zona alta, donde se localizan las mayores altitudes, mientras que la asociación de esta topoforma con volcanes en la punta más al norte. En esta cuenca los tipos de suelo dominantes son el regosol, leptosol, luvisol, andosol y phaeozem, y en una proporción más pequeña otros grupos menos representativos de la variedad edafológica de la zona. El aforo líquido es un procedimiento técnico que consiste en tomar mediciones sobre cauce que permitan calcular el caudal del mismo. En el caso de la medición de los caudales de los manantiales, El Campamento y el Limón se establece el método de sección – velocidad.

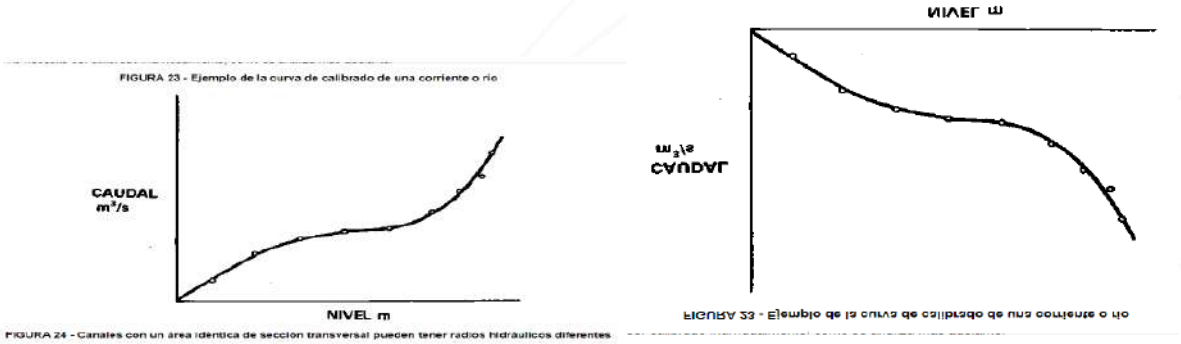


Ilustración 2 *Área de sección transversal con radios hidráulicos diferentes*

Este método es el más usado para aforar corrientes superficiales de agua. Consiste básicamente en medir la velocidad en varios puntos de la sección transversal de una corriente.

$$Q = A \times V$$

Ecuación 1 *Método Sección velocidad*

Donde:
Q = Caudal del agua, en m3 /s
A = Área de la sección transversal, en m2
V = Velocidad media del agua, en m/s

Se utiliza un equipo multiparamétrico Hanna HI 9829 para obtener datos correspondientes a los parámetros de temperatura, PH, Oxido Reducción, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Turbidez y Solidos Totales.



RESULTADOS. En el trabajo de campo para el aforo de los manantiales: El Campamento y El Limón determinamos zonas adyacentes para verificar la vocación y uso de suelo actual de las zonas de captación máxima de ambos manantiales para lo cual establecemos en la siguiente tabla, la vocación de uso de suelo y su ocupación actual.

Sitio	Vocación de Uso de Suelo	Uso de Suelo Actual
Campamento	Forestal	Agrícola
Limón	Forestal	Agrícola

Tabla 1 *Vocación y uso de suelo actual.*

Para el caso del manantial “El Campamento”, la vocación de uso de suelo actual, es superior al 90%, para la producción de cultivos agrícolas, siendo predominante la producción de aguacate, estableciendo que las condiciones de producción y requerimientos hídricos, no corresponden a las proporciones hidrodinámicas de captación del agua renovable que puede brindar la precipitación anual y así mismo los requerimientos hídricos. Así mismo es importante dimensionar las superficies por ocupación de uso de suelo y zonas óptimas de ocupación por vocación de uso de suelo que permiten la infiltración de agua e incrementar los escurrimientos superficiales que determinan el caudal del manantial.

Manantial "El Campamento”			
Polígono de Captación y escurrimiento	Perímetro (m)	Superficie (m²)	Área Polígono (%)
Superficie total	11497	5443824	100
Área Forestal 1 Captación	1119	42077	0.8
Área Forestal 2 Captación	1049	54377	1.0
Área Producción Agrícola	9329	5347370	98.2

Tabla 2 *Coberturas y áreas de uso de suelo "manantial campamento"*

Por otro lado, el manantial “El Limón”, comparte extensión territorial con el manantial “El Campamento” siendo la vocación de uso de suelo superior al 90%, para la producción de cultivos agrícolas, siendo predominante la producción de aguacate, estableciendo que las

condiciones de producción y requerimientos hídricos, no corresponden a las proporciones hidrodinámicas de captación del agua renovable que puede brindar la precipitación anual. Respecto a la vocación y uso actual de suelo, definirá condiciones que contemplen una proporcionalidad del panorama del manantial “El Campamento”, ya que existe una zona de colindancia intermedia entre ambas zonas de captación y escurrimiento, lo cual podremos observar de acuerdo a lo que se expresa en la siguiente tabla.

Manantial "Limón"			
Polígono de Captación y escurrimiento	Perímetro (m)	Superficie (m²)	Área Polígono (%)
Superficie total	10932	8975713	100
Área Forestal 1 Captación	6243	737538	8.2
Área Forestal 2 Captación	5548	691218	7.7
Área Producción Agrícola		7546957	84.1

Tabla 3 *Coberturas y áreas de uso de suelo manantial "El Limón"*

El resultado de los manantiales se cuantifica en la ramificación de los mismos considerando el caudal primario con el numero 1 y el caudal de aporte o secundario con el número 2, cabe destacar que en el caso del manantial el Campamento el caudal secundario presentaba un caudal mayor que el primario, caso contrario del manantial el Limón cuyo aporte secundario era efímero respecto al volumen del caudal principal.

Manantial Campamento 1	Manantial Campamento 2	Manantial Limón 1	Manantial Limón 2
Q= 9.8 lts/seg	Q= 16.4 lts/seg	Q= 12.3 lts/seg	Q= 0.5 lts/seg
Calidad del agua: **Óptima para consumo humano con reservas**	Calidad del agua: **Óptima para consumo humano con reservas**	Calidad del agua: **Óptima para consumo humano, con temperatura variable.**	Calidad del agua: **Óptima para consumo humano con flujo y volumen insuficiente**
Observaciones: **Percolación de pesticidas y presencia de coliformes fecales.**	Observaciones: **Percolación de pesticidas y persistencia de sustancias coloidales.**	Observaciones: **Percolación de pesticidas en grado mínimo y alteración de temperaturas para reproducción de vectores.**	Observaciones: **Perdida de continuidad de flujo.**
Recomendaciones: Análisis hidrológico de importancia en restauración	Recomendaciones: Análisis hidrológico de importancia en restauración	Recomendaciones: Análisis hidrológico de importancia en restauración	Recomendaciones: Análisis hidrológico de importancia en restauración

Tabla 4 *Aforo y determinación de calidad del agua de los manantiales el limón y campamento.*

Respecto a la presencia de contaminación de agua por agroquímicos, se considera por los valores determinados por el análisis con el equipo multiparamétrico, determinando el valor mínimo en 4386 Ohm-cm y el valor máximo 12500 Ohm-cm, dichos valores representan la resistencia o resistividad del agua, es una medida que refleja la concentración total de partículas cargadas presentes en una solución, sin distinguir entre tipos específicos de iones.

CONCLUSIONES. El área de captación y la zona de cubierta forestal respecto a la agrícola, representa coberturas con densidades de cobertura inferiores a la cosecha hídrica, respecto a la demanda para productividad agrícola, los agroquímicos y pesticidas más abundantes se clasifican en organoclorados, organofosforados, herbicidas como el tembotrione, glifosato y paraquat, así mismo el uso de estiércoles y abonos de origen animal, no se manejan de forma adecuada, incrementando la presencia de coliformes fecales en aguas de abastecimiento de la red potable a casa habitación. En cuanto al cumplimiento de la NOM-127- SSA1-2021, en cuanto a los plaguicidas clorados se rebasan los limites permisibles de la combinación Aldrin + dieldrin, Cianacida y Endrin, mientras que de los plaguicidas fosforados la Simazina y el Dimetoato rebasan los limites permisibles establecidos por dicha norma, determinados por conductividad electrolítica.

REFERENCIAS.

1. Fabian Montañez M. et.al. (2021). Los servicios ecosistémicos en Michoacán, México: una estrategia de asociación simbiótica del recurso agua y bosques templados. South Florida Journal of Development, Miami, 2(5), 8164-8170. DOI: 10.46932/sfjdv2n5-132.
2. FAO. 1990. International code of conduct on the distribution and use of pesticides. Roma.
3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2020). Cuenca hidrológica Río Tacámbaro: humedales / Informe Técnico. México.42p.
4. Norma Oficial Mexicana. NOM-127-SSA1-2021: Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.
5. Terán, Guerrero. T. D. et al. 2021 memorias de Geofísica Ambiental. Evaluación de los impactos socio-ambientales del uso de glifosato en las Cuencas de Pátzcuaro y Chápala. Atelier Inspira. ISBN. 978-607-99739-0-2. Cd. México. Primera Edición. 122pp.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824128

ANÁLISIS DE PATRONES DE FLUJO Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOQUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

Leopoldo Gómez Sandoval[1], Ruth E. Villanueva Estrada[2], Isabel Israde-Alcántara[3], Rafael Hernández Guzmán[4], Jorge A. Ávila Olivera[5], Nora E. Ceniceros Bombela[6], María del Carmen Cano Correa[7], Luis H. Escalera Vázquez[8]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: 0618418a@umich.mx

2Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia: ruth@igeofisica.unam.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: isabel.israde@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: rafael.hernandez@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: alejandro.avila@umich.mx

6Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia: nora@igeofisica.unam.mx

7Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia: mccanocorrea@gmail.com

8Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: lhescalera@gmail.com

Palabras Clave: Familias de agua, cuenca tectónica, minerales silicatados.

RESUMEN. Esta investigación tiene como objetivo utilizar datos fisicoquímicos y la geoquímica de iones mayores y menores para identificar y describir los patrones de flujo y las características hidrogeoquímicas del agua subterránea en la cuenca del Lago de Cuitzeo. Durante el periodo 2022-2023 se analizó la calidad del agua en 43 pozos profundos y siete manantiales. Se midieron parámetros fisicoquímicos in situ, así como iones mayores y menores graficándolos en los diagramas D'Amore, Mifflin y Piper. Se identificaron nueve litologías de las rocas y sedimentos por donde transita el agua y que permiten la meteorización de silicatos Ca-Na-Mg. Las fallas geológicas están directamente relacionadas con las direcciones predominantes del acuífero Suroeste-Noroeste. Las zonas principales de recarga se encuentran en el sector suroeste, donde predominan las rocas silicatadas de tipo básico, lo que da lugar a concentraciones de Mg debido a la lixiviación de feldespatos. Los procesos hidrogeoquímicos predominantes incluyen la meteorización de roca silicatada, intercambio iónico, carbonatación, mezcla de agua, disolución de halita, precipitación de calcita y disolución de yeso. Se identificaron los tres sistemas de flujo: 80.39% es flujo de reciente infiltración, 17.64% flujo intermedio y 1.96% flujo de circulación profunda. Es en el sector centro de la cuenca donde se llevan a cabo la mayoría de los procesos hidrogeoquímicos mencionados. La extracción de agua subterránea en la cuenca donde se concentra una población de más de un millón de habitantes ha provocado fenómenos de subsidencia-creep en las fallas, siendo más acentuado en la zona norte de la ciudad de Morelia donde se extrae el recurso hídrico de acuíferos intermedios.

INTRODUCCIÓN. El agua subterránea adquiere su composición química de la interacción con el tipo de roca a través de las cuales transita (Freeze & Cherry, 1979), mientras que los

sistemas de flujos son un mecanismo de transporte y distribución de estas interacciones químicas que se representan en patrones espaciales dentro de una cuenca (Toth, 1999). La interacción química del agua con la roca produce la liberación de ciertos elementos como producto de reacciones químicas predominantes tales como la disolución/precipitación, oxidación/reducción, intercambio iónico, procesos de mezcla, entre otros. En estos sitios donde la energía mecánica es alta, las masas de agua se mueven de un sitio a otro, llevando toda la carga mineral producto de estas interacciones químicas. Estos movimientos del agua subterránea estarán en función de la configuración del subsuelo y de las fallas geológicas presentes, entre otros aspectos (Toth, 1999). La conjunción de la hidrogeoquímica con el sistema de flujo de agua subterránea originado, inicialmente introducido por (Toth, 1963), se ha convertido en una herramienta en el campo de la hidrogeología, los procesos hidrogeoquímicos, las familias de agua y los entornos geológicos recorridos.

ANTECEDENTES. En la cuenca del Lago de Cuitzeo se han llevado a cabo investigaciones sobre la geoquímica en las zonas geotermales al norte de la cuenca (Alfaro et al., 2002; Segovia et al., 2005) y sobre los patrones de flujo en el centro-suroeste de la cuenca (Pérez-Villareal, 2018). La cuenca abarca aproximadamente 4,025 km² (Hernández Guzmán et al., 2021) y hay más de 50 estructuras volcánicas, con una amplia variedad de formas, incluyendo conos de escoria, conos de lava, volcanes de semi-escudo y flujos de lava fisúrales (Gómez-Vasconcelos et al., 2021). El uso del agua para fines agrícola (53.69%) y urbano (40.21%) generan un déficit de agua de -39,897,596 m³/año (CONAGUA, 2024b).

OBJETIVO. El objetivo de esta investigación es utilizar datos fisicoquímicos y la geoquímica de iones mayores de pozos y manantiales para identificar y describir los patrones de flujo de agua subterránea, los tipos de agua, los procesos de interacción agua-roca y los ambientes geológicos por los cuales ha transitado el agua en la cuenca volcánica del Lago de Cuitzeo en el centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS. En 17 municipios que conforman la cuenca del Lago de Cuitzeo, se muestrearon 50 sitios (siete manantiales y 43 pozos profundos) tanto en la temporada de lluvias y estiaje durante el año 2022 y 2023. Para cada sitio se midieron parámetros fisicoquímicos in situ (pH, conductividad eléctrica y temperatura de descarga) con un multiparamétrico electrónico portátil marca HANNA. El análisis químico de iones mayores y menores en agua (Na+, K+, Ca2+, Mg2+, F-, Cl-, SO42-) se realizó mediante la técnica de cromatografía iónica. El análisis de Al y Si se realizó mediante la técnica de plasma acoplado inductivamente, en un equipo ICP-OES SVDV Agilent modelo 5100. Para clasificar los sistemas de flujo de agua subterránea se utilizó la metodología de Mifflin (1988). Adicionalmente, para explicar los procesos de interacción agua-roca, que dan origen a la química del agua en la cuenca del Lago de Cuitzeo, se evaluó mediante el diagrama D'Amore (D' Amore et al., 1983). Para clasificar el tipo de agua se usó el diagrama propuesto por Piper (1944). Para conocer los índices de saturación se utilizó el programa PHREEQC Interactive, versión 3.3.7-11094.

RESULTADOS.

Tipos de agua. Se identificaron 10 tipos de agua (en función al catión dominante). En general, todas las aguas muestreadas son de tipo bicarbonatado, donde en algunos sitios predomina el sodio como catión (Na-HCO_3 34.8%), y en otros sitios predomina el magnesio (Mg-HCO_3 1.96%). El resto (63.24%) corresponde a aguas cuya química revela posibles procesos de intercambio iónico o mezcla con otro tipo de aguas (sulfatadas). Existe intercambio cationico dominante de acuerdo con la dirección de flujo subterráneao de la cuenca, el cual es SW-NE. Al suroeste el catión dominante es el Mg^{2+}, el cual es sustituido por el Ca^{2+}, y al noroeste el Ca^{2+} es sustituido por el Na^{+} (Fig. 1).

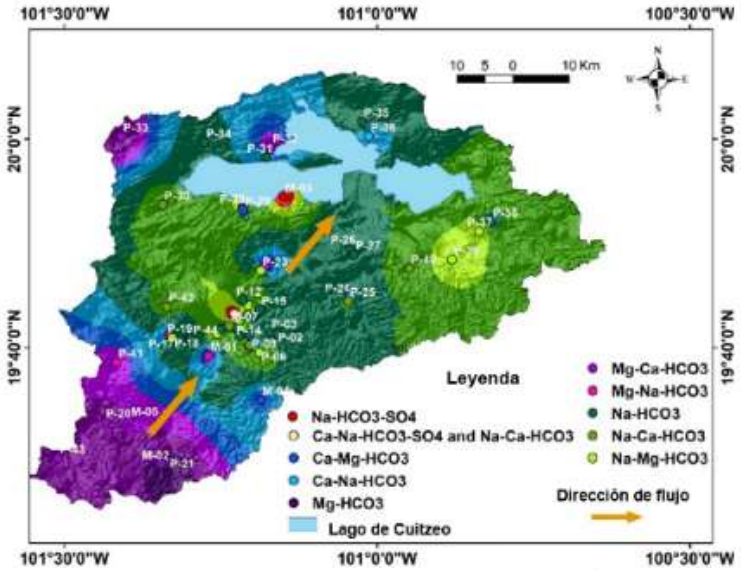


Figura 1. *Tipos de agua en la cuenca. Se identificaron 10 tipos de agua en función al catión dominante*

Fases minerales saturadas y supersaturadas. Los minerales supersaturados incluyen Ca-montmorillonita, illita, caolinita, K-feldespato, sepiolita, sepiolita (d), cuarzo, calcedonia, calcita y alunita, estos minerales tienden a precipitarse e. Por otro lado, los minerales subsaturados tienden a disolverse, y entre ellos se encuentran la albita, anortita, sílice, halita, anhidrita y yeso.

Procesos de Interacción agua-roca. El análisis geoquímico, la geología del sitio complementada con los índices de saturación, los diagramas de Piper (Piper, 1954) y de D' Amore (D' Amore et al., 1983) sugieren que los 10 tipos de agua (en función al catión dominante) han transitado por 9 ambientes geológicos distribuidos en la cuenca y que los procesos hidrogeoquímicos predominantes incluyen la meteorización de roca silicatada, intercambio iónico, carbonatación, mezcla de agua, disolución de halita, precipitación de calcita y disolución de yeso.

Sistemas de flujo de agua subterránea. Se identificaron los tres tipos de flujo de agua subterránea (Fig. 2). El 80.39% del agua en la cuenca pertenece a flujo de reciente infiltración, el 17.64 % al flujo intermedio y el 1.96 % a flujo de circulación profunda. El flujo de reciente infiltración es el más susceptible a contaminación antropogénica debido a su corto recorrido por el subsuelo (Burri et al., 2019). El flujo intermedio se enceuntra asociado a las zonas de subsidencia reportadas en Morelia (Ávila-Olivera, 2008) en este y otros trabajos (Pérez-Villarreal et al., 2018). Debido a lo anterior, se sugiere que la subsidencia reportada anteriormente se encuentra relacionada con la extracción de agua de sistemas

de flujo intermedio que transitan secuencias de sedimentos lacustres y/o fluviolacustres. El flujo profundo es debido al termalismo en la zona, donde fluidos calientes y profundos viajan a travéz de las fallas geológicas en donde se encuentran con fluidos frios de receinte infiltración, generando una mezcla de agua (Segovia et al., 2005) que aflora en un manantial en San Agustín del Maíz, Copandaro.

Sectores en la cuenca del Lago de Cuitzeo. La sectorización propuesta integra los procesos hidrogeoquímicos determinados a partir del diagrama de D'Amore (1983), los sistemas de flujo según Mifflin (1988), el tipo de agua determinado en el diagrama de Piper (1954), las características fisicoquímicas tomadas in situ y las fallas geológicas de la zona de estudio. Se identificaron cinco sectores en la cuenca del Lago de Cuitzeo, que se describen a continuación:

Suroeste: Sistema de flujo de reciente infiltración y meteorización de olivino y anortita.
Sureste: Sistema de flujo de reciente infiltración y meteorización de albita y anortita.
Norte: Sistema de flujo intermedio y meteorización de albita y anortita
Oeste: Sistema de flujo reciente y meteorización de albita
Centro: Sistema de flujos Tothiano, meteorización de silicatos de Ca-Mg-Na, mezcla de agua, termalismo, disolución de yeso y precipitación de calcita.

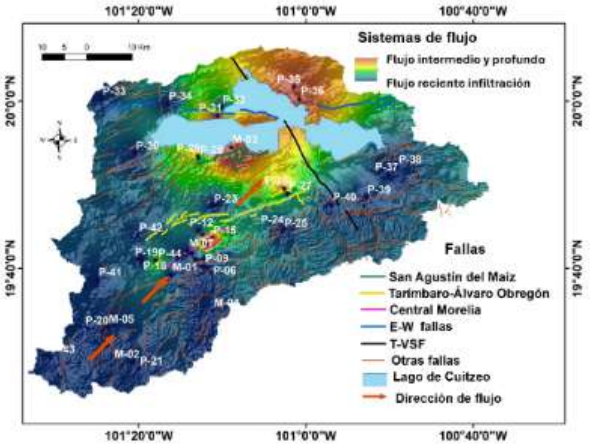


Figura 2. *Distribución de los sistemas de flujo en la cuenca.*

CONCLUSIONES. La distribución espacial de los sistemas de reciente infiltración permite identificar las áreas de la cuenca más vulnerables a la contaminación antropogénica. La relación entre los flujos intermedios y la subsidencia revela los efectos negativos de la extracción de este sistema de flujo. Para prevenir fenómenos de subsidencia en la cuenca, se recomienda realizar una extracción controlada de los sistemas de reciente infiltración sin afectar el sistema intermedio, especialmente en las áreas urbanas más pobladas. Un ejemplo destacado es la ciudad de Morelia, la más poblada de la cuenca con 849,053 habitantes (INEGI, 2024), donde ya se ha reportado subsidencia.

REFERENCIAS.

1. Alfaro, R., Martínez, V., Segovia, N., Peña, P., López, M., Armienta, M., Rangel, J., Seidel, J. (2002). Radon behavior in springs and wells around Cuitzeo lake, Lerma river basin, Mexico. Geofísica Internacional, 41(4), 439-445.
2. Ávila-Olivera, J. A., & Garduño-Monroy, V. H. (2008). A GPR study of subsidence-creep-fault processes in Morelia, Michoacán, Mexico. Engineering Geology, 100(1-2), 69-81.

3. Burri, N. M., Weatherl, R., Moeck, C., & Schirmer, M. (2019). A review of threats to groundwater quality in the anthropocene. Science of The Total Environment, 684, 136-154.
4. CONAGUA. (2024). Actualización de la desponibilidad media anual de agua en el acuifero Morelia-Queréndaro (1602), Estado de Michoacán. Retrieved from
5. D'Amore, F., Scandiffio, G., & Panichi, C. (1983). Some observations in the chemical classification of ground waters. Geothermics, 12(2-3), 141-148.
6. Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. New Jersey: Prentice-Hall.
7. Gómez-Vasconcelos, M., Avellán, D., Soria-Caballero, D., Macías, J., Velázquez-Bucio, M., Jiménez-Haro, A., Israde-Alcántara, I., Garduño-Monroy, V.H., Ávila-Olivera, J.A., Figueroa-Soto, Á.G., Cisneros-Máximo, G., Cardona-Melchor, S. (2021). Geomorphic characterization of faults as earthquake sources in the Cuitzeo Lake basin, central México. Journal of South American Earth Sciences, 109, 103196.
8. Hernández-Guzmán, R., Ruiz-Luna, A., & Mendoza, E. (2021). Sara4r: an R graphical user interface (GUI) to estimate watershed surface runoff applying the NRCS – curve number method. Journal of Hydroinformatics, 23 (1), 76–87.
9. INEGI. (24 de 07 de 2024). INEGI. Censo de población y vivienda 2020. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/default.html?texto=Morelia
10. Mifflin, M. (1988). Region 5, Great Basin. En W. Back, J. S. Rosenshein, & P. R. Seaber (Eds), Hydrogeology (69-78). Geological Society of America.
11. Pérez-Villarreal, J., Ávila-Olivera, J. A., & Israde-Alcántara, I. (2018). Análisis de los sistemas de flujo en un acuífero perturbado por la extracción de aguas subterráneas. Caso zona Morelia-Capula, Michoacán. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 70(3), 675-688.
12. Piper, A. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. EOS, Transactions American Geophysical Union, 25, 914-928.
13. Segovia, N., Barragan, R. M., Tello, E., Alfaro, R., & Mena, M. (2005). Geochemical Characteristics and 222Rn Measurements at Cuitzeo Basin (Mexico) Thermal Springs and Artesian Wells. Proceedings World Geothermal Congress 2005, 1-6.
14. Toth, J. (1999). Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. Hydrogeology Journal, 7, 1-14.
15. Tóth, J. (1963). A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins. Journal of Geophysical Research, 68(16), 4795-4812.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824129

EVALUACIÓN DE SENSORES DE BAJO COSTO PARA EL MONITOREO DE PARTÍCULAS $PM_{2.5}$ EN LA CIUDAD DE MORELIA

Andres Castro-Chacón[1], Alejandra Castro-Carranza[2]
1Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra – UNAM andres.caschac@gmail.com

2Laboratorio Internacional de Dispositivos Electrónicos Ambientales, LAIDEA – UNAM accarranza@enesmorelia.unam.mx

Palabras Clave: Contaminación del aire, sensores de bajo costo, partículas PM2.5.

RESUMEN. En este trabajo de investigación, se evaluó el desempeño de dos sensores de bajo costo para el monitoreo de partículas atmosféricas con diámetros menores a 2.5 micrómetros (PM2.5), identificadas como uno de los principales contaminantes del aire en la capital del estado de Michoacán. El análisis de desempeño de los sensores modelo PA-II de la marca Purpleair, se realizó de manera conjunta con dos estaciones de grado regulatorio en la ciudad, aplicando las métricas recomendadas por la US-EPA. Los monitores de bajo costo mostraron ser capaces de reproducir la variabilidad temporal de las PM2.5 (R2: 0.51, 050 y 0.82, 0.82; RMSE: 10.28, 10.59 y 6.99, 7.27 µg/m3; para los datos de 1 y 24 horas, respectivamente), sobreestimando las concentraciones registradas por los equipos de referencia especialmente durante periodos de alta humedad relativa. Adicionalmente, se realizó un análisis del impacto de la humedad y la temperatura en los datos obtenidos; se identificó a la humedad atmosférica como el principal responsable de la sobreestimación de la concentración y que temperaturas entre 20°C y 25°C, y humedad relativa entre 35% - 45% son condiciones óptimas para la operación de los equipos. Finalmente, se construyó un modelo de corrección para los datos de monitoreo, disminuyendo el error hasta por un 42%.

INTRODUCCIÓN. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha identificado a las partículas con diámetros iguales o menores a 2.5 µm como el contaminante del aire con mayor toxicidad para el ser humano (WHO, 2021). Estas partículas son capaces de ingresar al tracto respiratorio profundo, incluso hasta la región alveolar, donde se realiza la transferencia de oxígeno hacia el torrente sanguíneo. Debido a su composición compleja, las PM2.5 pueden causar efectos adversos a la salud como la disminución en la esperanza de vida relacionada con la deficiencia cardiopulmonar, cáncer de pulmón, eventos cerebrovasculares, entre otras enfermedades (WHO, 2021). El monitoreo de la calidad del aire con propósitos regulatorios se hace a través de estaciones de referencia (EMR), las cuales cuentan con analizadores para los diferentes contaminantes. Estos equipos utilizan distintas técnicas analíticas de detección y cuantificación automática para los distintos contaminantes y cuentan con certificaciones de operación para garantizar la precisión y exactitud. Debido a su gran sensibilidad, estos equipos requieren de condiciones de operación específicas y un continuo mantenimiento y calibración (al menos una vez al año para monitores de partículas y con mayor frecuencia para analizadores de gases), el cual

debe ser realizado por personal altamente calificado. Esto hace que los costos de instalación, operación sean muy elevados, al menos 100 mil USD (~ 2 millones de pesos mexicanos) por estación (Gryech et al., 2020). Los monitores con sensores de bajo costo surgieron como una alternativa más accesible para el monitoreo de la calidad del aire. Los monitores están constituidos por sensores microelectrónicos acoplados a un microprocesador el cual es el encargado de transformar la señal eléctrica emitida por los sensores en la concentración en masa del contaminante. El costo de este tipo de tecnología suele rondar los mil dólares americanos (< $20,000 pesos mexicanos) (Kang et al., 2022). Este tipo de desarrollos tiene como propósito el motivar a las personas a instalar monitores para estar al tanto de la calidad del aire en sus hogares y vecindarios y, poco a poco, también han sido adoptados con fines de investigación. No obstante, estos equipos suelen carecer de la precisión y exactitud que poseen las estaciones de monitoreo regulatorio, por lo que la comunidad científica y algunos organismos regulatorios recomiendan evaluar su desempeño para asegurar la calidad de los datos generados y garantizar su buena interpretación (Giordano et al., 2021).

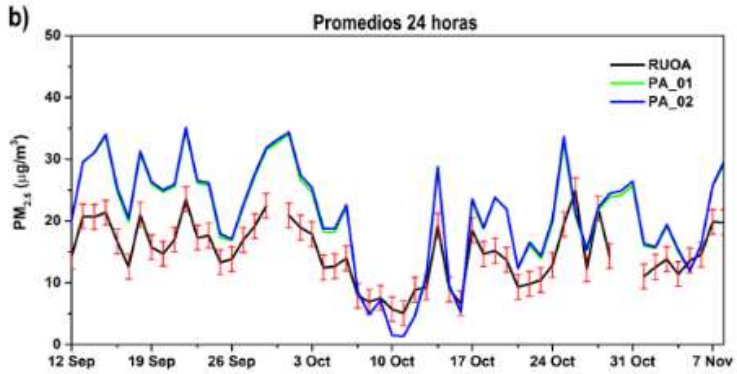
ANTECEDENTES. El sistema de monitoreo de la calidad del aire del estado de Michoacán está conformado por tres estaciones de monitoreo automático que se encuentran instaladas en la ciudad de Morelia. Una está ubicada en el palacio municipal, en el centro histórico de la ciudad (ECH), y es gestionada por la Secretaría de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del H. Ayuntamiento de Morelia. Otra se encuentra en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (ECU) y es gestionada por la misma entidad. Finalmente, la tercera estación está instalada en el Laboratorio Estatal de Salud Pública (LAB) y es administrada por la Comisión Estatal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Estas estaciones de monitoreo fueron instaladas en los años 2005, 2013 y 2015, respectivamente y cuentan con equipos para el monitoreo de los contaminantes criterio de la OMS. Actualmente, la estación ECU solo se encuentra monitoreando PM2.5 y dióxido de nitrógeno (NO_2) de manera intermitente, mientras que la estación LAB está fuera de operación. En el informe del 2020 (INECC, 2022), se destaca que la ciudad de Morelia contó con poca disponibilidad de información para realizar un análisis robusto de la calidad del aire. Combinando la información disponible de las estaciones ECH y ECU, se concluyó que las PM2.5 y el ozono (O_3) fueron los contaminantes que, durante ese año, no cumplieron con los límites normados, mientras que para los demás contaminantes no se contó con la cantidad suficiente de datos para su análisis y evaluación. Estos resultados fueron similares a los ya presentados con anterioridad en los reportes anuales de la calidad del aire publicados por el ayuntamiento de Morelia, en donde, específicamente, se identifica a las PM2.5 como una principal amenaza debido a las continuas emisiones del parque vehicular y los incendios forestales en la región (Arroyo et al., 2010; Ayuntamiento De Morelia, 2017; Correa García, 2020). Bajo el contexto anterior, algunas alternativas al monitoreo regulatorio, como lo son los sensores de bajo costo, han llamado la atención los ciudadanos y de la comunidad científica. Sin embargó, en Morelia aún no existen estudios sobre el desempeño de este tipo de dispositivos, los cuales son indispensables para conocer las ventajas y retos de su aplicación para el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad.

OBJETIVO. Evaluar el desempeño de sensores de bajo costo como herramienta complementaria de monitoreo de partículas PM2.5 en Morelia.

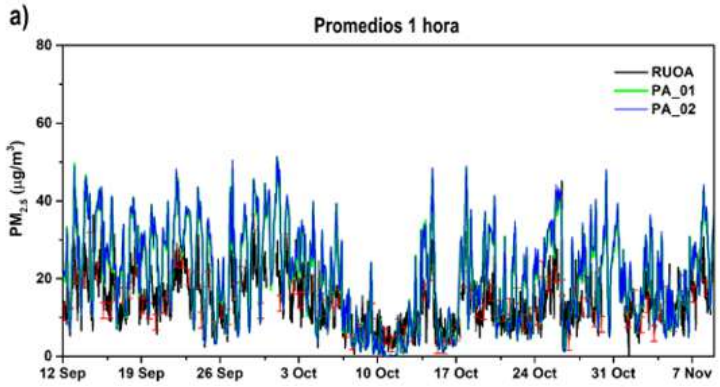
OBJETIVO ESPECÍFICOS: Evaluación de precisión y exactitud en comparación con los datos de estaciones de monitoreo de referencia. Analizar el impacto de las variables ambientales en el desempeño de los equipos. Evaluar la aplicación de un modelo de corrección para los datos de monitoreo de bajo costo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Dos monitores de bajo costo modelo PA-II de la marca *Purpleair* (PurpleAir Inc, 2023), los cuales consisten en contadores óticos de partículas acoplados a un microprocesador. Fueron evaluados siguiendo las métricas recomendadas por la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos (US-EPA) (Rachelle Duvall et al., 2021). La evaluación se dividió en dos fases. La primera fase de evaluación se llevó a cabo al sur de la ciudad, en el Observatorio Atmosférico de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) unidad Morelia, de la UNAM, el cual pertenece a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) (RUOA, 2023). Ambos equipos (PA_01 y PA_02) operaron simultáneamente con el equipo de grado regulatorio de la estación (monitor de atenuación de radiación beta *Thermo Shientific* FH62C14), por un total de 58 días completos (del 12 de septiembre al 8 de noviembre del 2023). Durante la segunda fase de evaluación, y con el propósito de conocer los efectos de un sitio completamente urbano, un sensor de bajo costo (PA_01) fue desplegado al centro histórico de la ciudad, instalándolo en el Centro Cultural UNAM (CCU) (del 16 de noviembre 2023 al 21 de marzo 2024). Durante esta fase, se repitió la evaluación del desempeño utilizando los datos de monitoreo de la estación de calidad del aire del ayuntamiento de la ciudad (monitor de atenuación de radiación beta BAM1020 *Met One Instrumets*), ubicada a 1.2 km de distancia. Finalmente, se utilizaron los datos acumulados de ambas fases de evaluación del sensor ubicado en la ENES Morelia para la construcción de un modelo de corrección empírico, al aplicando una serie de combinaciones lineales de parámetros del monitoreo siguiendo un modelo de correlación lineal multivariable. Todas las bases de datos generadas pasaron por criterios de limpieza para posteriormente ser validadas y procesadas. Las bases de datos finales se construyeron a partir del cálculo de las concentraciones de 1 y 24 horas.

RESULTADOS. En la Figura 1 (a) y (b) se muestran las series de tiempo con datos de 1 y 24 horas, respectivamente durante la primera fase de evaluación. Se puede observar que las lecturas de los monitores de bajo costo logran seguir la tendencia de los datos recolectados por la estación RUOA More, sin embargo, los monitores PA tienden a sobrestimar las concentraciones de $PM_{2.5}$ durante todo el periodo de prueba.
En los datos de 1 hora, se observa que la sobrestimación ocurre aproximadamente a concentraciones mayores a 20 $\mu g/m^3$.



Las concentraciones promedio durante la fase de prueba fueron de 14.26 µg/m^3 y 20.66 µg/m^3 para la estación RUOA More y los monitores PA, respectivamente.



En la Tabla 1 se encuentran resumidos los parámetros de las regresiones lineales, así como el RMSE, desviación estándar (DE) y coeficientes de variación (CV) para los datos de 1 y 24 horas. El monitor con mejor exactitud fue el PA_01 con RMSE de 10.28 µg/m^3 para los datos de 1 hora y 6.99 para los de 24 horas. La desviación estándar entre las mediciones de ambos monitores PA también disminuye entre la de los promedios de 1 hora de 0.29 µg/m^3 a 0.20 µg/m^3 para los promedios de 24 horas con coeficientes de variación de 1.39% y 0.95%, respectivamente.

Tabla1. *Parámetros de evaluación de desempeño de los monitores PA durante la fase de prueba.*

Promedios de 1 hora						
	R^2	**m**	**b (µg/m^3)**	**RMSE (µg/m^3)**	**DE (µg/m^3)**	**CV (%)**
PA_01	0.51	1.19	3.14	10.28	0.29	1.39
PA_02	0.50	1.20	3.19	10.59		
Promedios de 24 horas						
	R^2	**m**	**b**	**RMSE**	**DE**	**CV**
PA_01	0.82	1.57	-3.21	6.99	0.20	0.95
PA_02	0.82	1.59	-3.24	7.27		
Recomendaciones US-EPA						
	R^2	**m**	**b**	**RMSE**	**DE**	**CV**
	>0.7	1±0.35	-5 a +5	≤ 7	< 5	< 30

Los resultados de la segunda fase de evaluación son resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. *Parámetros de evaluación de desempeño del monitor PA_01 (sitio CCU) y PA_02 (sitio RUOA More) durante la fase de despliegue.*

			Promedios 1 hora	
	R^2	**m**	**b (µg/m³)**	**RMSE (µg/m³)**
PA_01	0.65	1.10	-2.21	7.22
PA_02	0.55	1.13	2.64	10.40
			Promedios 24 horas	
	R^2	**m**	**b (µg/m³)**	**RMSE (µg/m³)**
PA_01	0.91	1.42	-8.32	3.35
PA_02	0.82	1.48	-2.12	5.12
			Recomendaciones US-EPA	
	R^2	**m**	**b (µg/m³)**	**RMSE (µg/m³)**
	>0.7	1±0.35	-5 a +5	≤ 7

Los valores calculados del RMSE para la evaluación de exactitud entre el sensor PA_01 y el equipo de la estación ECH fueron de 7.22 µg/m^3 y 3.35 µg/m^3 para los datos promedio de 1 y 24 horas, respectivamente. Ambos resultados son menores a los calculados para el mismo dispositivo durante la fase de prueba, mientras que los parámetros calculados para el monitor PA_02 en el sitio RUOA More fueron similares a los obtenidos en la fase de prueba. El mejoramiento en el desempeño del monitor de bajo costo, PA_01, puede deberse a distintos factores. El mayor número de datos considerados durante la fase de despliegue, un incremento en las concentraciones de $PM_{2.5}$ en comparación con el sitio de la fase de prueba, el número y tipo de fuentes de emisión y las condiciones meteorológicas pueden influenciar en el desempeño del sensor. Se utilizó la base de datos completa del monitor de bajo costo PA_02 (instalado en el sitio RUOA More), que contempla ambos periodos de evaluación para realizar un análisis más profundo del efecto de la humedad y la temperatura.

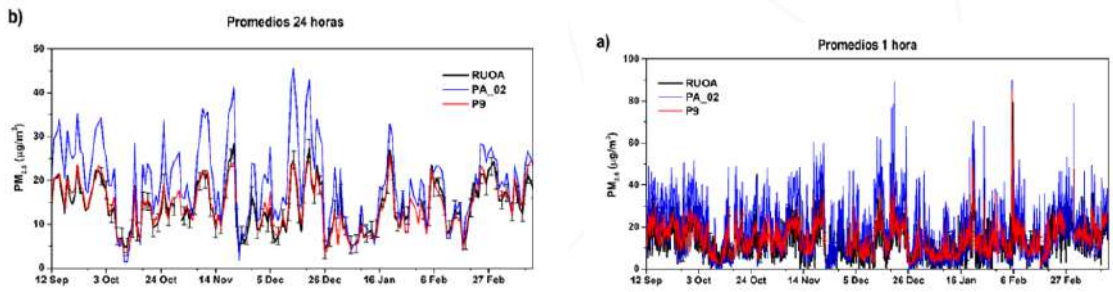
Los datos fueron categorizados según temperatura (cada 5° C), y según humedad relativa (cada 10%), y se analizó la correlación lineal entre el monitor PA y el analizador de la RUOA para cada categoría. Se identificó que en rango de temperatura donde se obtuvo un mejor desempeño fue de 20°C a 25°C, mientras que el rango de HR con mejor correlación lineal fueron dos categorías, 30% a 40% y de 40% a 50%, concluyendo en que humedades entre 35% y 45% fueron las condiciones óptimas durante las dos fases de evaluación. Estos resultados coinciden con las condiciones internas estándar (HR ~ 35%) en las que los equipos de monitoreo regulatorio suelen operar para evitar evaporación de compuestos volátiles o absorción de agua y que los resultados puedan ser comparables con los demás métodos de referencia, como el muestreo en filtros y cuantificación gravimétrica, donde los filtros deben ser acondicionados a temperatura y humedad estandar. A partir de los datos del monitoreo del sensor PA_02 adquiridos durante las dos fases de la evaluación para un total de 190 días, se construyeron 10 distintas configuraciones de modelos de regresión lineal multivariable. Se utilizaron la temperatura, T; la humedad relativa, HR; la temperatura del punto de rocío, DP; y la concentración de $PM_{2.5}$ del monitor PA_02, PA; como variables predictoras. El modelo de corrección con el mayor desempeño es descrito a partir de la ecuación 1.

$$PA_{corr} = 1.0061 + 0.7707\,PA + 0.1888\,T - 0.0179\,HR + 0.0074\,(PA \times T) - 0.0045\,(PA \times HR) \quad (1)$$

Donde PA_{corr}, es el valor corregido de la concentración de $PM_{2.5}$. El modelo identificado como P9 fue aplicado al conjunto de datos completos promedios de 1 hora del sensor PA_02 y posteriormente, dicho conjunto fue utilizado para calcular los promedios de 24 horas. Las series de tiempo de los datos corregidos, junto con la serie de tiempo de los registros de la estación de referencia, se muestran en la Figura 3.

Tras evaluar la aplicación del modelo, se obtuvo una disminución del RMSE de hasta 42% (de 10.65 µg/m^3 a 4.49 µg/m^3) para los datos promedios de 1 hora y del 32% (de 4.42 µg/m^3 a 1.44 µg/m^3) para los datos promedio de 24 horas.

En este estudio no se aplicó ningún modelo que incorpore parámetros relacionado con la composición y/o propiedades ópticas de las partículas $PM_{2.5}$. Aunque los resultados obtenidos al aplicar modelos empíricos para la corrección de los datos son comparables con los obtenidos en otros estudios (Barkjohn et al., 2021; Malings et al., 2019; Tryner et al., 2020), la ecuación 13 es única para el sitio y rangos de temperatura y humedad con los cuales se entrenó el modelo. Es altamente recomendable incorporar estos parámetros a las metodologías de corrección para aumentar el desempeño de los modelos, cuando la información sea disponible. De no ser el caso, como en el presente estudio, deberá garantizarse la transparencia sobre la aplicación de cualquier modelo de corrección, así como la disponibilidad de las bases de datos crudas y corregidas.



CONCLUSIONES. Dos sensores de bajo costo para el monitoreo de partículas PM2.5 fueron evaluados utilizando las recomendaciones de la US-EPA. Ambos sensores mostraron ser capaces de reproducir la variación temporal de los equipos de grado regulatorio, sobrestimando la concentración principalmente durante periodos de alta humedad ambiental. Al analizar el efecto de los parámetros ambientales, se identificaron rangos óptimos de temperatura y humedad para la operación de los sensores de bajo costo. Utilizando las bases de datos acumuladas durante las dos fases de evaluación, se construyó un modelo de corrección de los datos, disminuyendo el RMSE hasta un 42% rala los datos de 1 hora. El desarrollo de este proyecto permitió explorar e incentivar el desarrollo del estudio de la calidad del aire y de las ciencias atmosféricas en la región a través del Laboratorio de Dispositivos Electrónicos Ambientales (LAIDEA) de la ENES unidad Morelia de la UNAM, compartiendo los objetivos de cooperación y educación de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA). Se espera que los resultados y recomendaciones presentadas sobre el uso de tecnologías de bajo costo para el monitoreo de contaminantes atmosféricos puedan ser utilizados para la planeación de estrategias de educación ambiental, comunicación de la calidad del aire y el continuo desarrollo de las ciencias atmosféricas en la región de Michoacán.

REFERENCIAS.

1. Arroyo, M., Martínez, A., Hugo, V., Figueroa, P., Zirath, I. S., Villaseñor, H., Leonora, D., Bracho, R., En, M., Verónica, C., Bravo, G., José, C., Aguilar Gómez, A., Laura, C., Casillas, E. R., Guadalupe, A., & Cervantes, T. (2010). Estudio de Emisiones y Actividad vehicular en Morelia, Michoacán.
2. Ayuntamiento De Morelia. (2017). INFORME ANUAL DE MONITOREO DEL AIRE EN MORELIA, MICHOACÁN: AÑO 2016.
3. Barkjohn, K. K., Gantt, B., & Clements, A. L. (2021). Development and application of a United States-wide correction for PM2.5 data collected with the PurpleAir sensor. Atmospheric Measurement Techniques, 14(6), 4617–4637. https://doi.org/10.5194/amt-14-4617-2021
4. Correa García, A. (2020). Contaminación atmosférica por incendios forestales en Morelia, Michoacán. Ciencia Nicolaita, 80(08), 56–75.
5. Giordano, M. R., Malings, C., Pandis, S. N., Presto, A. A., McNeill, V. F., Westervelt, D. M., Beekmann, M., & Subramanian, R. (2021). From low-cost sensors to high-quality data: A summary of challenges and best practices for effectively calibrating low-cost particulate matter mass sensors. Journal of Aerosol Science, 158. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105833
6. Gryech, I., Ben-Aboud, Y., Guermah, B., Sbihi, N., Ghogho, M., & Kobbane, A. (2020). Moreair: A low-cost urban air pollution monitoring system. Sensors (Switzerland), 20(4). https://doi.org/10.3390/s20040998
7. INECC. (2022). Informe Nacional de la Calidad del Aire 2020. https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2020.pdf
8. Kang, Y., Aye, L., Ngo, T. D., & Zhou, J. (2022). Performance evaluation of low-cost air quality sensors: A review. In Science of the Total Environment (Vol. 818). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151769
9. Malings, C., Tanzer, R., Hauryliuk, A., Saha, P. K., Robinson, A. L., Presto, A. A., & Subramanian, R. (2019). Fine particle mass monitoring with low-cost sensors: Corrections and long-term performance evaluation. https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1623863
10. PurpleAir Inc. (2023). PurpleAir. https://www2.purpleair.com/
11. Rachelle Duvall, B. M., Clements, A. L., Hagler, G., Kamal, A., Kilaru, V., Goodman, L., Frederick, S., Barkjohn, K. K., VonWald, I., Greene, D., & Dye, T. (2021). Performance Testing Protocols, Metrics, and Target Values for Fine Particulate Matter Air Sensors Use in Ambient, Outdoor, Fixed Site, Non-Regulatory Supplemental and Informational Monitoring Applications.
12. RUOA. (2023). Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos. https://www.ruoa.unam.mx/
13. Tryner, J., L'Orange, C., Mehaffy, J., Miller-Lionberg, D., Hofstetter, J. C., Wilson, A., & Volckens, J. (2020). Laboratory evaluation of low-cost PurpleAir PM monitors and in-field correction using co-located portable filter samplers. Atmospheric Environment, 220, 117067. https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2019.117067
14. WHO. (2021). WHO global air quality guidelines. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824131

EFECTO DE INDUCTORES DE RESISTENCIA SOBRE EL DESARROLLO DE FRUTOS DE AGUACATE DE ÁRBOLES INFECTADOS CON Avsunviroid

Adelaida Stephany Hernández Valencia[1], Daniel Leobardo Ochoa Martínez[1], Luis Mario Tapia Vargas[2], Reyna Isabel Rojas Martinez[1], Sergio Aranda Ocampo[1], Candelario Ortega Acosta[1]

1Instituto de Fitosanidad, Fitopatología, Colegio de Postgraduados. hernandez.adelaida@colpos.mx , ldaniel@colpos.mx , rojas@colpos.mx , saranda@colpos.mx , ortega.candelario@colpos.mx

2Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Uruapan. tapia.luismario@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Viroide, mancha de sol, calidad.

RESUMEN. El aguacate, es una fruta apreciada a nivel mundial tanto por su sabor como por sus beneficios nutricionales. El estado de Michoacán, se posiciona como el principal estado productor de este frutal, sin embargo, enfrenta serios desafíos debido a la infección por fitopatógenos, entre ellos el viroide Avsunviroid albamaculaperseae. Este agente patógeno ha sido identificado como el causante de la enfermedad conocida como "mancha de sol", que afecta significativamente la calidad y el desarrollo de los frutos. A lo largo de las décadas, la identificación y el estudio de este viroide han sido cruciales para entender su impacto y buscar soluciones efectivas para mitigar sus efectos.

INTRODUCCIÓN. El aguacate es afectado por el viroide Avsunviroid albamaculaperseae, antes denominado Avocado sunblotch viroid (ASBVd), agente causal de la enfermedad denominada “mancha de sol”. En 1928 esta enfermedad se consignó como un desorden fisiológico, para el año 1931 se determinó que era de naturaleza transmitible. En 1940 se demostró que este desorden se transmite por injerto y se consideró que podría estar asociado un virus. En los Estados Unidos de Norte America ha sido más frecuente en California que en el estado de Florida, ambos productores de aguacate. Fue hasta el año 1970, en que se pudo determinar que el agente causal era un viroide (Téliz, 2019).

ANTECEDENTES. Este viroide es el fitopatógeno más pequeño que se conoce, pertenece a la familia Avsunvoroidae y se constituye por una molécula circular de RNA monocatenario (Viralzone, 2023). Este viroide se replica y acumula en los cloroplastos, además, cuenta con 62 % de nucleótidos A (adenina) + U (uracilo), presenta una estructura en forma de bastón y no cuenta con protección de alguna cápside ni por proteínas del hospedante (Joubert et al.,2024). Se considera que este viroide se puede encontrar en cualquier lugar del mundo donde se cultive aguacate (EFSA, 2023). Dentro de la sintomatología presente en árboles infectados, se observan lesiones cloróticas en fruto, hojas y/o tallos, aunque en algunos casos pueden permanecer sin clorosis por largos periodos de tiempo con un crecimiento distorsionado y reducción del rendimiento, a dichos árboles se les denomina

como asintomáticos (Joubert et al.,2024). Debido a que la infección del viroide es permanente, representa una pérdida económica importante para el productor por la inversión para el mantenimiento del huerto, como por la disminución de la calidad del fruto. Una de las estrategias para reducir los efectos negativos producidos por la enfermedad, es el uso de inductores de resistencia sistémica. En México se han encontrado huertos de aguacate con una incidencia del 4.5 al 16 % de árboles con síntomas de la mancha de sol, así como un número indeterminado de árboles asintomáticos, por tal motivo la erradicación no es viable (Beltrán, 2008). Dentro de las alternativas de manejo de la enfermedad se propone el uso de inductores y elicitores. Un inductor se define como cualquier sustancia o microrganismo aplicado a una planta con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional y tolerancia al estrés (Du Jardín, 2015). Por otra parte, los elicitores son compuestos capaces de estimular los mecanismos de defensa de las plantas. Los elementos nutricionales como el Ca y Si, se clasifican como elicitores abióticos químicos con compuestos inorgánicos, donde se encuentran las sales o iones (Zehra et al., 2021).

OBJETIVO. El objetivo de esta investigación fue conocer si la aplicación de un inductor de resistencia sistémica junto con la nutrición foliar mejora el desarrollo del fruto, número de frutos y contenido de clorofila en árboles de aguacate infectados con el viroide.

MATERIALES Y MÉTODOS. El experimento se realizó de agosto de 2023 a agosto de 2024 en un huerto de aguacate cultivar 'Hass' injertados sobre criollos mexicanos de 12 años, ubicada en el Municipio de Tancítaro, Michoacán. Se seleccionaron 16 árboles con los síntomas característicos de la mancha de sol y ocho árboles asintomáticos. Para determinar la presencia del viroide en los árboles seleccionados, de cada uno de ellos se recolectó una hoja de cada punto cardinal para obtener una muestra compuesta por árbol. Las hojas fueron trasladadas en bolsas celofán al laboratorio donde se mantuvieron en refrigeración hasta su proceso de extracción de RNA. Se obtuvo RNA total con CTAB 2% NaCl 5 M, pH 5.2. La concentración y calidad del RNA extraído se cuantificó en un Nanodrop®. Para la detección del viroide se realizó RT-PCR iniciadores específicos para *Avsunviroid albamaculaperseae* se diseñaron nuevos primers para ASBVd, F (TCTGTTCCGACTTTCCGACT) y R (CCTGGTTTCGTCAAACAAAG) con una amplificación esperada de 250 pb, El producto de la amplificación se verificó en un gel de agarosa al 1 % teñido con bromuro de etidio en un fotodocumentador (Quantum®) y se envió secuenciar por el método de Sanger (Macrogen Inc. Corea). Por otra parte, a ocho de los 16 árboles de aguacate con síntomas típicos de la mancha de sol se les aplicó mensualmente Virablock 3G 50® como bioestimulante además de K boron Ca® (VB+NF) (Cuadro 1). Los ocho árboles con síntomas restantes fueron los testigos positivos (TP, sin aplicación de los productos antes indicados) y como testigos negativos (TN, no infectados por el viroide) se tuvieron ocho árboles sin síntomas y sin aplicación de productos. En todos los casos cada 30 días se evalúo a) longitud y diámetro de fruto de aguacate con un vernier digital Insize ® modelo1108-150 (cuatro frutos por árbol); b) contenido de clorofila en ocho hojas por árbol con el equipo atLEAF® cuyas lecturas se convirtieron a unidades SPAD y contenido total de clorofila en mg/cm^2; c) número de frutos con ayuda de un contador manual Pretul ® modelo CON-10M. Los datos obtenidos se analizaron como un bifactorial (Fecha y tratamiento), se obtuvieron las pruebas de separación de medias de Tukey, los datos se analizaron en el paquete estadístico SAS Versión 9.0.4.

Nombre comercial	Ingredientes activos	Dosis vía foliar / 25 L de agua
Virablock 3G 50 ®	Terpenoides, alcaloides, polifenoles, ácidos carboxílicos, antioxidantes, salicilato de potasio, taninos, citocininas, auxinas, tiosulfato de calcio y aminoácidos esenciales.	25 mL
K. boron Ca ®	Potasio, calcio, azufre, cobre, boro, extractos vegetales.	50 mL

Cuadro 1. *Productos inductores y dosis utilizada para la aplicación foliar de árboles de aguacate infectados por la mancha de sol.*

RESULTADOS.

Detección del *Avsunviroid albamaculaperseae.* Los fragmentos amplificados por RT-PCR con los iniciadores específicos para el viroide correspondieron al tamaño esperado de 249 pb, los cuales tuvieron una similitud del 97 % con la secuencia reportada por Beltrán en 2013 con un asilamiento es este viroide detectado en Uruapan, Michoacán (No. de acceso KF562705.1). Se obtuvo la amplificación para todos los árboles de los tratamientos VB+NF y TP, así como de tres árboles del TN, a los cuales se les consideró como asintomáticos (TP).

Diametro y longitud de fruto. No se encontraron diferencias estadísticas en el diámetro y longitud de frutos de árboles de los tratamientos TP y VB+NF. El diámetro y la longitud de los frutos de árboles del tratamiento TN fueron 30.74 % y 28.43 % mayores, respectivamente, que los del tratamiento VB+NF y TP (Fig. 1). De acuerdo con las etapas fenológicas en aguacate Hass realizadas por Ávila *et al.,* (2005), los frutos del TN se encuentran en la etapa fenológica 4-5 con un diámetro (5-7 cm verde claro) y una longitud de fruto (4-6.6 cm). Mientras que los tratamientos VB+NF y TP se encuentran en una etapa 3-4 con diámetro (3-4.9 cm) y longitud de (2.4-3.9 cm), por lo que podemos apreciar una visible reducción del tamaño del fruto con síntomas del viroide, sin efecto de los inductores, hasta esta evaluación del experimento.

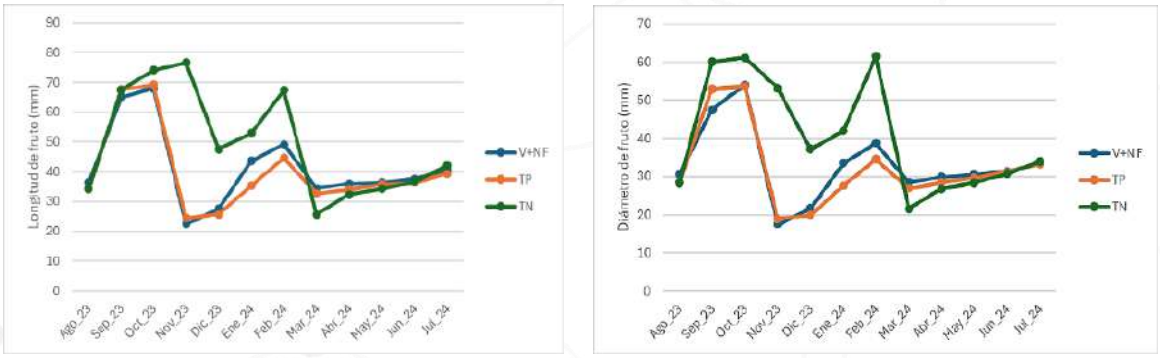


Figura 1. *Valores promedio de las variables longitud y diámetro de fruto de aguacate en los tratamientos VB+NF (Virablock + nutrición foliar), TP (Testigo positivo) y TN (Testigo negativo).*

Unidades SPAD. Se observaron diferencias estadísticas en el contenido de clorofila en unidades SPAD entre los tratamientos evaluados (Fig. 2). Schroeder (1935), señala que este viroide puede provocar disminución sobre el contenido de cloroplastos en las células, lo que trae como consecuencia la reducción en el contenido de clorofila, sin embargo, hasta esta parte de evaluación del experimento no hay diferencia en esta variable. El tratamiento

de V+NF incremento en 2.38 % las unidades SPAD. El índice SPAD es altamente correlacionado con el contenido de clorofila de la hoja (Guimarães *et al.* 1999), identificando la deficiencia de nitrógeno.

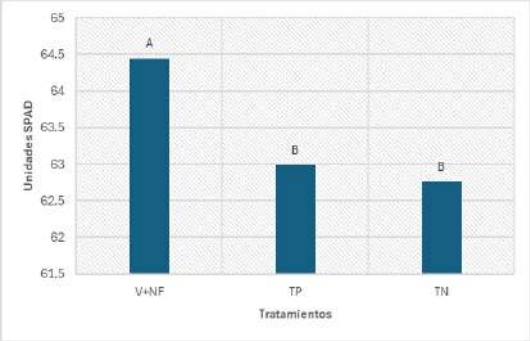


***Figura 2**. Contenido total de clorofila en unidades SPAD en los tratamientos VB+NF (Virablock + nutrición foliar), TP (Testigo positivo) y TN (Testigo negativo).*

AGRADECIMIENTOS. Al CONAHCYT por la beca asignada. Al Productor Antonio Vázquez, dueño del huerto por su apoyo para realizar el experimento, al personal de INIFAP-Campo experimental Uruapan.

REFERENCIAS.

1. Beltrán, P. H .(2008). El viroide de la mancha de sol de aguacate en Michoacán: etiología y distribución local. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 68 p.
2. Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia horticulturae, 196, 3-14.
3. EFSA Panel on Plant Health (PLH), Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Di Serio, F., Gonthier, P., & Reignault, P. L. (2023). Pest categorisation of the Avocado sunblotch viroid. EFSA Journal, 21(7), e08116.
4. Guimarães, T.G., Fontes, P.C.R., Pereira, P.R.G., Alvarez, V.V.H., Monnerat, P.H. (1999). Teores de clorofila determinados por medidor portátil e suarelaçãocom formas de nitrogênioemfolhas de tomateiro cultivado emdois tipos de solo. Bragantia, 58(1): 209-216.
5. Joubert, M. Van den Berg N, Theron J, Swart V. (2024). Global transcriptomic analysis in avocado nursery trees reveals differential gene expression during asymptomatic infection by Avocado sunblotch viroid (ASBVd). Virus Research, 339, 199263.
6. SADER (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural), (2023). Cierra envío de aguacate michoacano con 140 mil toneladas para Super Bowl. https://sader.michoacan.gob.mx/cierra-envio-de-aguacate-michoacano-con-140-mil-toneladas-para-super-bowl/ . (Recuperado: diciembre, 2023).
7. Schoroeder, C. A. (1935). Effects of Sunblotch on the anatomy of the avocado stem. California Avocado Association Yearbook 20:125-129.
8. Teliz, O. D., y Mora A. A. (2019). El aguacate y su manejo integrado. Bibliografía básica de Agricultura.1ra edición. Texcoco, Edo de Mexico. 321 p. Ávila Q G D, Téliz O D., Vaquera H H, González H H, & Johansen-NR. (2005). Progreso temporal del daño por trips (Insecta: Thysanoptera) en aguacate (Persea americana Mill.). Agrociencia, 39(4), 441-447.
9. Viralzone. (2023). Avsunviroidae (taxid:185752). https://viralzone.expasy.org/6917. (Recuperado: abril, 2024).

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824133

NUEVAS TECNOLOGÍAS DE MANEJO SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE AGUACATE EN MÉXICO

Luis Mario Tapia Vargas[1], Adelaida Stephany Hernández Valencia[2], Anselmo Hernández Pérez[1], Magali Ruiz Rivas[1]

1Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Uruapan. tapia.luismario@inifap.gob.mx

2Instituto de Fitosanidad, Fitopatología, Colegio de Postgraduados. hernandez.adelaida@colpos.mx , ldaniel@colpos.mx , rojas@colpos.mx , saranda@colpos.mx , ortega.candelario@colpos.mx

Palabras Clave: calidad de fruto, sostenibilidad, riesgo ambiental.

RESUMEN. En el Estado de Michoacán, el cultivo del aguacate representa la actividad agrícola más importante en cuanto al valor económico de la producción pues alcanza una superficie sembrada de 170 mil hectáreas, la producción de fruto alcanza 2.5 millones de toneladas y un valor de la producción de 63,000 millones de pesos (SIAP, 2023). A pesar de la alta competencia internacional por los países emergentes productores y exportadores del fruto, México alcanzo a exportar 2,929 millones de dólares al mercado internacional, lo que significa que este producto hortofrutícola es el de mayor importancia económica en el país, por encima del tomate y las berries (Valdemar, 2023). El aguacate es atacado por numerosas plagas, la más importante desde el punto de vista económico es Thrips por los daños que causan al fruto reduciendo su valor económico, El productor utiliza pesticidas químicos que causan la muerte de insectos benéficos como abejas y parasitoides de plagas, además de intoxicaciones a fauna silvestre y en ocasiones a personal de campo.

INTRODUCCIÓN. Es imperativo contar con pesticidas de origen natural que tengan bajo impacto ambiental, no tóxicos a fauna benéfica, ni al ser humano y que tengan control efectivo de la plaga. Por otra parte, los suelos donde se cultiva aguacate son propicios para el cultivo del aguacate por su excelente drenaje, sin embargo, son endémicamente de baja fertilidad, por su baja capacidad de intercambio catiónico (<15 Cmol 100 g-1) y por el sometimiento a altas precipitaciones anuales que lixivian los nutrientes fuera del alcance de las raíces. El productor contrarresta el problema de disponibilidad nutricional mediante la aplicación de fertilizantes químicos, lo que soluciona el problema a corto plazo, pero causa contaminación de aire y suelo por la emisión de gases de efecto invernadero como N2O y percolación de iones como NO3, Ca+2, K+1, entre otros.

ANTECEDENTES. Actualmente, se ha impulsado la generación y utilización de pesticidas de origen natural que no sean tóxicos al ser humano, animales domésticos y la fauna benéfica, la principal plaga de aguacate es Trhips (Frankliniella occidentalis), el daño que causa al fruto reduce la calidad de fruta y sus lesiones eventualmente permiten el paso de enfermedades, haciendo inviable la exportación del fruto y reducen su precio en el mercado nacional. Las larvas y adultos de estos insectos inician el daño desde etapas muy

tempranas de formación del fruto, causando heridas en la epidermis, produciendo manchas necróticas, que en estado adulto son como llagas en el fruto, desde el fruto tamaño munición hasta previo a madurez fisiológica (Alarcón-Utrera, et al., 2022). Asimismo, las lesiones ocasionadas a los frutos en formación, pueden ser la vía de entrada de microorganismos patógenos y el daño en la flor inhibe la fecundación y provocan la caída de flor y fruto pequeños, (Maldonado-Zamora, et al., (2016). Sorprendentemente, las lesiones causadas por thrips en el fruto, no afectan la calidad de la pulpa, la parte interna del fruto, sino que el daño es más bien estético o apariencia del fruto (INTAGRI,2019). Normalmente, el control de estos insectos se efectúa con productos químicos, aplicados tanto a la maleza como al aguacate, desde fruto perdigón (Johansen-Naime et al., 2007). En relación a la nutrición, recientemente, el manejo orgánico-biológico de nutrientes es una opción para contribuir a incrementar a largo plazo la disponibilidad de nutrientes en suelo, proporcionar un medio químico para la retención de nutrientes y evitar su lixiviación y volatilización. Benavides et al., (2021) manifiesta que hay relación entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la concentración de nutrientes en el extracto celular de peciolo (ECP).

OBJETIVO. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del aguacate a la aplicación de insumos orgánicos en el control de thrips y el efecto de la nutrición orgánica-biológica en la disponibilidad nutricional y el contenido foliar de nutrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los trabajos para el control de thrips y manejo nutricional se establecieron en la localidad de Tancítaro (Sorumutaro), el huerto es de árboles jóvenes de cinco años de edad en un marco de plantación de 5 m x 4 m entre hileras y columnas, respectivamente. Los árboles son de la variedad Hass sub-cultivar Carmen. El pesticida orgánico utilizado fue el denominado SIPI-TANIKATA (mata-plagas en lengua Purépecha), el cual fue sintetizado en el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias), y su composición garantizada es de 40% aceite de nim, 10 % extracto de chicalote, extracto de ajo 4% y extracto de canela 10%. Pruebas experimentales anteriores demostraron control de mosca mexicana en guayaba y durazno y la mariposa del gusano telarañero en aguacate. Los tratamientos aplicados cada mes desde diciembre, enero y febrero, fueron tres dosis por hilera, de insecticida bio-orgánico: (1) 2 mL L-1 de agua, de SIPI-TANIKATA, (2) 4 mL-1 de agua del mismo insumo y (3) 6 m L-1 de agua del insumo orgánico y el tratamiento convencional del productor (4) insumo químico utilizado por el productor con la aplicación de Imidacloprid en dosis de 600 mL en 200 L de agua. Cada tratamiento se evaluó en 10 árboles en hilera. Los datos evaluados en el experimento de control de thrips, fueron registro de la población de thrips por golpe de muestreo antes y después de la aplicación de los productos orgánico y químico. Respecto al manejo nutricional, los tratamientos fueron 1. Fertilización química (Complex®), 12-11-18 de N-P2O5-K2O + contenido de microelementos en los siguientes porcentajes MgO 2.7, S 8%, B 0.015%, Fe 0.2%, Mn 0.02%, Zn 0.02% en dosis de 250 g/árbol + 50 gr de CaNO3. Tratamiento 2. Fermentos orgánicos (FO) + micorrizas (M), Glomus sp y Lixiviados de Lombriz (L), producidos por INIFAP + Azospirillum brasiliense (AZ), (Nutrifer®) y en dosis de 0.1 L, 10 g L-1, 10 mL y 1.0 gL-1 de FO, M, L y AZ, respectivamente, por árbol. Los tratamientos 3 y 4 se aplicaron de las mismas fuentes de tratamiento 2, pero las dosis se doblaron para el tratamiento 3 y se triplicaron para el 4. Se tomó una hilera completa de 10 árboles por tratamiento y una hilera de barrera, entre tratamientos. Las variables evaluadas de manera mensual fueron disponibilidad de nutrientes (DN), N-NO3, P, K, conductividad eléctrica y pH, en solución del suelo y contenido nutricional foliar (CN), N-NO3, P y K, en

extracto celular de peciolo (ECP), para esta evaluación se utilizaron iónometros Horiba® B-743 y S-030, para N-NO3 y K, respectivamente, para fósforo se utilizó el fotómetro Hanna® modelo HI96706, mientras que para pH y Salinidad se utilizó el combo Hanna® HI 98130. En los dos experimentos, el diseño experimental fue completamente al azar tomando como repetición cada árbol en cada fecha de muestreo de las variables evaluadas. Se utilizó la prueba de medias de acuerdo a Tukey 5%.

RESULTADOS. El control de trhips mediante la aplicación del producto orgánico (SIPI-TANIKATA), se tuvo un buen desempeño con los tratamientos 4 y 6 g L^{-1} de agua aplicado, con un buen control de las poblaciones de thrips con menos de 10 individuos por golpe en el muestreo estadísticamente igual al tratamiento químico con menos de 10 individuos por golpe, lo cual muestra que si se tiene un control efectivo de las poblaciones de thrips similar al tratamiento químico (Cuadro 1).
Los resultados obtenidos del control de thrips por parte del pesticida orgánico, a pesar de las altas poblaciones iniciales de la plaga con más de 300 individuos por golpe al iniciar el experimento (Cuadro 1), indica la alta infestación del insecto, pero también que la aplicación de pesticidas tanto orgánico como químico reduce hasta 85% las poblaciones en las inflorescencias de aguacate y a la tercera aplicación se puede reducir hasta 98% de la población original de thrips, estos resultados coinciden con los encontrados por Lemus, *et al*., (2016), quienes pudieron reducir las poblaciones de thrips hasta 99% de las poblaciones originales en aguacate.

Tratamiento	Población de thrips (individuos por golpe)					
	Antes aplicación	Después aplicación	Antes aplicación	Después aplicación	Antes aplicación	Después aplicación
Químico (Imidacloprid)	322.7	55.4 a	189.7	15.7 a	27.4	8.7 b
Orgánico Bajo	297 .6	47.3 a	156.2	11.8 a	33.4	15.4 a
Orgánico medio	331 .3	61.0	167.4	9.7 a	25.4	10.7 ab
Orgánico Alto	338 .9	65.1	142.6	9.3 a	21.2	9.4 ab
Tukey 5%		22.4		14.1		6.5

Cuadro 1. Control de Thrips en tres fechas de aplicación en aguacate de Tancítaro, Michoacán.

Debido a las altas poblaciones de thrips en las inflorescencias de aguacate, se alcanzó a tener daños en el fruto, en el Cuadro 2 se presentan los resultados de la evaluación del daño en fruto, realizando el conteo de frutos sanos y frutos dañados, como se aprecia, tratamiento de menor dosis también se tuvo la menor cantidad de fruto sano, mientras que en la mayor dosis del insumo se obtuvo también la mayor cantidad de fruto sano, similar al tratamiento químico y por el contrario, el número de frutos dañados se tiene una relación inversa con respecto a la dosis aplicada del insumo orgánico.

Tratamiento	Producto	Frutos sanos	Frutos dañados
2 mL L^{-1} de agua	Orgánico	49.4 c	18.4 a
4 mL L^{-1} de agua	Orgánico	61.8 b	15.5 ab
6 mL L^{-1} de agua	Orgánico	87.8 a	6.9 c
600 mL 200 L^{-1} de agua	Químico	78.4 a	7.3 c
Tukey 5%		12.7	3.9

Cuadro 2. *Número de frutos sanos y enfermos por árbol en cuatro tratamientos de control de thrips en aguacate. Tancítaro 2024.*

Las relaciones frutos dañados y enfermos tuvieron un alto porcentaje en los dos primeros tratamientos de 2 y 4 mL L^{-1} de agua aplicado a los árboles en un rango de 25 a 35 %, sin embargo, con la dosis más alta se obtuvo solo un daño de 8% similar al 9% obtenido en el tratamiento químico, esto da pauta a que es posible con insumos naturales tener control similar de thrips que los insumos químicos, en este sentido, Hernández-Fuentes *et al*., (2018), encontraron con insumos orgánicos tan solo 5% de frutos dañados mientras que con el tratamiento químico el valor fue de 8% de frutos dañados, valores muy similares a los obtenidos en este trabajo. Respecto al análisis nutricional Tancítaro (Cuadro 3), la respuesta de la disponibilidad nutricional en la solución del suelo, fue similar a Cheranguerán, la respuesta fue muy pareja en las variables fósforo, potasio pH y salinidad, lo cual indica que la nutrición orgánica puede desempeñar un comportamiento similar que la nutrición química (Benavides *et al*., 2021). Sin embargo, en el caso de nitrógeno nítrico, sólo el nivel 3 del orgánico fue capaz de igualar la disponibilidad de nitrógeno mineral en la solución del suelo, con el tratamiento químico.

Tratamiento	Variable				
	$N\text{-}NO_3$ (ppm)	Fósforo (ppm)	K (ppm)	pH	Salinidad ($\mu S\ m^{-1}$)
Químico	250 a	0.51 a	125 ab	6.1 a	0.73 a
Orgánico Bajo	110 b	0.24 a	111 b	6.2 a	0.54 a
Orgánico medio	147 b	0.31 a	166 ab	5.9 a	0.65 a
Orgánico Alto	220 ab	0.42 a	195 a	6.0 a	0.49 a
Tukey 5%	78	0.57	65.4	0.8	0.24

Cuadro 3. *Disponibilidad nutricional, pH y conductividad eléctrica, en solución del suelo en aguacate con nutrición orgánica y convencional en Tancítaro, Michoacán.*

Con respecto a la condición nutricional del ECP foliar (Cuadro 4), el desempeño de los tratamientos orgánicos fue similar en los tres elementos nutritivos, excepto el tratamiento medio de nutrición orgánica, ya que como se aprecia el nitrógeno nítrico en ECP, este tratamiento fue estadísticamente significativo con respecto al manejo químico de nutrientes, mientras que en potasio el tratamiento más bajo significativo fue el tratamiento más bajo de los orgánicos, respecto al fósforo, todos fueron iguales estadísticamente.

Tratamiento	Extracto Celular de Peciolo (ppm)		
	$N\text{-}NO_3$	Fósforo	Potasio
Químico	302 a	0.44 a	2850 a
Orgánico Bajo	258 ab	0.47 a	2175 b
Orgánico medio	218 b	0.52 a	2450 ab
Orgánico Alto	288 ab	0.49 a	2680 a
Tukey 5%	76	0.24	430

Cuadro 4. *Condición nutricional del extracto celular de peciolo (ECP) en aguacate con nutrición orgánica y convencional en Tancitaro, Michoacán.*

CONCLUSIONES. La aplicación de insumos orgánicos en el control de thrips y en nutrición del aguacate es una opción real y funcionable con resultados similares al manejo químico, pero sin impacto ambiental perjudicial al medio y a fauna benéfica.

AGRADECIMIENTOS. Al productor Fidel por su apoyo en la fase experimental y prestar su huerto para esta investigación. El ICTI Michoacán por el financiamiento parcial de la investigación de campo. Al personal de INIFAP-Campo experimental Uruapan.

REFERENCIAS.

1. Alarcón-Utrera, D., Cerdán-Cabrera, C.R., Alvarado-Castillo, G., Carrión, G., Hernández-Viveros, J. J., Illescas-Riquelme, C.P. y López-Lima, D. D. 2022. "Pseudophilothrips perseae Damaging Hass Avocado Fruits in México," Southwestern Entomologist 47(3), 685-690
2. Álvarez, F.I. y Regifo M., P.A. 2020. Evaluación del nivel de daño económico por thrips
3. (Thysanoptera) en Aguacate 'Hass' (Persea americana Mill.) en Abejorral, Antioquia. Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño. 51-69 p.Rionegro, Colombia
4. Benavides-Mendoza, A., K. Alba-Romenus, N. Francisco. 2021. Relation between soil solution composition and petiole cellular extract of crops in western Mexico. Terra Latinoamericana, 39, e873.
5. Hernández-Fuentes, L.M., Magaña-Valencia, R., Nolasco-González, Y. 2018. Toxicidad de insecticidas en el trips Frankliniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae) en aguacate cv Hass. Entomología Agrícola. 5:390-395
6. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. (2019). Manejo de Trips en el Cultivo de Aguacate. P. 7. https://www.intagri.com/ artículos/fitosanidad/manejo-trips-cultivo-aguacate
7. Johansen-Naime R. M., Mojica-Guzmán, A., González-Hernández, A. R., Valle de la Paz, E., Castañeda-González, L., Ávila-Quezada, G. y C. M. Sosa-Torres. 2007. Thrips asociados con el aguacate en México. In: D. Téliz-Ortíz y A. Mora-Aguilera (Eds.). El aguacate y su manejo integrado. 2da. Edición. Editorial MP pp: 146-152
8. Lemus-Soriano, B. A., Solorzano-Solorzano, A. I., Pérez-Aguilar, D. A.2017. Control del complejo de thrips del aguacate con insecticidas botánicos. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. Cd. Guzmán, Jal p.85-90
9. Maldonado-Zamora, F.I., Ramírez-Dávila, J.F., Rubí-Arriaga, M., Némiga, X.A., Lara-Díaz, A.V. 2016. Distribución espacial de trips en aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(4):845-856
10. SIAP. 2023. Sistema de Información Agropecuaria. SAGAR. México, D.F.
11. Valdemar, J. 2024. Oro Verde en 2023: Exportación de aguacate tuvo su peor desempeño en 13 años. El Financiero. https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2024/01/15/valor-del-aguacate-mexicano-cae-en-2023-cual-fue-la-razon/ (consultado en junio de 2024)

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824134

MODELACIÓN HIDROLÓGICA CON SWAT EN LA SUBCUENCA DE LA PRESA DE COINTZIO

Estefany Durán Rojas[1], Jesús Pardo Loaiza[2], Sonia Tatiana Sánchez Quispe[3], Liliana García Romero[4], Julio César Orantes Ávalos[5]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1025246x@ umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jesus.pardo@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; quispe@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Liliana.romero@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; julio.orantes@umich.mx

Palabras Clave: SWAT, modelación, escorrentía.

RESUMEN. La subcuenca de la Presa de Cointzio se encuentra a 12 km al sureste de la ciudad de Morelia entre los 19° 35' y 19° 27' N, y 101°19' y 101°18' W, forma parte de la cuenca del lago de Cuitzeo, y se ubica en la región hidrológica de Lerma-Chapala. Cuenta con una extensión aproximada de 643 km2. La Presa de Cointzio es una fuente importante de abastecimiento de agua para los habitantes de la ciudad de Morelia, esta es utilizada para actividades como el riego agrícola y el suministro de agua potable para dicha ciudad, tiene una capacidad máxima de 80 millones de metros cúbicos, donde su principal ingreso de agua es la lluvia y la filtración. La demanda por el vital líquido ha crecido significativamente en las últimas décadas, sin embargo, el problema de contaminación disminuye la posibilidad de utilizarla. Dicha subcuenca, se ha visto afectada por el crecimiento demográfico y el cambio de uso de suelo, lo cual altera su calidad del agua. Con el objetivo de simular el escurrimiento superficial de la subcuenca de la presa de Cointzio, se empleó la modelación matemática, que nos permite conocer el comportamiento superficial de los recursos hídricos, al evaluar diferentes fenómenos hidrológicos como la precipitación, infiltración, escorrentía, entre otros. Se utilizó la cartografía de uso y tipo de suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía a escala 1:250,000 e información hidrométrica y climatológica. Los indicadores de evaluación de eficiencia y rendimiento del modelo durante la fase de calibración fueron R2 = 0.86, PBIAS = 6.38 y NSE = 0.63. Mientras que en la fase de validación los resultados fueron R2 = 0.78, PBIAS = 11.21 y NSE = 0.50. Se puede concluir que estos resultados permiten una modelación fiable del modelo SWAT para simular el escurrimiento superficial.

INTRODUCCIÓN. Para una efectiva gestión ambiental y administración de los recursos hídricos, es necesario contar con un seguimiento continuo en cuanto a la calidad y cantidad. Para esto, una herramienta son los modelos de calidad del agua (Q. Wang et al., 2013). En la actualidad, el uso de los modelos hidrológicos matemáticos se ha convertido en una herramienta esencial en el día a día. Debido a esto, durante los últimos años se han desarrollado multitud de aplicaciones de programas informáticos con diferentes

características e interfaces (Fuillerat, 2021). Mediante la modelación matemática se permite conocer el comportamiento superficial de los recursos hídricos, al evaluar diferentes fenómenos hidrológicos como la precipitación, infiltración, escorrentía, entre otros. Si bien, además de ayudarnos a predecir procesos acuáticos y comportamientos, los modelos juegan un papel importante en la reducción del costo de mano de obra, materiales y tiempo para una gran cantidad de experimentos de escenarios de mitigación de la contaminación hasta cierto punto (Q. Wang et al., 2013), así como en la toma de decisiones. El modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) es un modelo hidrológico semidistribuido, físicamente basado, que permite simular los componentes del balance hídrico, en escala espacial y temporal. Se clasifica como continuo, debido a que opera en el paso diario de tiempo y está diseñado para predecir el impacto de las prácticas de manejo del suelo en la generación de escurrimientos, sedimentos; así como del comportamiento de sustancias agrícolas químicas en cuencas complejas con diferentes tipos de suelo, cobertura vegetal y condiciones de manejo en tiempos prolongados (meses o años) (Arnold et al., 1998; Weber y Baigorri, 2018).

OBJETIVO. Simular el comportamiento del escurrimiento superficial mediante el modelo SWAT en la subcuenca de la Presa de Cointzio.

MATERIALES Y MÉTODOS. El modelo SWAT requiere múltiples datos de entrada para su ejecución; como primer insumo se tiene el Modelo Digital de Elevaciones (MDE), el cual utiliza el modelo para delimitar la cuenca y las subcuencas, a una escala de 1:50 000 con la cual trabaja el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2023) obtenido de su página oficial; tipo y uso de suelo: el primero, nos arroja datos relacionados a sus características físicas, permeabilidad, textura entre otras. Mientras que el segundo proporciona información sobre el manejo y las prácticas que se llevan a cabo en el área de estudio; información hidrométrica y climática, que aporta datos sobre la precipitación, temperatura y caudales. Se delimitó la subcuenca de la presa creando un buffer para identificar las estaciones de mayor influencia sobre esta. Posteriormente se les aplica un análisis estadístico mediante diversas pruebas matemáticas: homogeneidad e independencia.

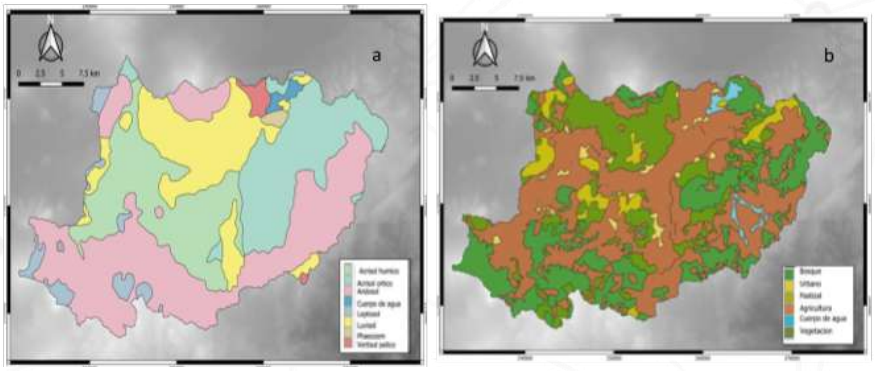


Figura 1. *a) Tipos de suelos en la subcuenca de la Presa de Cointzio. Fuente: Elaboración propia. b) Usos de suelos en la subcuenca de la* Presa de Cointzio. Fuente: Elaboración propia

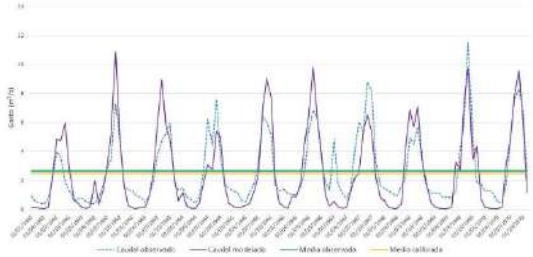
Para los datos de caudales del cuerpo de agua, se tomaron los datos de la estación hidrométrica 12347- Santiago Undameo, ubicada a la entrada de la Presa de Cointzio. Se

realizó la calibración de forma manual con dicha estación hidrométrica utilizando un periodo de tiempo de 21 años (1958 a 1980). A fin de obtener valores similares entre los históricos y los simulados por el modelo. Y así disminuir las incertidumbres causadas por variaciones en los parámetros. Estableciendo los años 1958 a 1970 (3 años) como periodo de calentamiento, lo cual permite a los parámetros alcanzar el equilibrio. Mientras que para la calibración se define el periodo de 01 de enero de 1961 al 01 de diciembre de 1970. Y para la validación desde el 01 de enero de 1971 al 01 de diciembre de 1980. Pereira *et., al* (2016) mencionan que existen parámetros de mayor sensibilidad: En una calibración con metodología prueba y error (calibración manual), cuyo objeto de estudio es la escorrentía superficial, los parámetros de mayor grado de sensibilidad son: CN2 (Número de curva), SOL_AWC (capacidad de agua disponible), ESCO (factor de compensación de la evaporación del suelo), SOL_Z (profundidad de la capa del suelo), SOL_K (conductividad hidráulica del suelo saturado), ALPHA_BF (coeficiente de recesión de escorrentía base) (Villate Corredor *et al*., 2023). Las principales características del suelo que tienen efecto en la escorrentía son: la conductividad hidráulica, el grupo hidrogeológico y la profundidad del suelo (Correa *et al*., 2023).

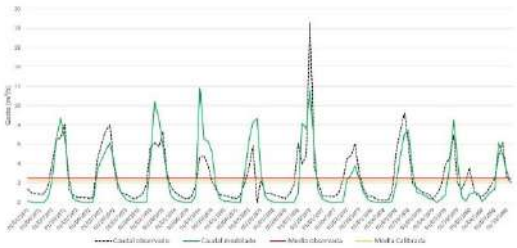
		SOL_K*		SOL_Z*
Tipo de suelo		**(mm/hr)**	**Grupo hidrogeológico**	**(mm)**
Acrisol ortico	AO	0.635	D	500
Acrisol húmico	AH	3.81	B	500
Andosol	To	3.81	B	500
Phaeozem	HH	0.635	D	500
Luvisol	LV	3.81	B	500
Leptosol	LP	7.62	A	500
Vertisol pélico	VP	1.27	C	500

Tabla 1.- *Parámetros calibrados del modelo para tipo de suelo. Fuente: Elaboración propia*

RESULTADOS.



Serie de gastos históricos y modelados (calibración) de la estación hidrométrica. Santiago Undameo en SWAT de 1961-1970.



Serie de gastos históricos y modelados (validación) de la estación hidrométrica Santiago Undameo en SWAT de

1971-1980.

Resultados de la calibración del modelo. Índices de eficiencia y rendimiento

Índice	Resultado	Clasificación
R^2	0.86	Muy buena
PBIAS	6.38	Muy buena
NSE	0.63	Satisfactoria

Resultados de la validación del modelo. Índices de eficiencia y rendimiento

Índice	Resultado	Clasificación
PBIAS	11.21	Buena
NSE	0.50	Satisfactoria
R^2	0.78	Muy buena

Ajuste	NSE	PBIAS	R^2
Muy buena	**0.75 – 1**	**< ±10**	**>0.75**
Buena	**0.65 – 0.75**	**±10 - ±15**	**0.65 – 0.75**
Satisfactoria	**0.50 – 0.65**	**±15 - ±25**	**0.50 – 0.65**
Insatisfactoria	**< 0.50**	**>±25**	**< 0.50**

Clasificación general de los resultados de los métodos estadísticos del ajuste del modelo. (D.N. Moriasi et al., 2007; Deng et al., 2020)

CONCLUSIONES. En base al objetivo planteado se puede concluir que, de acuerdo a la información con la que se cuenta y los resultados de los indicadores de evaluación de desempeño es posible para el modelo simular de manera fiable el comportamiento de la escorrentía superficial de la subcuenca de la presa de Cointzio. Aun cuando la información sobre uso y tipo de suelo es básica, nos permite avanzar en la investigación y aportar a la misma.

REFERENCIAS.

1 Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., & Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. Journal of the American Water Resources Association, 34(1), 73-89. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x

2 Correa-González A, Hernández-Bedolla J, Martínez-Cinco MA, Sánchez-Quispe ST, Hernández-Hernández MA. (2023). Evaluación de Nitratos en Aguas Subterráneas de Fuentes Difusas Considerando Patrones Espacio-Temporales de Sistemas Hidrológicos

3 Utilizando un Modelo Acoplado SWAT/MODFLOW/MT3DMS. Hidrología. 2023; 10(11):209. https://doi.org/10.3390/hydrology10110209

4 D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, T. L. Veith. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Vol. 50(3): 885−900 American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001−2351.

5 Pereira, D., Martínez, M., Pruski, F., & da Silva, D. (2016). Hydrological simulation in a basin of typical tropical climate and soil using the SWAT model part I: Calibration and validation tests. Journal of Hydrology: Regional Studies, 14-37.

6 Villate Corredor, J. & Gualdrón Alfonso, D. (Comps.) (2023). Empleo de herramientas SIG en el desarrollo de proyectos civiles. Cap. 4. Calibración y validación en modelos hidrológicos distribuidos – caso de estudio: respuesta hidrológica y sedimentos - microcuenca la chorrera embalse la copa. Editorial UPTC. doi: https://doi.org/10.19053/9789586607865

7 Wang, Q., Li, S., Jia, P., Qi, C., & Ding, F. (2013). A review of surface water quality models. The Scientific World Journal, 231768. Retrieved August 14, 2019, from. https://doi.org/10.1155/2013/231768.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824141

ANÁLISIS ANATÓMICO DE ÁRBOLES DE LA ESPECIE PINUS DEVONIANA ESTIMULADOS CON ÁCIDO BENZOICO

Germán Rojas-Rodríguez[1], Jorge L. Meza-Colin[2], Andrea N. Huerta-López[3], Teresa García-Moreno[4], Fidel Morales-Hernández[5], Gabriela Rodriguez-Garcia[6], Rosa E. del Río[7], Abril Munro Rojas[8], Mario A. Gómez-Hurtado[9]

1Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 0302974a@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 1608007F @umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 1649533k@umich.mx.

4Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; tmoreno@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 1037090e@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; gabriela.rodriguez@umich.mx

7Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; norma.del.rio@umich.mx

8Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; abril.munro@umich.mx

9Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo: mario.gomez@umich.

Palabras Clave: análisis anatómico, canales resiníferos, Pinus devoniana.

RESUMEN. La estimulación química se ha empleado como una estrategia para aumentar la producción de resina. En el género Pinus, poco se ha estudiado la relación entre estimulantes y las propiedades anatómicas tras el uso de estos. Por ellos se realizó un análisis anatómico en las caras de la madera estimulada con ácido benzoico para determinar el efecto que presenta este compuesto químico en la madera. Se analizó la estructura de los conductos resiníferos de la especie Pinus devoniana bajo dos condiciones: Grupo Tratado con estimulación química (GTd) y grupo control (GCd). En las muestras estimuladas, se observaron diferencias en la cantidad y tipo de conductos resiníferos entre madera temprana y tardía, con presencia de abundantes conductos traumáticos, los cuales no son comunes en las especies del género Pinus. Los diámetros de los conductos también variaron, siendo mayores en el corte transversal que en el tangencial. En las muestras de (GCd), se identificó una menor producción de conductos resiníferos en la madera tardía en comparación con la madera temprana, donde se encontró un único conducto traumático. Estos resultados pueden relacionarse con la estimulación química, la cual afecta la estructura resinífera de la madera en Pinus devoniana, proporcionando información clave para su manejo y uso.

INTRODUCCIÓN. Los bosques de pino en México desempeñan un papel crucial en los ecosistemas y en la economía del país. Estos bosques no solo suministran madera, leña, pulpa, resina y semillas, sino que también ofrecen una variedad de productos no maderables (Sánchez, 2008). En México, la diversidad del género Pinus es particularmente notable, con 57 de los 120 taxa descritos presentes en el país (Gernandt & Pérez, 2014). Entre las especies de mayor relevancia se encuentra Pinus devoniana Lindley, cada una

con características distintivas y aplicaciones específicas. Un área de creciente interés en la investigación de los bosques de pino es la influencia de la estimulación química en la estructura anatómica de la madera. La aplicación de estos estimulantes puede inducir cambios significativos en la producción de canales resiníferos, los cuales desempeñan un papel importante en la calidad de la madera. Comprender cómo la estimulación química afecta estos canales resiníferos es fundamental para evaluar su impacto en la sostenibilidad y el rendimiento comercial de estas especies.

ANTECEDENTES. El Pinus devoniana Lindley, conocido como pino michoacano o pino de Devon, es una conífera nativa que puede alcanzar alturas de entre 20 y 50 metros. Su capacidad para adaptarse a altitudes elevadas y climas fríos, combinada con su rápido crecimiento y corteza gruesa, lo hace ideal para reforestación y producción de madera comercial (Morales-Martínez, 2023; Enríquez-Velázquez et al., 2017). El análisis anatómico de esta especie es esencial para comprender sus roles ecológicos y sus respuestas al cambio climático. La anatomía de la madera de Pinus ha demostrado ser una herramienta valiosa para reconstruir condiciones climáticas pasadas, evidenciando una fuerte correlación con la variabilidad de temperatura (Jérôme et al., 2022). Además, la anatomía arbórea puede proporcionar señales climáticas significativas, destacando su potencial como indicadores del cambio climático (Zhirnova et al., 2022).

OBJETIVO. Evaluar el impacto de la estimulación química en la producción y estructura de los canales resiníferos en Pinus devoniana. Este estudio busca comparar la cantidad y el diámetro de los canales resiníferos en madera temprana y tardía bajo tratamiento químico frente a un grupo control, para determinar cómo la estimulación química afecta las características anatómicas de la madera.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Descripción del Bosque y Recolección del Material Vegetal. Las especies de pino seleccionadas para el estudio crecen en un bosque con condiciones climáticas y nutricionales naturales, sin intervención en la estimulación química para la producción de resina. Este bosque es continuamente reforestado y protegido por la población local, que se dedica a la recolección de resina y madera como actividad económica. Las muestras de las especies estudiadas fueron recolectadas y depositadas en la Xiloteca de FITECMA-UMSNH, donde se les asignó un número de comprobante tras su identificación taxonómica. El *Pinus devoniana* Lindley (comprobante No. T77:H-4102) para el estudio. Estos ejemplares presentan un diámetro promedio de tronco de 49±1 cm y una edad promedio de 78±5 años, determinada a partir de la medición de la muestra núcleo.

Medición de canales resiníferos. Las muestras de madera se obtuvieron raspando la superficie de los árboles representativos y se prepararon cortes laminares teñidos, siguiendo el protocolo descrito por De la Paz-Pérez & Davalos (2013). Se cortaron listones de madera de 40-50 mm² con un espesor de 30-40 µm, en orientación transversal y tangencial, utilizando cuchillas de micrótomo (Personna plus +, 72-0110). Estos listones se tiñeron con marrón Bismarck durante 10 minutos y luego se lavaron con EtOH acuoso al 60% (v/v) para remover el exceso de colorante. Las muestras se deshidrataron con soluciones sucesivas de EtOH acuoso al 70%, 80% y 96% (v/v), cada una durante 30 minutos. Después, se trató cada muestra con metanol absoluto y xilol durante cinco minutos y un minuto, respectivamente. Las láminas deshidratadas se montaron en portaobjetos con

resina sintética (Golden Bell) y se cubrieron con cubreobjetos. La resina se secó a temperatura ambiente durante 15 días (Wheeler & Baas, 1998). La observación se realizó con un microscopio ZEISS Axio Lab A1, a 10X para cortes transversales y 40X para cortes tangenciales.

RESULTADOS.

Características microscópicas de *Pinus devoniana* ácido benzoico										
Transversal										Tangencial
No. De canales.		Canales traumáticos		Diámetro del canal		No. De canales por mm^2.		No. De canales traumáticos por mm^2.		Diámetro del canal
M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	
∑ = 30	∑ = 44	3 de 2	5 de 2	$\bar{x}$ = 197 ± 38	$\bar{x}$ = 176 ± 33	$\bar{x}$ = 1 ± 1	$\bar{x}$ = 1 ± 1	$\bar{x}$ = 1 de 2	$\bar{x}$ = 1 de 2	$\bar{x}$ = 68 ± 4
			2 de 3	Min. = 130	Min. = 130	Min. = 1	Min. = 1		$\bar{x}$ =1 de 3	Min. = 58
			1 de 5	Max. = 250	Max. = 250	Max. = 3	Max. = 3		$\bar{x}$ = 1 de 5	Max. = 75

Tabla 1.- *Características microscópicas de la madera del grupo estimulado químicamente (GTd).*

Características microscópicas de *Pinus devoniana* control.										
Transversal										Tangencial
No. De canales.		Canales traumáticos		Diámetro del canal		No. De canales por mm^2.		No. De canales traumáticos por mm^2.		Diámetro del canal
M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	M. Tem.	M. Tar	
∑ = 36	∑ = 18	1 de 2		$\bar{x}$ = 168 ± 25	$\bar{x}$ = 171 ± 46	$\bar{x}$ = 1 ± 1	$\bar{x}$ = 1 ± 1	$\bar{x}$ = 1 de 2		$\bar{x}$ = 69 ± 5
				Min. = 120	Min. = 100	Min. = 1	Min. = 1			Min. = 58
				Max. = 230	Max. = 250	Max. = 2	Max. = 2			Max. = 83

Tabla 2.- *Características microscópicas de la madera del grupo control (GCd).*

Pinus devoniana. El análisis de canales resiníferos en GT*d* (**tabla 1**) mostró un canal resinífero por mm^2, lo que significa 30 canales resiníferos en madera temprana y 44 canales resiníferos en madera tardía a lo largo de las muestras, con diámetros promedio en el corte transversal de 197±38 y 171±33 µm, respectivamente. Además, se observaron canales traumáticos, de los cuales tres de doble canal en madera temprana, mientras que se detectaron cinco de doble canal, dos de triple canal y un solo de quíntuple canal. En el corte tangencial, el diámetro de los canales promedió alrededor de 68±4 µm tanto en los canales de madera temprana como en los de madera tardía. Por su parte, GC*d* (**tabla 2**) también reveló un canal resinífero por mm2, es decir, se observaron 36 en madera temprana y 18 en madera tardía, cuyos diámetros promedio fueron de 168±25 y 171±46 µm, respectivamente. El promedio de canales en el corte tangencial fue de 69±5 para todos los canales resiníferos medidos. En relación con los canales traumáticos en GC*d*, sólo se presentó un canal doble en madera temprana, cuyos valores de diámetro se encuentran en los valores promedio antes mencionados.

CONCLUSIONES. El estudio reveló que la estimulación química en GTd conduce a un incremento en el número total de canales resiníferos y a un mayor diámetro medio en comparación con el grupo control GCd. Las muestras de madera tratadas presentaron una

mayor cantidad de canales resiníferos y una diversidad en los tipos de canales traumáticos, como los de doble, triple y quíntuple canal, mientras que en el grupo control solo se identificaron canales dobles, lo que indica que la estimulación química tiene un efecto significativo en la producción y el tamaño de los canales resiníferos.

REFERENCIAS.

1. De la Paz-Pérez Olvera, C., & Dávalos-Sotelo, R. (2016). Anatomical characteristics of the wood of six Pinus (Pinaceae) species of the state of Durango, México. Madera y bosques, 22(3), 113-132.
2. Enríquez-Velázquez O. Aguilar-Aguilar R. Valencia-Cantero E. & Velázquez-Becerra C. (2017). Perfil fisicoquímico y microbiológico de tres distintos suelos forestales y su efecto en el crecimiento de Pinus Devoniana Lindl.
3. Gernandt, D. S. y J. A. Pérez de La Rosa. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 126-133. Doi:10.7550 /rmb.32195.
4. Lopez-Saez, J., Corona, C., Von Arx, G., Fonti, P., Slamova, L., & Stoffel, M. (2023). Tree-ring anatomy of Pinus cembra trees opens new avenues for climate reconstructions in the European Alps. Science of the Total Environment, 855, 158605.
5. Morales-Martínez R., Castrejón-Antonio J. E. Sánchez-Rangel J. C. Ballesteros-Torres J. Jaimes-Yañez, N. & Fuentes-Guardiola L. T. (2023). Ips apache1 Infestation of Pinus devoniana (= Pinus michoacana) in Southern Jalisco, Mexico.
6. Sánchez G., A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y Bosques 14(1): 107-120.
7. Wheeler, E. A., & Baas, P. (1998). Wood identification-a review. IAWA journal, 19(3), 241-264.
8. Zhirnova, D. F., Belokopytova, L. V., Upadhyay, K. K., Tripathi, S. K., Babushkina, E. A., & Vaganov, E. A. (2022). 495-year wood anatomical record of Siberian stone pine (Pinus sibirica Du Tour) as climatic proxy on the timberline. Forests, 13(2), 247.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824142

CONTENIDO DE COMPUESTOS FENOLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE Cordia alba

María Guadalupe Gómez-Plancarte[1], Martha Isela Ramírez Díaz[1], Lucia M. Nava-Barrios[1], Rafael Ortiz-Alvarado[1]

Palabras Clave: antocianicos 1, terapéutico 2, compuestos fitoquímicos 3.

RESUMEN. México, ofrece diversos nichos ecológicos, que permiten el desarrollo de diversas especies biológicas, como Cordia alba, el cual es un árbol caducifolio de la familia de Boraginaceae, que se desarrolla en climas subtropicales, como los que se encuentran en la Región del Valle de Apatzingán, se le encuentra de manera silvestre y se utiliza de manera empírica, para uso terapéutico, para el tratamiento de los síntomas de la Diabetes Mellitus de tipo II. El presente trabajo explora el contenido de compuestos fitoquímicos obtenidos a partir de extractos hidrofílicos e hidrofóbicos, provenientes de la hoja en época de mayor precipitación pluvial. Se colectaron de manera manual hojas Cordia alba, de la localidad de Chiquihuitillo, perteneciente a Apatzingán, se procesaron en los laboratorios de la Fac de QFB; sometiendo las hojas a congelación y posterior reducción del tamaño de partícula y colocando 6 gramos de las muestras para extracción diferencial por medio de solventes hidrofóbicos (hexano) e hidrofílicos (metanol). Resultados y conclusiones. Los extractos se concentraron y se realizó un barrido por espectrofotometría, de 200 a 1000 nm, encontrando una mayor concentración de compuestos de tipo fenólico en los extractos de tipo hidrofóbico, en las regiones de 480 a 550 nm identificadas como antocianinas las que representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible; adicionalmente se encontró una fracción en la región de 600 a 700 nm, la cual se está investigando, sobre su estructura química. El interés por los pigmentos antociánicos e investigación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en su efecto antihiperglicemiante. Por lo tanto C. alba, es una planta que puede tener un efecto terapéutico, a investigar con modelos biológicos de obesidad y diabetes.

INTRODUCCIÓN. México, ofrece diversos nichos ecológicos, que permiten el desarrollo de diversas especies biológicas, como Cordia alba, el cual es un árbol caducifolio de la familia de Boraginácea, que se desarrolla en climas subtropicales, como los que se encuentran en la Región del Valle de Apatzingán, se le encuentra de manera silvestre y se utiliza de manera empírica, para uso terapéutico, para el tratamiento de los síntomas de la Diabetes Mellitus de tipo II.

ANTECEDENTES. El interés por los pigmentos antocianicos e investigación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en su efecto antihiperglicemiante. Por

lo tanto C. alba, es una planta que puede tener un efecto terapéutico, a investigar con modelos biológicos de obesidad y diabetes.

OBJETIVO. El presente trabajo explora el contenido de compuestos fitoquímicos obtenidos a partir de extractos hidrofílicos e hidrofóbicos, provenientes de la hoja en época de mayor precipitación pluvial. Se colectaron de manera manual hojas Cordia alba, de la localidad de Chiquihuitillo, perteneciente a Apatzingán, se procesaron en laboratorios de la Fac de QFB; sometiendo las hojas a congelación y posterior reducción del tamaño de partícula y colocando 6 gramos de las muestras para extracción diferencial por medio de solventes hidrofóbicos (hexano) e hidrofílicos (metanol).

MATERIALES Y MÉTODOS. Extracción C. alba, a través de una extracción por solventes hidrofílicos (metanol) e hidrofóbicos (hexano), por medio de equipo Soxhlet y análisis, a través de barridos en espectrofotómetro de longitudes desde 200 nm hasta 1000 nm y determinaciones en de la capacidad antioxidantes.

RESULTADOS. Los extractos se concentraron y se realizó un barrido por espectrofotometría, de 200 a 1000 nm, encontrando una mayor concentración de compuestos de tipo fenólico en los extractos de tipo hidrofóbico, en las regiones de 480 a 550 nm identificadas como antocianinas las que representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible; adicionalmente se encontró una fracción en la región de 600 a 700 nm, la cual se está investigando, sobre su estructura química.



a) **b)** **c)**

Figura 1.- *a) Corresponde proceso de extracción; b) material biológico de partida C. alba y c) extracto hidrofóbico e hidrofílico.*

CONCLUSIONES. Los resultados preliminares, muestran la presencia de compuestos fenólicos, los cuales pueden pertenecer a la familia de las antocianinas, lo cual puede explicar en parte la actividad antioxidante, la que se utiliza de manera empírica para el tratamiento alternativo, para la diabetes mellitus-2 en la región de Tierra caliente, esto puede tener una posible actividad antihiperglicemiante, como uso terapéutico de manera empírica, por pacientes de diabetes mellitus.

REFERENCIAS.

1. Ahmed AS, Elgorashi EE, Moodley N, McGaw LJ, Naidoo V, Eloff JN. The antimicrobial, antioxidative, anti-inflammatory activity and cytotoxicity of different fractions of four South African Bauhinia species used traditionally to treat diarrhoea. J Ethnopharmacol. 2012 Oct 11;143(3):826-39. doi: 10.1016/j.jep.2012.08.004. Epub 2012 Aug 13. PMID: 22917809.
2. Chambon M, Ho R, Baghdikian B, Herbette G, Bun-Llopet SS, Garayev E, Raharivelomanana P. Identification of Antioxidant Metabolites from Five Plants (Calophyllum inophyllum, Gardenia taitensis, Curcuma longa, Cordia subcordata, Ficus prolixa) of the Polynesian Pharmacopoeia and Cosmetopoeia for Skin Care. Antioxidants (Basel). 2023 Oct 16;12(10):1870. doi: 10.3390/antiox12101870. PMID: 37891949; PMCID: PMC10604782.
3. De La Cruz-Jiménez L, Hernández-Torres MA, Monroy-García IN, Rivas-Morales C, Verde-Star MJ, Gonzalez-Villasana V, Viveros-Valdez E. Biological Activities of Seven Medicinal Plants Used in Chiapas, Mexico. Plants (Basel). 2022 Jul 6;11(14):1790. doi: 10.3390/plants11141790. PMID: 35890424; PMCID: PMC9316193..
4. Panghal M, Kaushal V, Yadav JP. In vitro antimicrobial activity of ten medicinal plants against clinical isolates of oral cancer cases. Ann Clin Microbiol Antimicrob. 2011 May 20;10:21. doi: 10.1186/1476-0711-10-21. PMID: 21599889; PMCID: PMC3121585.
5. Pereira PS, Oliveira CVB, Maia AJ, Tintino SR, Oliveira-Tintino CDM, Vega-Gomez MC, Rolón M, Coronel C, Duarte AE, Barros LM, Kamdem JP, Siyadatpanah A, Wilairatana P, Coutinho HDM. Cytotoxicity of Essential Oil Cordia verbenaceae against Leishmania brasiliensis and Trypanosoma cruzi. Molecules. 2021 Jul 25;26(15):4485. doi: 10.3390/molecules26154485. PMID: 34361638; PMCID: PMC8348457.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824143

INFESTACIÓN E INFECCIÓN DE LA ESPECIE PSITTACANTHUS CALYCULATUS EN LA CIUDAD DE MORELIA Y SUS ALREDEDORES

Gonzalo Agustín Reyes Rodríguez[1], Yvonne Herrerías Diego[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1505913f@umich.mx
2Universidad Nacional Autónoma de México; yvonne.herrerias@umich.mx

Palabras Clave: muérdago, hemiparásitas, Morelia, infestación, infección.

RESUMEN. El muérdago Psittacanthus calyculatus es nativo de América y pertenece a las plantas hemiparásitas. Puede realizar la fotosíntesis para obtener energía, sin embargo, se adhiere a los árboles para obtener agua y nutrientes de su huésped a través de conexiones llamadas haustorios. Su infestación e infección abarca principalmente árboles que se encuentran bajo el estrés de ecosistemas antropizados. Se registraron la cantidad de árboles con presencia de dicho muérdago en la ciudad de Morelia usando la delimitación de urbano, suburbano y periferia, mostrando gran presencia en la parte sur de la zona húmeda urbana de la ciudad. Se registró un total de 370 árboles con presencia de muérdago en las áreas verdes establecidas por el SMAVA urbano, suburbano y periferia. El árbol con más muérdago presente fue la especie Salix bonplandiana con 110 individuos afectados y un total de población de 329 organismos, teniendo un 33.47% de su población afectada por muérdago. El árbol más afectado en cuanto a proporción de población fue el Populus nigra teniendo 49 de 53 organismos infestados que representa el 92.45% de toda su población.

INTRODUCCIÓN. El género Psittacanthus (Loranthaceae) se reconoce por su crecimiento como semi-parásita sobre varias especies de árboles, con flores rojas llamativas, con un perianto rojo de seis lóbulos, y hojas a menudo asimétricas, verdes, con consistencia de cuero. La especie P. calyculatus se reconoce sobre todo por sus botones curvos y ensanchados en el ápice; además tiene tallos angulados, flores en triadas, 3-5 cm de largo, con los segmentos lineares y hojas algo falcadas y alargadas (Rojas y Vibrans, 2010).
Las áreas verdes dentro de las zonas urbanas forman parte de un componente ecológico sumamente importante para la flora y fauna local, además de tener alto impacto en el desarrollo de actividades recreativas humanas. Debido a que, los arbolados dentro de las ciudades ayudan de manera ecológica proporcionando hábitats lo que promueve la existencia de diversas especies y mejorando la calidad del aire, mejoramiento de la estética urbana y del incremento de la calidad de vida (Ortega Álvarez et al.,2009). Por otro lado, la presencia y densidad del arbolado mitiga el efecto de isla de calor generado en zonas urbanas por la alta presencia de construcciones humanas (Grimm et al., 2008).
El estado de salud de las áreas verdes es importante para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que ellas prestan en las ciudades. En particular, la planta semi parásita Psittacanthus calyculatus conocido como muérdago, se considera una plaga importante de bosques en México y América Central (Azpeitia y Lara, 2006), dañando las áreas verdes

urbanas de manera descontrolada (Azpeitia y Lara, 2006). Conocer su nivel de infección en la ciudad de Morelia y alrededores ayudará a tener un mejor control sobre el muérdago ayudando así a la flora y fauna local.

ANTECEDENTES. La composición y estructura de un bosque urbano es el resultado de procesos naturales y humanos, en los que no sólo existen factores abióticos (como la temperatura y la humedad) y bióticos (como la competencia intraespecífica e interespecífica), sino también los componentes del manejo humano (como la poda y el raleo), los cuales influyen en la dinámica de las poblaciones y comunidades. El manejo de los bosques urbanos está frecuentemente relacionado con problemas de salud forestal asociados principalmente a dos causas: actividades humanas, como incendios o extracción ilegal de especies y la presencia de plantas parásitas y organismos patógenos que causan enfermedades de raíces, royas y tallos (Urban Forestry & Urban Greening et al., 2016). En comparación con los árboles de las áreas naturales, los árboles urbanos se desarrollan en condiciones más estresantes, lo que los hace más susceptibles a infecciones por parásitos como el muérdago (Urban Forestry & Urban Greeninget al., 2016). La infección por muérdago es un proceso dinámico que modifica continuamente la dinámica de los rodales forestales a lo largo del tiempo con tasas de infección que aumentan progresivamente, lo que puede conducir a aumentos en la mortalidad de los árboles afectando desde la rama hasta el rodal. Al principio, los efectos del establecimiento del parásito se limitan a las ramas individuales, donde la germinación y el crecimiento temprano de las plántulas de muérdago aumentan el volumen de las hojas de las ramas mediante la adición de hojas de muérdago. La base del muérdago, haustorio, está bien establecida y florece alrededor de un año después de la infección, mientras que el aumento de la carga de muérdago en árboles individuales comenzará a mostrar efectos notables en el árbol anfitrión después de unos años (Griebel et al., 2017). Los muérdagos pueden ser perjudiciales para los árboles jóvenes, que debido a su pequeño volumen de copa parecen especialmente vulnerables a la infección por muérdago (Griebel et al., 2017). Es una plaga significativa en México. Tiene numerosas especies de árboles huésped; en el Bajío parasita principalmente huizaches (Acacia) y mezquites (Prosopis), pero también otras especies, incluyendo frutales en plantaciones, tales como cítricos o aguacates; adicionalmente, parásita rosáceas de importancia económica (Malus - manzana, Prunus - almendra, ciruelo, Crataegus - tejocote; Azpeitia y Lara, 2006). Además, es considerada una plaga forestal en pinos y encinos.

OBJETIVO. Determinar el efecto de la infección de la especie Psittacanthus calyculatus en las comunidades vegetales de la ciudad de Morelia y sus alrededores. Describir la distribución del muérdago Psittacanthus calyculatus en las áreas verdes de la ciudad de Morelia y sus alrededores.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se seleccionaron áreas verdes en la ciudad de Morelia y sus alrededores para determinar el grado de infección por Psittacanthus calyculatus. Se utilizó el mapa que ofrece el INEGI y el SIGEM, además de usar los mapas que ofrece el SMAVA 2020 (Apoyo al diseño de un Sistema Municipal de Áreas Verdes con Valor Ambiental para el municipio de Morelia). Para el primer objetivo, tomando como concepto de área verde (AV) establecido por el reglamento para las áreas verdes de Morelia (POE, 2005), el cual la define como toda superficie que ha sido destinada para conservar la cobertura vegetal natural o inducida, contribuyendo a la infiltración de agua al subsuelo y al mejoramiento paisajístico y ambiental, y el SMAVA municipal. Se visitarán las AV que se encuentren dentro

de la ciudad de Morelia, así como las que se encuentren en su periferia para poder registrar los arbolados que se encuentren infestados por el muérdago Psittacanthus calyculatus. En cada una de las AV se registrará: el número de árboles infestados e infectados. Obtendremos los niveles de infestación usando el método que se utilizó en la investigación de Alvarado y Zaavedra en su trabajo acerca de los niveles de infestación del muérdago Viscum album. En cuanto al nivel de infección se usará el sistema de evaluación de 6 clases de Hawksworth. Pues, ambos métodos han sido ampliamente utilizados en investigaciones sobre muérdagos. Para conocer el tipo de paisaje antropogénico se usarán los mapas hechos por los doctores Martínez y Bollo (Martínez y Bollo 2023)

RESULTADOS. Usando el mapa que nos proporciona el SMAVA realizamos diversos viajes a estos puntos entre los meses de abril y julio del año 2023. Visitamos las áreas verdes realizando la zonificación correspondiente y tomamos registros de las AV con presencia de muérdago Psittacanthus calyculatus. Con la ayuda de esta información utilizamos el software de Google maps para poder dividir nuestro mapa en nuestros tres anillos. Nuestro punto céntrico fue la plaza de armas, la cual es definida por el gobierno municipal como el centro de la ciudad de Morelia. Se registraron un total de 370 árboles con presencia de muérdago en las áreas verdes establecidas por el SMAVA dentro de los tres anillos prestablecidos. En toda esta área verde, el árbol con más muérdago presente fue el Salix bonplandiana con 110 individuos afectados y un total de población de 329 organismos, teniendo un 33.47% de su población afectada por muérdago. Donde, la mayoría de estos se encontraron sobre o a la orilla del río. Por otra parte, el árbol más afectado en cuanto a proporción de población fue el Álamo Populus alba teniendo 49 de 53 organismos infestados por muérdago, dando como resultado que el 92.45% de toda su población con presencia del muérdago. Extrapolando las ubicaciones de las áreas verdes infestadas por muérdago con los mapas de los Doctores Martínez y Bollo se pudo observar como las áreas verdes con muérdago se localizaban en las zonas húmedas de la ciudad de Morelia. Para el año 2024 19 árboles serán talados de esta área verde, de acuerdo con nuestros datos, lo que, probablemente causará un cambio en la biodiversidad de esta zona y se realizará una poda de saneamiento o aplicación de productos autorizados en 255 árboles.

CONCLUSIONES. El muérdago Psittacanthus calyculatus, a pesar de ser una semiparásita, cumple un papel importante en la biodiversidad sirviendo como refugio y alimento para aves, murciélagos e insectos. Así, con esta investigación tenemos una base de datos reciente sobre las ubicaciones del muérdago lo que permite saber con mayor certeza donde es que se encuentran los animales que requieren de esta planta para su ciclo de vida.

REFERENCIAS.

1 Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. (eds.). 2007. Enfermedades Forestales en México. Servicio Forestal Canadiense y Comisión Forestal de América del Norte. p. 587.
2 GS Kienle, F Berrino, A Bussing, E Portalupi, S Rosenzweig, H Kiene. (2003). Mistletoe in cancer: a systematic review on controlled clinical trials. Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE): Quality-assessed Reviews. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK69731/
3 Freuding, M., Keinki, C., Micke, O., Buentzel, J., & Huebner, J. (2019). Mistletoe in oncological treatment: a systematic review. Journal of cancer research and clinical oncology, 145(3), 695-707.
4 Díaz-Limón, M. P., Cano-Santana, Z., & Queijeiro-Bolaños, M. E. (2016). Mistletoe infection in an urban forest in Mexico City. Urban Forestry & Urban Greening, 17, 126-134.
5 Héctor Sánchez. 2020. Apoyo al diseño de un sistema municipal de áreas verdes con valor ambiental para el municipio de Morelia. Ciudades y transporte. México. https://lc.cx/VireZ1

6 Bollo Manent, Manuel, Martínez Serrano, Ayesa, & Martín Morales, Gustavo. (2023). Los paisajes antropogénicos del municipio Morelia, Michoacán de Ocampo - México. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 32(1), 50-69. Epub March 06, 2024.https://doi.org/10.15446/rcdg.v32n1.92063

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824145

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA Y AGRÍCOLA EN MORELIA, MICHOACÁN, CONSIDERANDO LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Marco Antonio Calderon[1], Barriga, Ángel Flores Ponce[2], Liliana García Romero[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1702316d@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; angel.ponce@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; liliana.romero@umich.mx

Palabras Clave: Sequía Meteorológica, Sequía Agrícola, Imagen satelital, Cambio Climático.

RESUMEN. La sequía es uno de los fenómenos meteorológicos que causa más estragos a nivel ecológico, económico y social (Castillo et al., 2017), el cual se vuelve más grave con el tiempo debido al cambio climático, por lo que se llevó a cabo una caracterización y evaluación de las sequias meteorológica y agrícola mediante datos climáticos e información satelital, en el municipio de Morelia, Michoacán, durante el período histórico y futuro, mediante la aplicación de índices de sequía como el Índice de precipitación estandarizado (SPI) y el Índice de precipitación-evapotranspiración estandarizado (SPEI), además de una aplicación mediante información satelital. De estas aplicaciones se obtuvieron mapas de calor de cada estación donde podemos observar las duraciones e intensidades de las sequias para el periodo histórico y así determinar el periodo, año o mes con mayor afectación territorial, culminando en una comparativa visual entre índices mediate la elaboración de mapas y diagramas de cajas y bigotes. A su vez se realizó la descarga y procesamiento de los deltas de precipitación y temperatura para los escenarios de trayectorias de concentración representativa (RCP) 4.5 y 8.5, donde al aplicar los deltas a la serie histórica se obtuvieron los escenarios para el periodo corto (2015-2039), periodo medio (2045-2069) y periodo largo (2075- 2099), para posteriormente aplicar los índices de sequía y realizar la distribución espacial para el periodo futuro con la afectación del cambio climático, lo cual resulto que al comparar la distribución espacial de la sequía del periodo histórico con el futuro se pudo observar que en el periodo futuro la afectación territorial de la sequía fue mayor a la analizada históricamente.

INTRODUCCIÓN. La sequía es un fenómeno que ha captado cada vez más atención debido a su frecuencia y a sus impactos en diversos sectores como la economía, la agricultura, el medio ambiente y la salud humana. Aunque no es un problema nuevo, su afectación a un mayor número de sectores en la actualidad ha hecho que más personas noten este fenómeno, aunque a menudo con ideas erróneas que manifiestan con frases como “Una sequía es simplemente cuando llueve poco y por eso no me llega agua a la casa” o “Las sequías solo afectan a las zonas desérticas” reflejan una comprensión limitada de la complejidad del problema.Contrario a estas creencias, la sequía es un problema más

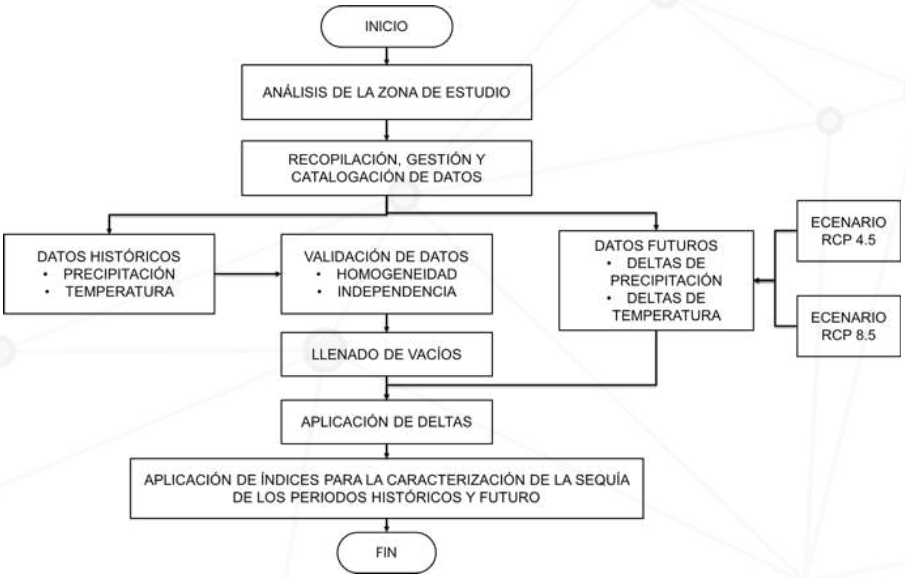
complejo que, según Wilhite y Glantz (1985), puede ser clasificado en cuatro categorías principales: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. Esta clasificación proporciona una visión más clara y justificada del fenómeno, lo que muestra que necesitamos ver el problema desde todos los ángulos para entenderlo y manejarlo mejor

ANTECEDENTES. La sequía es un lapso caracterizado por un prolongado y anormal déficit de humedad (Fermín García Jiménez, Óscar Fuentes Mariles, 2002), lo que resulta en una insuficiencia de agua para satisfacer las necesidades de los ecosistemas y las actividades humanas. A lo largo de la historia, las sequías han tenido un impacto significativo en diversas regiones del mundo. Por ejemplo, en México, la sequía de 2011-2012 fue una de las más severas en décadas, afectando a millones de personas y causando pérdidas económicas considerables. Este evento resaltó la vulnerabilidad del país ante la variabilidad climática y la necesidad de estrategias de gestión del agua más robustas. A nivel global, eventos como el Dust Bowl en Estados Unidos durante la década de 1930 han demostrado cómo las sequías pueden desencadenar migraciones masivas y cambios socioeconómicos profundos.

OBJETIVO. Analizar la situación de sequía Agrícola y Meteorológica en Morelia y proyectar los posibles impactos del cambio climático, y generar conocimiento relevante que permita desarrollar estrategias de mitigación y adaptación para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la región.

OBJETIVO ESPECÍFICOS: Evaluar las condiciones actuales de sequía agrícola y meteorológica en Morelia mediante la recopilación y análisis de datos climáticos históricos y recientes. Evaluar las posibles sequias y efectos futuros del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos en Morelia. Realizar la caracterización de sequias mediante la aplicación de índices meteorológicos y agrícolas como el SPI y SPEI.

MATERIALES Y MÉTODOS.



RESULTADOS.

Análisis de la zona de estudio. El área de estudio se encuentra en el municipio de Morelia (Fig. 2). El punto de interés es la ciudad de Morelia, ya que actúa como cabecera municipal del estado de Michoacán, además de ser un atractivo turístico y poseer un gran patrimonio cultural.

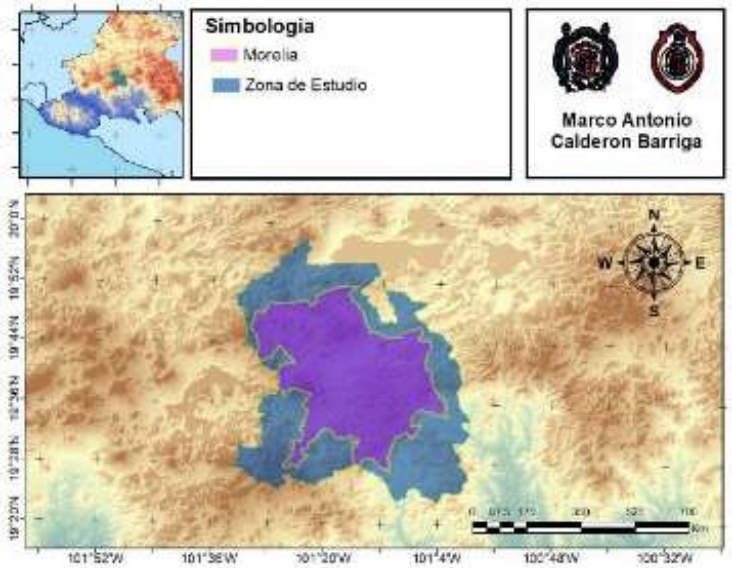


Figura 2. Mapa de la zona de estudio con zona de interés (municipio de Morelia)

Gestión de datos. Se buscaron la mayor cantidad de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio las cuales fueron sometidas a un filtro donde se evaluaron parámetros como:

- Periodo de operación
- Cantidad de datos
- Porcentaje de vacíos
- Cercanía a la zona de estudio

Las estaciones que pasaron el primer filtro fueron sometidas a un proceso de validación mediante pruebas de homogeneidad por test de secuencia y Helmert, y de independencia por un análisis de Limites de Anderson, lo que nos arrojó un total de 22 estaciones a utilizar como se puede apreciar en la Fig. 3.
Posteriormente se realizó la descarga y procesamiento de los deltas de precipitación y temperatura para los escenarios de trayectorias de concentración representativa (RCP) 4.5 y 8.5, donde al aplicar los deltas a la serie histórica se obtuvieron los escenarios para el periodo corto (2015-2039), periodo medio (2045-2069) y periodo largo (2075- 2099), para obtener los escenarios de precipitación y temperatura.

Aplicación de Índices de Sequía. Los índices son variables o parámetros utilizados para caracterizar la situación de las sequias en la una región. Como el índice de Precipitación Estandarizado (McKee, 1993) el cual se basa únicamente en la precipitación y mide la cantidad de precipitación en un período determinado en relación con la cantidad normal para esa misma ubicación y período. Y el índice de Precipitación y Evapotranspiración Estandarizado (Vicente-Serrano,2010), el cual combina la información de precipitación y evapotranspiración para proporcionar una visión más completa de las condiciones de sequía. Ambos índices se caracterizan como se aprecia en la Fig. 4. Al aplicar los índices

a cada una de las 22 estaciones se obtuvieron mapas de calor (Fig. 5) que sirvieron para realizar la caracterización de la sequía en el periodo histórico y futuro, en los cuales podemos apreciar las duraciones e intensidades de la sequía, donde se buscó el año con mayor afectación territorial, se determinó que dicho año para el periodo histórico fue 1998 por lo cual se decidió realizar su análisis de distribución espacial mediante mapas (Fig. 7) en los meses de mayor afectación que son mayo, junio y julio cuya simbología se aprecia en la Fig. 6.

	Extremadamente Seco	≤ -2
	Severamente Seco	-2 a -1.5
	Moderadamente Seco	-1.5 a -1
	Normal o Apro. Normal	-1 a 1
	Moderadamente Húmedo	1 a 1.5
	Muy Húmedo	1.5 a 2
	Extremadamente Húmedo	≥ 2

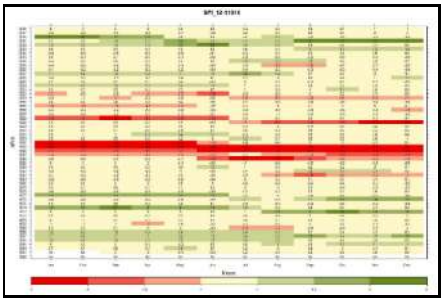
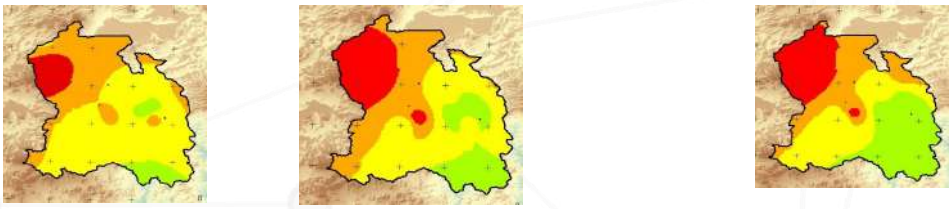


Figura 5. *Mapa de calor*

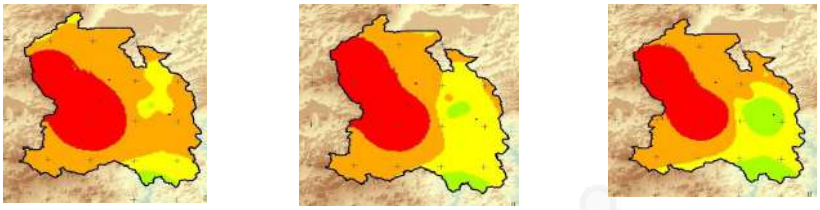


Figura 6. *Simbología de Mapas*



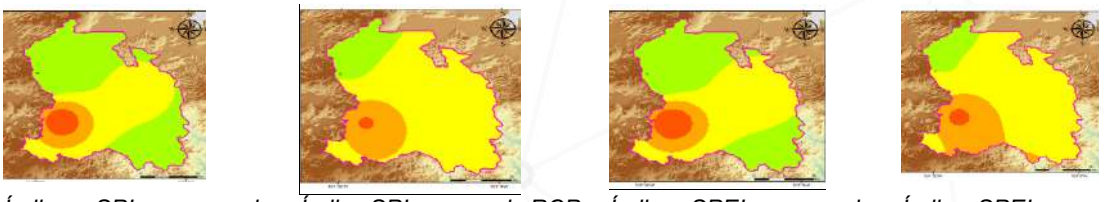
Mayo Junio Julio

Figura 7. *Distribución espacial de la sequía mediante SPI año 1998 (mayo, junio, julio)*



Mayo Junio Julio

Figura 8. *Distribución espacial de la sequía mediante SPEI año 1998 (mayo, junio, julio*



Índice SPI, escenario RCP 4.5 *Índice SPI, escenario RCP 8.5* *Índice SPEI, escenario RCP 4.5* *Índice SPEI, escenario RCP 8.5*

Figura 9. *Tipos de sequía futura con cambio climático para índice SPI y SPEI con escenarios 4.5 y 8.5*

CONCLUSIONES. Los resultados indican que tanto el índice SPI como el SPEI muestran un comportamiento espacial similar y una caracterización de sequía de extremamente seco, aunque el SPEI refleja una mayor intensidad. En cuanto a las proyecciones futuras con cambio climático, se aprecia que la precipitación no tiene gran afectación debido a este fenómeno, a diferencia de la temperatura la cual en base a los escenarios proyectados esta es cada vez mayor, lo cual nos lleva a pensar que a futuro serán más intensas las sequias.

REFERENCIAS.

1. Castillo, M. C., Castillo, L. A. I., Ramírez, R. A., Vázquez Peña, M. A., & Valdés, J. B. (2017). Analysis of meteorological drought in the Fuerte River Basin, Mexico. Tecnologia y Ciencias Del Agua, 8(1), 35–52. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-03
2. Fermín García Jiménez, Óscar Fuentes Mariles, L. G. M. R. (2002). Sequias.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824150

CARACTERIZACIÓN DE LA TORRENCIALIDAD EN SUBCUENCAS DEL RÍO GRANDE

Miguel Angel Soto Herrera[1], Luis David Navarro Arellano[2], Liliana García Romero[3], Sonia Tatiana Sánchez Quispe[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 1629225x@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 1179801d@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; liliana.romero@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: Torrencialidad, Índice, Morfología, Precipitación.

RESUMEN. En los últimos años, la ciudad de Morelia ha sufrido inundaciones debido a precipitaciones extremas. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han centrado en los daños, sin abordar adecuadamente las causas subyacentes. La cuenca del río Grande, clave para la ciudad de Morelia, carece de una caracterización detallada que permita entender su respuesta a eventos de lluvia intensa. Esta falta de información impide una gestión eficaz del riesgo hídrico y el diseño de infraestructuras adecuadas. Este estudio busca proporcionar una comprensión más profunda de las causas de las inundaciones y orientar el desarrollo de estrategias de mitigación. La cuenca del Río Grande fue subdividida en 18 subcuencas, de las cuales se analizaron sus características geomorfológicas. Se obtuvo una clasificación de torrencialidad de acuerdo con sus características morfológicas, haciendo uso del área, densidad de drenaje, coeficiente de compacidad y pendiente del cauce principal, el índice morfométrico mostro una tendencia de la cuenca, así como de las subcuencas a la baja o muy baja torrencialidad. Adicionalmente, se realizó la gestión, selección y validación de estaciones climatológicas. se seleccionaron 12 estaciones principales. Estas estaciones cumplieron con los criterios estadísticos necesarios, como homogeneidad, tendencia e independencia, y abarcan el periodo de 1960 a 2017. Con los datos de precipitación, se obtuvo el índice de concentración de precipitación diaria (CI), de esta manera se obtuvo la clasificación de torrencialidad de acuerdo con la precipitación de cada subcuenca mostrando una tendencia a la torrencialidad. De acuerdo con los índices obtenidos, se pudo observar a través de la geomorfología que las subcuencas no son torrenciales, mientras que la torrencialidad de acuerdo con la precipitación es el factor detonante que genera las inundaciones, esto se comprueba con el índice CI.

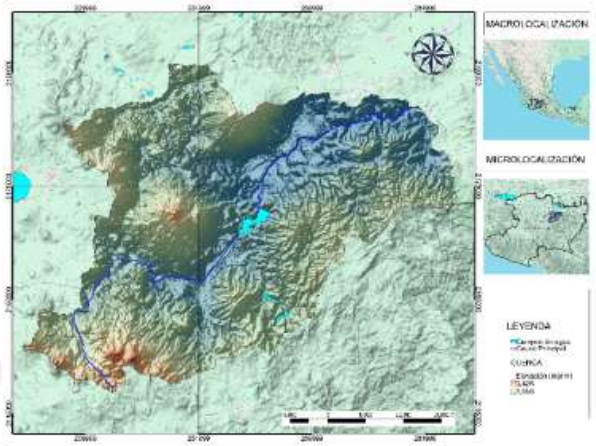
INTRODUCCIÓN. Las avenidas torrenciales son una de las principales amenazas naturales a nivel mundial debido a las pérdidas de vidas humanas e impactos económicos que causan (Gaume et al., 2009; Jonkman, 2005). En los últimos años, la ciudad de Morelia ha sufrido inundaciones debido a precipitaciones extremas. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han centrado en los daños, sin abordar adecuadamente las causas subyacentes. La cuenca del río Grande calve para la ciudad de Morelia, carece de una caracterización detallada que permita entender su respuesta a eventos de lluvia intensa. Esta falta de información impide una gestión eficaz del riesgo hídrico y el diseño de infraestructuras

adecuadas. Es crucial identificar las subcuencas dentro de la cuenca del río Grande que presenten mayor riesgo de inundación, basándose en factores como la capacidad de infiltración del suelo, la pendiente y la forma de la cuenca. Este estudio busca proporcionar una comprensión más profunda de las causas de las inundaciones y orientar el desarrollo de estrategias de mitigación, abordando un problema crítico en la gestión de recursos hídricos en la región

ANTECEDENTES. La caracterización de cuencas es de gran importancia en la realización de estudios hidrológicos (Universidad de los Andes Venezuela, 2013). Los cuales permitirán realizar de mejor manera la gestión del recurso hídrico, permitiendo realizar un diseño de infraestructuras adecuadas. El índice de precipitación diaria se ha popularizado por ser un método sencillo de interpretar además de que resulta muy útil para explorar riesgos asociados con eventos de precipitación extrema (Serrano-Notivoli et al., 2018). Uno de los principales retos en el estudio de las avenidas torrenciales es la falta de información hidrometeorológica (Creutin & Borga, 2003; Gaume et al., 2009; Ragettli et al., 2017).

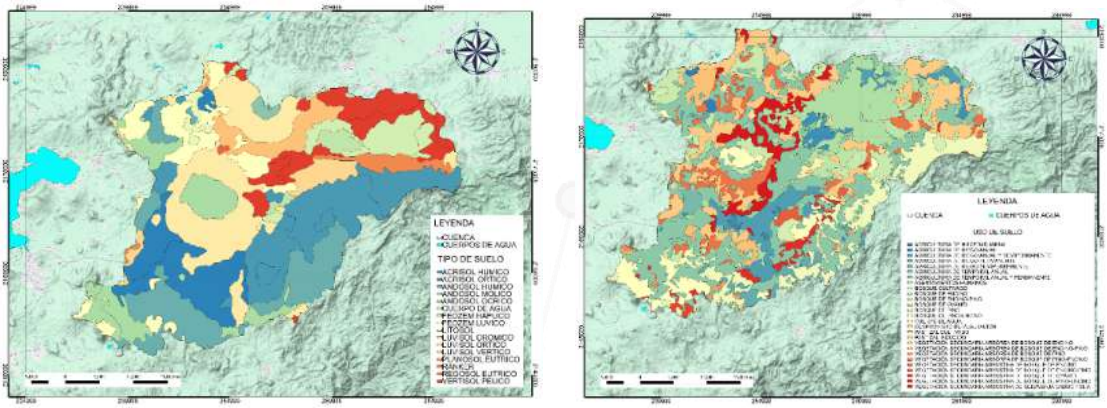
OBJETIVO. Obtención de una caracterización detallada que permita entender la respuesta de cada subcuenca ante eventos de lluvia intensa. Identificar las subcuencas que presentan mayor riesgo de inundación, basándose en factores como la pendiente media del cauce principal, la densidad de drenaje, el coeficiente de compacidad y forma de la cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se obtuvieron las características geomorfológicas, entre los parámetros obtenidos destacan el área de la cuenca de 1392.32 km^2, el factor de forma de la zona de estudio de 0.20 indicándonos que es de forma alargada (Perez j., 1979), el tiempo de concentración por diferentes métodos (Ibañez Asensio et al., 2011), la densidad de drenaje de 1.53 km/km^2 y la pendiente del cauce principal de 1.12%. La caracterización se realizó también para las 18 subcuencas en las que fue dividida la cuenca.



Parámetros	CUENCA
Área de la cuenca (km^2)	1392.32
Pendiente del cauce principal (m/m)	0.0112
Longitud del cauce principal (km)	84.21
Altura máxima de la cuenca (msnm)	3426
Altura mínima de la cuenca (msnm)	1850
Altura media de la cuenca (msnm)	2638.0
Desnivel máximo del cauce principal (msnm)	1225.00
Longitud total de drenajes (km)	2131.29
Densidad de drenaje (km/km^2)	1.53
Perímetro (km)	232.37
Tiempo de concentración kirpich (hr)	11.29
Tiempo de concentración California Highways and Public Works (hr)	10.27
Tiempo de concentración Témez (hr)	20.45
Tiempo de concentración Giandotti (hr)	9.84
Tiempo de concentración Ventura-Heras (hr)	2.26
Tiempo de retraso (hr)	6.84
Relieve (R)	1576
Relación de relieve (Rr)	18.72
Numero de rugosidad (Rn)	2.41
Factor de forma (adimensional)	0.20
Índice de melton (M)	1.63
Relación de elongación (adimensional)	0.50
Relación de circularidad (Rc)	75.30
coeficiente de compacidad (adimensional)	1.76
Constante de mantenimiento del canal (Cmc)	0.65

Se recopilaron datos del Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO, 2020) para obtener el tipo y uso de suelo que se presenta en la zona, obteniéndose como principal uso de suelo bosque y agricultura (fig. 2), mientras que el principal tipo de suelos son acrisoles los cuales se muestra en la fig. 3 (INEGI, 2014).



Para obtener los valores de precipitación diaria se utilizaron datos de las estaciones meteorológicas, dichos datos se obtuvieron de CLICOM (2023) iniciándose el estudio con 50 estaciones las cuales se redujeron al hacer pruebas estadísticas resultando un total de 12 estaciones, de las cuales se utilizó el periodo de 1963-2015, estos datos nos ayudaron para obtener posteriormente el índice CI.

El índice morfométrico se constituye en la relación entre las variables morfométricas, como el coeficiente de compacidad o de forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos en una cuenca, la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca luego de un evento de precipitación y, con ello, inferir cuál podría ser el nivel de susceptibilidad a procesos torrenciales (Rivas y Soto, 2009).

Se define una serie de valores promedio de las variables indicadas, estableciendo seis categorías o rangos; mientras mayores sean estos valores, hay una mayor tendencia a que en la cuenca se presenten procesos torrenciales, es decir, existe una mayor vulnerabilidad a este tipo de procesos (IDEAM, 2011e). En la tabla 2 se muestran los rangos de la clasificación de los parámetros mencionados

Índice morfométrico	**Área de la cuenca de drenaje (km^2)**	**Categorías**				
		1	**2**	**3**	**4**	**5**
Densidad de drenaje (km/km^2)	**<15**	<1.5	1.51-2	2.01-2.5	2.51-3	>3
	16 a 50	<1.2	1.21-1.80	1.81-2	2.01-2.5	>2.5
	>50	<1	1.01-1.5	1.51-2	2.01-2.5	>2.5
		Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta
Pendiente media de la cuenca (%)	**<15**	<20	21-35	36-50	51-75	>75
	>50	<15	16-30	30-45	46-65	>65
		Accidentado	Fuerte	Muy Fuerte	Escarpado	Muy Escarpado
Coeficiente de compacidad		>1.625	1.5-1.376	1.375-1.251	1.250-1.126	1.12-1.00
		Oval-Oblongo a rectangular-oblonga	Oval-Redonda a oval-oblonga		Casi redonda a oval-redonda	

Tabla 2. *Relaciones para categorizar el índice morfométrico. (modificada de Fuente: IDEAM, 2013).*

Las categorías del índice morfométrico que van desde muy alta hasta muy baja, en función de los parámetros pendiente media de la cuenca, densidad de drenaje y coeficiente de forma, se muestran en la Tabla 3. (IDEAM, 2013)

		Pendiente media de la cuenca						
		1	2	3	4	5		
Densidad de drenaje	1	111	121	131	141	151	1	Coeficiente de forma
		112	122	132	142	152	2	
		113	123	133	143	153	3	
		114	124	134	144	154	4	
		115	125	135	145	155	5	
	2	211	221	231	241	251	1	
		212	222	232	242	252	2	
		213	223	233	243	253	3	
		214	224	234	244	254	4	
		215	225	235	245	255	5	
	3	311	321	331	341	351	1	
		312	322	332	342	352	2	
		313	323	333	343	353	3	
		314	324	334	344	354	4	
		315	325	335	345	355	5	
	4	411	421	431	441	451	1	
		412	422	432	442	452	2	
		413	423	433	443	453	3	
		414	424	434	444	454	4	
		415	425	435	445	455	5	
	5	511	521	531	541	551	1	
		512	522	532	542	552	2	
		513	523	533	543	553	3	
		514	524	534	544	554	4	
		515	525	535	545	555	5	

Muy baja
Baja
Moderada
Alta
Muy alta

Tabla 3. *Relaciones entre variables para el índice morfométrico (Modificado de Fuente: IDEAM, 2013).*

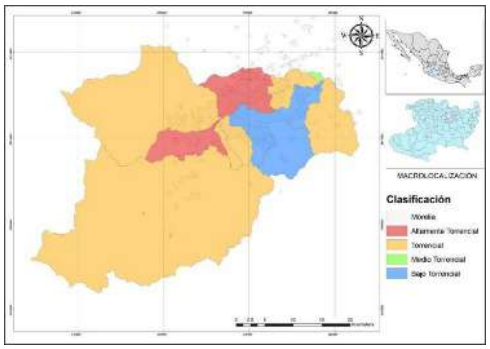
El índice de precipitación diaria se calculó con los datos obtenidos de las estaciones climatológicas. El procedimiento utilizado es agrupar los valores en clases de un milímetro, una vez clasificados se calculan las frecuencias de los días de lluvia y la cantidad de precipitación por cada clase, se grafican y se genera una curva tipo exponencial, como la curva de Lorentz. (Núñez-González, 2021).

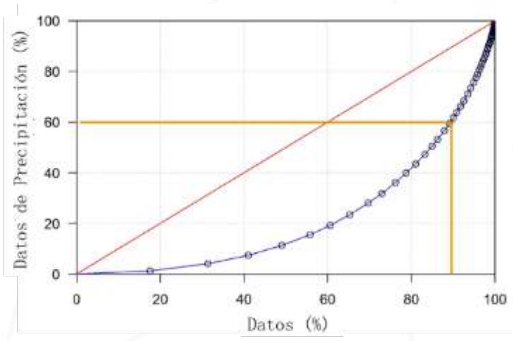
RESULTADOS. El índice morfométrico mostro una tendencia de la cuenca, así como de las subcuencas a la baja o muy baja torrencialidad.

Cuenca	Área (km²)	Densidad de drenaje (km/km²)	Categoría	Pendiente del cauce principal (%)	Categoría	Coeficiente de Compacidad	Categoría		Clasificación
Subcuenca 1	663.65	1.51	3	2.02%	1	2.12	1	311	baja
Subcuenca 2	47.65	1.36	2	2.23%	1	1.99	1	211	baja
Subcuenca 3	308.55	1.63	3	1.18%	1	1.67	1	311	baja
Subcuenca 4	10.05	0.88	1	0.24%	1	1.62	2	112	muy baja
subcuenca 5	10.71	0.78	1	0.40%	1	2.52	1	111	muy baja
Subcuenca 6	40.21	0.97	1	0.13%	1	1.91	1	111	muy baja
Subcuenca 7	20.53	0.74	1	1.30%	1	2.15	1	111	muy baja
Subcuenca 8	2.48	0.22	1	1.86%	1	1.58	2	112	muy baja
Subcuenca 9	81.64	1.15	2	2.89%	1	1.83	1	211	baja
Subcuenca 10	10.60	0.95	1	1.43%	1	1.75	1	111	muy baja
Subcuenca 11	18.62	0.99	1	2.28%	1	1.59	1	111	muy baja
Subcuenca 12	11.72	0.86	1	3.25%	1	1.58	2	112	muy baja
Subcuenca 13	10.20	0.47	1	1.42%	1	2.05	1	111	muy baja
Subcuenca 14	86.82	1.18	2	2.07%	1	2.24	1	211	baja
Subcuenca 15	26.68	0.82	1	2.75%	1	2.12	1	111	muy baja
Subcuenca 16	24.31	0.87	1	2.54%	1	1.75	1	111	muy baja
Subcuenca 17	11.30	0.59	1	3.11%	1	2.26	1	111	muy baja
Subcuenca 18	6.11	0.27	1	0.52%	1	1.54	2	112	muy baja
Cuenca General	1392.32	1.53	3	1.12%	1	1.76	1	311	baja

El índice de precipitaciones diarias oscila entre 0.44 y 0.57 que de acuerdo con Los valores del índice de concentración considerados por Roblero-Hidalgo, et al. (2018)

el valor obtenido se considera como torrenciales y altamente torrenciales (CI > 0.54).





CONCLUSIONES. De acuerdo con los índices obtenidos, se pudo observar a través de la geomorfología que las subcuencas no son torrenciales, mientras que la torrencialidad de acuerdo con la precipitación es el factor detonante que genera las inundaciones, esto se comprueba con el índice CI valor que se encuentra entre 0.44 y 0.57.

REFERENCIAS.

1. Creutin, J. D., & Borga, M. (2003). Radar hydrology modifies the monitoring of flash-flood hazard. Hydrological Processes, 17(7), 1453–1456. https://doi.org/10.1002/hyp.5122
2. CONABIO. (2020). PORTAL DE GEOINFORMACIÓN 2023, SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD (SNIB), Vegetación y uso de suelo. http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/.
3. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Red de Información Ambiental de Andalucía, REDIAM. 2015
4. Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE (http://clicom-mex.cicese.mx).
5. Gaume, E., Bain, V., Bernardara, P., Newinger, O., Barbuc, M., Bateman, A., Blaškovičová, L., Blöschl, G., Borga, M., Dumitrescu, A., Daliakopoulos, I., Garcia, J., Irimescu, A., Kohnova, S., Koutroulis, A., Marchi, L., Matreata, S., Medina, V., Preciso, E., … Viglione, A. (2009). A compilation of data on European flash floods. Journal of Hydrology, 367(1–2), 70–78. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028
6. Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). Métodos para determinar el tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica. https://riunet.upv.es:443/handle/10251/10779
7. IDEAM (2011e). Proyecto vulnerabilidad de las fuentes abastecedoras de acueductos Contrato Nº 077 2011 suscrito entre IDEAM y Renny Balanta Murcia.
8. IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. 2013. Bogotá, D. C. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022653/DocumentoMARCCONCEPTUAL.pdf
9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México: INEGI, c2014.
10. Jonkman, S. N. (2005). Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods. Natural Hazards, 34, 151–175. http://www.em-dat.net/.
11. Núñez-González, G. (2021). Reanálisis del índice de concentración de la precipitación diaria en la cuenca del Río Grande de Morelia. Tecnología y Ciencias Del Agua, 12(6), 422–454. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-10
12. Perez, J. (1979). Fundamentos del ciclo hidrológico. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería Departamento de Meteorología e Hidrología. Caracas, Venezuela. PP 38.
13. Ragettli, S., Zhou, J., Wang, H., Liu, C., & Guo, L. (2017). Modeling flash floods in ungauged mountain catchments of China: A decision tree learning approach for parameter regionalization. Journal of Hydrology, 555, 330–346. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.031
14. Rivas, y Soto (2009). Determinación de niveles de potencialidad torrencial de la cuenca del río Mocotíes, Mérida, Venezuela. Revista Forestal Venezolana, Año XLI II, Volumen 53(1) Enero-junio, 2009, pp. 33-4.

15. Roblero-Hidalgo, R., Chavez-Morales, J., Ibañez-Castillo, L. A., PalaciosVelez, O. L., Quevedo-Nolasco, A., & Gonzalez-Camacho, J. M. (2018). Índice de concentración de la precipitación diaria en la cuenca del Río Grande de Morelia. Tecnología y ciencias del agua. DOI: 10.24850/j-tyca-2018-05-07

16. Serrano-Notivoli, R., Martín-Vide, J., Saz, M. A., Longares, L. A., Begueria, S., Sarricolea, P.,..., & De-Luis, M. (2018). Spatio-temporal variability of daily precipitation concentration in Spain based on a high-resolution gridded data set. International Journal of Climatology. Recuperado de https://doi.org/10.1002/joc.5387.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824151

EFECTO DEL FUEGO SOBRE LAS ESTRATEGIAS FUNCIONALES DE ESPECIES LEÑOSAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Esthela Rodríguez-García[1], Moisés Méndez-Toribio[2]
1Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología (INECOL A.C.); esthela.rodriguez@posgrado.ecologia.edu.mx
2Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología (INECOL A.C.); moises.mendez@inecol.mx

Palabras Clave: Fuego, Inflamabilidad, Resistencia, Restauración.

RESUMEN. El fuego es un factor clave que moldea la estructura, composición y función de diversos ecosistemas. Sin embargo, en los bosques templados ha sido poco explorado el efecto que tienen los incendios sobre las estrategias funcionales en comunidades de leñosas que contrastan en la composición de especies. Este estudio compara la dominancia de rasgos funcionales y las estrategias relacionadas con la resistencia al fuego (e.g., tolerar o escapar) en la comunidad de leñosas ≥ 2.5 cm de diámetro a la altura del pecho en 16 unidades de muestreo caracterizadas por diferentes historias de fuego en los últimos 25 años: con incendios recientes de 3 a 4 años y sin incendios recientes. El estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, en Uruapan, Michoacán. La variación funcional se caracterizó mediante la medición detallada de 12 rasgos funcionales, relacionados con la resistencia de las especies y el comportamiento del fuego. Los resultados permitieron identificar dos estrategias funcionales en respuesta al fuego: una relacionada con la resistencia al fuego mediante la retención de agua en los tejidos que ayuda a retardar el fuego y/o reduce la inflamabilidad, y otra con la facilitación de la propagación del fuego a través de la alta inflamabilidad. En los sitios recientemente quemados del bosque de pino, incrementó la dominancia del contenido de agua en los tejidos (estrategia de no inflamabilidad). En contraste, rasgos relacionados con la estrategia de inflamabilidad dominaron en los sitios no quemados: cortezas gruesas, maderas con alta densidad, ramas con alto contenido de materia seca, vegetación leñosa de gran altura y hojas con un área foliar específica alta. Estos hallazgos subrayan la importancia de la historia de fuego en la configuración de los rasgos funcionales de las especies vegetales en los ecosistemas estudiados. Estos resultados tienen implicaciones importantes para la gestión de ecosistemas, particularmente en el contexto del cambio climático y la creciente frecuencia de incendios forestales.

INTRODUCCIÓN. El fuego es un factor clave que moldea la estructura, composición y función de diversos ecosistemas. A pesar de que los incendios históricamente han sido entendidos como procesos naturales, los regímenes actuales han sido alterados por la variabilidad climática y la influencia antropogénica en el uso del fuego. En los bosques templados ha sido poco explorado el efecto que tienen los incendios sobre las estrategias funcionales en comunidades de leñosas que contrastan en la composición de especies.

ANTECEDENTES. Se tiene registro de que las plantas con estrategias de respuesta al fuego presentan una combinación de rasgos que les confiere la capacidad de persistir en ecosistemas propensos a incendios, dicha permanencia puede manifestarse durante el incendio, después del mismo, o mediante la capacidad de recuperación post-incendio (Pausas et al., 2017; Vesk, 2006). Existen tres estrategias principales en relación con la inflamabilidad: especies inflamables rápidas, especies inflamables calientes y especies no inflamables (Pausas et al., 2017).

OBJETIVO. Evaluar el efecto del fuego sobre la dominancia funcional de especies leñosas en un bosque templado en el Área Natural Protegida "Parque Nacional Barranca del Cupatitzio", ubicado en Uruapan, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio se llevó a cabo en el área de montaña del Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, en Uruapan, Michoacán. Dicho bosque cuenta con asociaciones vegetales de pino y pino encino que, a su vez, han estado sujetas a distintas historias de fuego en los últimos 25 años. Los sitios quemados fueron recientemente afectados por incendios (hace 3-4 años), y los sitios no quemados recientemente (control), es decir, que no han presentado eventos de fuego en los últimos 25 años. Un total de 48 especies leñosas con un DAP ≥ 2.5 cm, a la altura del pecho, fueron registradas en 16 unidades de muestreo de 0.1 ha. Las 16 unidades de muestreo fueron distribuidas de manera equitativa entre sitios quemados (4 en bosque de pino y 4 en bosque de pino-encino) y no quemados (4 en bosque de pino y 4 en bosque de pino-encino). A cada una de las especies se les midieron 12 rasgos funcionales foliares, de la madera y de regeneración: altura máxima, área foliar específica, contenido de materia seca foliar, contenido de agua foliar, densidad de la madera, contenido de materia seca en ramas, contenido de agua en ramas, inflamabilidad, tiempo de ignición, tiempo de sostenibilidad de la llama, grosor de la corteza y capacidad de rebrote. Las muestras frescas de madera y hojas de las especies se colectaron en noviembre del 2023, en al menos cinco individuos (Pérez- Harguindeguy et al., 2013). El contenido de materia seca en hojas (CMSF) y ramas (CMSR) fueron calculados como el peso seco de la muestra (mg) dividido por el peso fresco (g), mientras que el contenido de agua en ramas y hojas (CAF, CAR) es igual a 1000 - CMS (contenido de materia seca), utilizando las mismas unidades en las cuales se expresa el CMS (mg/g; Pérez- Harguindeguy et al., 2013). El Área Foliar Específica (AFE) se determinó como el área foliar entre la masa seca foliar (Cornelissen et al., 2003; Pérez- Harguindeguy et al., 2013). El grosor de la corteza se midió en cinco puntos alrededor del fuste de cada individuo, a una altura de 40 cm del suelo con un medidor de corteza. La densidad de la madera se estimó con porciones de en ramas de entre 1.5 a 3 cm de diámetro por el método de desplazamiento de agua después de quitar la corteza (Cornelissen et al., 2003; Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Las mediciones de altura máxima (ALT) se realizaron con ayuda de un hipsómetro láser. En la capacidad de rebrote (CR) para cada especie se identificaron entre cinco y diez individuos y se obtuvo el porcentaje de individuos que rebrotaron después de haber perdido el 100% de la biomasa aérea por el incendio. La Inflamabilidad (INF), fue medida en porciones terminales de ramas secundarias frescas de 50 cm de largo conservando su arquitectura. Este método involucra un aparato de tecnología muy simple en el cual se colocaron las ramas que fueron precalentadas y encendidas de manera estándar, realizando el cálculo de los siguientes componentes: porcentaje de biomasa

consumida (PBC), temperatura máxima (TM) y biomasa consumida (BC; Jaureguiberry et al., 2011). Los valores obtenidos para cada componente se transformaron a una escala proporcional para estandarizarlos, en donde el valor 1 es asignado a un valor de referencia. Los valores estandarizados de cada componente se suman para obtener un valor compuesto de inflamabilidad que puede variar entre 0 (inflamabilidad nula) y ~3 (máxima inflamabilidad; Jaureguiberry et al., 2011). Los tiempos de ignición y sostenibilidad de la flama fueron medidos en las mismas muestras que la inflamabilidad. El Tiempo de Ignición (TI) fue medido como el tiempo transcurrido (s) desde que se coloca la muestra hasta que aparece la primera llama sostenida en la muestra (Valette, 1990). La Sostenibilidad de la flama (TS) se calculó como la diferencia entre el tiempo de ignición y el de extinción de la llama en las muestras colocadas en el dispositivo de inflamabilidad (Valette, 1990). La dominancia de cada atributo en las unidades de muestreo se determinó mediante el cálculo de la media ponderada comunitaria (CWM), y se realizaron pruebas de ANOVA de dos vías utilizando un algoritmo de remuestreo con 4999 permutaciones para minimizar cualquier efecto de autocorrelación espacial

RESULTADOS. Los resultados del PCA mostraron una división de los rasgos de las plantas en dos estrategias principales definidas por el eje horizontal de variación funcional: (1) inflamable (sitios control) y (2) no inflamable (sitios de pino quemados), las cuales están relacionadas con la resistencia al fuego a través de evitar o tolerar (asociada al contenido de materia seca en los tejidos, rápido crecimiento en altura, grosor de la corteza, densidad de la madera y el área foliar específica), y retardar el fuego (relacionada con un mayor contenido de agua en los tejidos), respectivamente. Para el eje vertical de variación funcional identificamos dos estrategias: (1) inflamable rápido asociado a altos valores de área foliar específica e índice de inflamabilidad a nivel de planta, y (2) inflamable caliente con persistencia post-fuego relacionado a la alta capacidad de rebrote y mayor tiempo de ignición (Fig. 1).

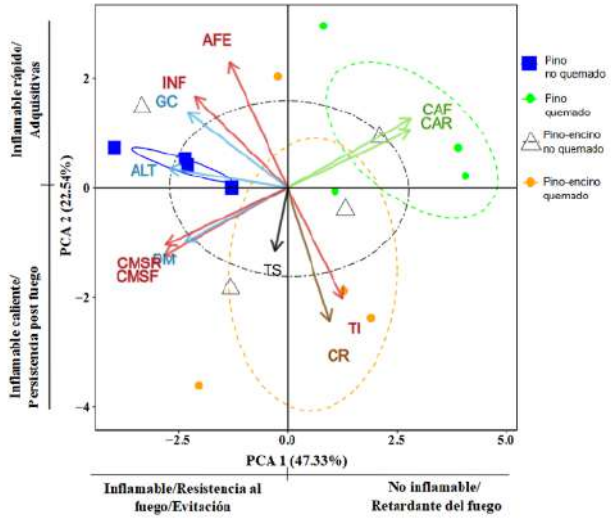


***Figura 1**. Análisis de componentes principales (PCA) de la media ponderada comunitaria (CWM) para los 12 rasgos funcionales evaluados en la comunidad de leñosas. ALT=altura, GC=grosor de la corteza, DM=densidad de la madera, CAF= contenido de agua foliar, CAR=contenido de agua en ramillas, CR=capacidad de rebrote, TI=tiempo de ignición, TS=tiempo de sostenibilidad, CMSF=contenido de materia seca foliar, CMSR=contenido de materia seca en ramas, INF=inflamabilidad, AFE=área foliar específica.*

Al realizar el análisis de inflamabilidad en 39 de las 48 especies presentes en el sitio, encontramos que, el 59% de las especies de leñosas evaluadas tienen grado de inflamabilidad de moderada a elevada (1.01- 2.83), el restante 41% son ligeramente inflamables (1<). La mayor inflamabilidad corresponde a cinco especies del género *Pinus* spp. que son dominantes en este tipo de vegetación, siendo *Pinus lawsonii* la especie más inflamable y que obtuvo el menor tiempo de ignición (TI; 0.01 segundos). El mayor tiempo de sostenibilidad de la llama (TS) corresponde a *Arbutus xalapensis* con 870.74 segundos (14.5 minutos). La especie *Clusia salvinii* presentó nula inflamabilidad (Fig. 2).

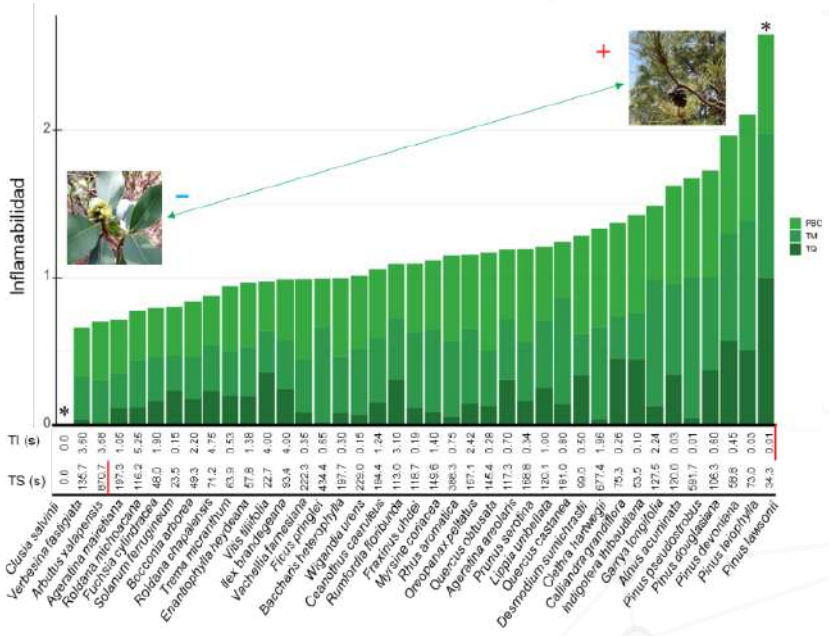


***Figura 2**. Caracterización de la inflamabilidad de 39 especies de plantas leñosas en los que se muestran los valores de los componentes de dicho rasgo: PCB, porcentaje de biomasa consumida; TM, temperatura máxima; TQ, tasa de quemado.*

CONCLUSIONES. La diferenciación en estrategias adaptativas relacionadas con la resistencia y la inflamabilidad proporciona una base para entender cómo las plantas responden a la perturbación del fuego. Nuestros resultados son de gran relevancia ya que, en términos de manejo de incendios, entender estas adaptaciones puede ayudar a desarrollar estrategias más efectivas para el control del fuego, pueden contribuir a prácticas de manejo forestal y conservación en regiones propensas a incendios frecuentes, además, tienen implicaciones importantes para la gestión de ecosistemas, particularmente en el contexto del cambio climático y la creciente frecuencia de incendios forestales.

REFERENCIAS.

1. Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Poorter, H. (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian journal of Botany, 51(4),335-380.
2. Jaureguiberry, P., Bertone, G., Diaz, S. (2011). Device for the standard measurement of shoot flammability in the field. Austral Ecology, 36(7), 821-829.

3. Pausas, J. G., Keeley, J. E., & Schwilk, D. W. (2017). Flammability as an ecological and evolutionary driver. Journal of Ecology, 105(2), 289-297.
4. Pérez-Harguindeguy N., Díaz S., Garnier E., Lavorel S., Poorter H., Jaureguiberry P., Bret-Harte M. S., Cornwell W. K., Craine J. M., Gurvich D. E., Urcelay C., Veneklaas E. J., Reich P. B., Poorter L., Wright I. J., Ray P., Enrico L., Pausas J. G., de Vos A. C., Buchmann N., Funes G., Quétier F., Hodgson J. G., Thompson K., Morgan H. D., ter Steege H., van der Heijden M. G. A., Sack L., Blonder B., Poschlod P., Vaieretti M. V., Conti G., Staver A. C., Aquino S., Cornelissen J. H. C. (2013) New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany 61, 167–234.
5. Valette, J. C. (1990). Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. Revue forestière française, 42(S), 76-92.
6. Vesk, P. A. (2006). Plant size and resprouting ability: trading tolerance and avoidance of damage? Journal of Ecology, 1027-1034.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824154

DISPOSICIÓN A PAGAR PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MORELIA

Gane Suárez Cruz[1], Rafael Trueba Regalado[2], Carlos Francisco Ortiz Paniagua[3]

1Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Correo: 9902600e@umich.mx

2Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Correo: rafael.trueba@umich.mx

3Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Correo: carlos.ortiz@umich.mx

Palabras Clave: desarrollo económico, impacto ambiental, mercado hipotético, consumidores.

RESUMEN. En las últimas décadas Morelia ha experimentado un crecimiento demográfico y económico, acompañado de una creciente urbanización y notable aumento en el registro de vehículos. Este fenómeno se atribuye a su condición de capital del estado, que ofrece múltiples oportunidades laborales, académicas, empresariales y turísticas. Sin embargo, este incremento poblacional ha generado una mayor demanda de productos, servicios y movilidad lo que ha impactado negativamente la calidad del aire. Las emisiones contaminantes provenientes de vehículos, junto con las diversas industrias como la química, alimentaria, papeleras y ladrilleras han contribuido al deterioro ambiental y al aumento de enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire. A nivel federal Michoacán ocupa el cuarto lugar en número de vehículos registrados mientras que Morelia lidera a nivel estatal con una alarmante proporción de tres vehículos por cada cinco habitantes, lo que acentúa la contaminación atmosférica en la ciudad. Por ello, el objetivo de esta ponencia es presentar la disposición a pagar de la población de la ciudad de Morelia para implementar medidas que mejoren la calidad del aire. El enfoque metodológico del trabajo es la valoración contingente, que permite determinar el valor que los consumidores asignan a un bien ambiental. El análisis se fundamenta en un cuestionario que se presenta a los entrevistados en un escenario hipotético, preguntándoles cuánto estarían dispuestos a pagar por una mejora en la calidad del aire. Los resultados del estudio revelan que un 64.3% de la población muestra una disposición a pagar positiva para implementar acciones que mejoren la calidad del aire en la ciudad. El dinero se destinaría a las siguientes medidas de gestión: ampliación de áreas verdes en zonas estratégicas, acciones de regulación, vigilancia a las empresas y un programa gubernamental de verificación vehicular.

INTRODUCCIÓN. La calidad del aire limpio es un bien indispensable para asegurar la calidad de vida de la población debido a que influye directamente en la salud y bienestar de las personas. Cabe mencionar que la exposición prolongada a la contaminación atmosférica puede provocar diversas enfermedades como pulmonares, cardiovasculares, respiratorias,

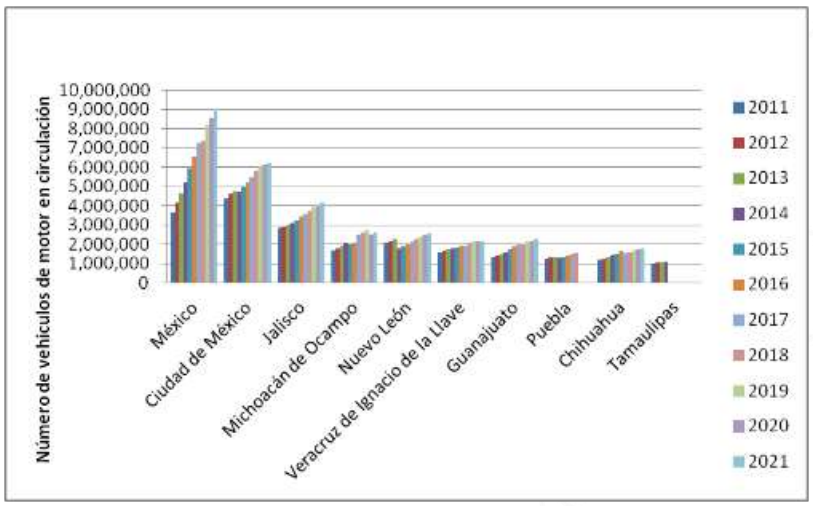
oculares, cáncer, entre otras (OMS, 2022). Desde la perspectiva de la economía ambiental cuyo objeto de estudio son los problemas ambientales que enfrentan las sociedades humanas y lo que más la caracteriza son sus herramientas o técnicas de análisis económico que permiten abordar este tipo de problemas, para conocer el valor que le asignan los individuos a los bienes ambientales que no se encuentra en el mercado (Azqueta, 2007). Una de las herramientas que brinda la economía ambiental es el Método de Valoración Contingente (MVC), el cual se utilizó en este estudio para conocer el valor que le asignan los habitantes de la ciudad a la calidad del aire, suponiendo un nivel de calidad óptimo.

ANTECEDENTES. La contaminación atmosférica se considera un peligro ambiental para la salud en las Américas según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Este tipo de contaminación se compone de partículas finas con medidas de diámetro de 10 micras o menos y se consideran los contaminantes más dañinos para la salud. La quema de combustibles fósiles causa que estas partículas se dispersen y se mantengan suspendidas en el aire, lo cual tiene un impacto en la salud de los habitantes. La OMS ha establecido las pautas que indican que los niveles de exposición máximos para PM10 y PM2.5 los cuales son de 45 µg/m3 y de 15 µg/m3 en 24 horas respectivamente, si estos se superan pueden provocar enfermedades en las personas (OMS, 2022). En Michoacán, algunos centros urbanos, como Lázaro Cárdenas, Morelia, Uruapan y Zitácuaro, han comenzado a experimentar problemas de contaminación del aire los cuáles se atribuyen a factores como el flujo intenso de vehículos (Alonso, et al., 2007). En Morelia se ha identificado en el entorno urbano la presencia de material particulado PM 2.5 con niveles promedio mensuales por arriba de los establecidos por la OMS (AQI, 2023). Así también en las últimas décadas, se ha observado un ascenso en los índices de muertes por enfermedades respiratorias, isquémicas del corazón, pulmonares, asmáticas y de cáncer, las cuales están asociadas con la mala calidad atmosférica (Cejudo, 2022). Por tanto, es esencial comprender el impacto que tiene la mala calidad del aire en la salud de la población y buscar soluciones efectivas que promuevan una mejor calidad de vida. El impacto ambiental que ha tenido la calidad del aire en Morelia se atribuye a las diversas actividades antropogénicas, que vienen acompañadas con el aumento demográfico requiriendo así mayor producción, distribución y consumo de bienes y servicios. El crecimiento porcentual de la población de Morelia se presenta en la Tabla 1, la cual muestra un constante aumento poblacional.

Año	Población	Aumento de población
1995	578,061	
2000	620,532	7.35%
2010	729,279	17.52%
2020	849,053	16.42%

***Tabla 1**. Aumento de población del municipio de Morelia por lustro*
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021).

En la Gráfica 1 se puede observar el comportamiento del registro de vehículos en circulación en cada estado, así como los que ocupan los primeros diez lugares con mayor registro, en dicha gráfica se puede visualizar que a nivel nacional Michoacán ha ocupado el cuarto lugar por más de una década, lo que indica una excesiva flota vehicular.



***Gráfica 1**. Registro de vehículos de motor en circulación*
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021).

Así también el aumento de los vehículos de motor registrados en circulación en Morelia ocupa el primer lugar a nivel estatal lo que impacta en la contaminación atmosférica en la ciudad, aunado a lo anterior la falta de mantenimiento de los vehículos, el transporte público antiguo, el tráfico vehicular en horas pico en las diferentes zonas, entre otros, son factores determinantes de la contaminación del aire, lo cual afecta a la salud de la población. Diversos estudios han demostrado que la exposición por tiempo prolongado a contaminantes de PM 10 y PM 2.5 en el aire, está asociada a un mayor riesgo de padecer enfermedades respiratorias, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, infecciones respiratorias, cáncer de pulmón, agravación del asma, entre otras (Ballester, et al., 1999; Larsen, 2003; Cejudo, 2022). Por lo tanto, derivado de los antecedentes que se han presentado, resalta el problema ambiental que aqueja a la ciudad de Morelia y que este estudio pretende conocer la disposición de la población para que se realicen acciones que mejoren la calidad del aire y por consiguiente la calidad de vida, impactado positivamente en la salud de los habitantes de la ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS. El MVC tiene como objetivo estimar el valor que las personas otorgan a cambios en su bienestar ante supuestos hipotéticos relacionados con un bien o servicio ambiental (Azqueta, 2007). Este método consiste en crear un mercado simulado de un bien que no se encuentra contemplado en el mercado, permitiendo que la población, a través de encuestas exprese su disposición a pagar por la mejora o evitar la pérdida de dicho bien (Labandeira, et al., 2007). El MVC es especialmente adecuado para estimar el valor que asignan los individuos ante un supuesto positivo de tener una óptima calidad del aire, ya que se trata de un método directo de preferencias declaradas que revela la disposición a pagar de la población por esta mejora (Azqueta, 2007). La utilidad del MVC permitió estimar el valor económico expresado por los entrevistados por el cambio en el bienestar ante una mejora en la calidad del aire en la ciudad. Así también indicaron cuales serían las acciones prioritarias para que se llevaran a cabo como la plantación de un árbol por casa, la ampliación de áreas verdes en lugares estratégicos, entre otras. Las estimaciones obtenidas son contingentes porque los valores derivan de un supuesto

hipotético presentado a los entrevistados y son expresadas en términos económicos los cuales están relacionadas con el valor real de los recursos. Es por ello que el MVC se consideró el más adecuado para valorar la calidad del aire.

RESULTADOS. La muestra de la población entrevistada presentó diversas características socioeconómicas. En términos de edad, la media fue de 33 años, en cuanto al sexo el 61 % de los entrevistados fueron mujeres y el 39% fueron hombres, el nivel de estudios concluidos en promedio correspondió al nivel medio superior, mientras que el nivel de ingreso promedio osciló entre los 6,000 y 10,000 pesos, además el 41% de las personas entrevistadas residen en la zona norte, el 23% en la zona sur, 17% en el oriente y 19% en el poniente. En relación con la percepción de la visibilidad de la contaminación del aire en la ciudad el 83% de los entrevistados afirmó que si percibe la contaminación de forma visible, mientras que el 17% indicó que no lo percibe, lo que indica que en la mayor parte de la población existe un alto nivel de conciencia sobre el problema ambiental en la ciudad. Los resultados revelaron que un 64.3% de la muestra de la población representativa tiene disposición positiva a pagar ante el supuesto hipotético de una óptima calidad del aire en la ciudad al realizar las diversas acciones a favor de la calidad del aire. En promedio la población podría contribuir económicamente con 61 pesos para que se realicen alguna de las acciones propuestas. En cuanto a los problemas ambientales urgentes de atender, la población expresó que la contaminación del agua es más prioritaria de atender que la calidad del aire. Cabe resaltar que las personas que residen en el norte y en el poniente perciben más la contaminación del aire que los que viven en el sur y en el oriente de la ciudad.

CONCLUSIONES. Después de haber analizado los resultados se concluye que existe un problema ambiental significativo relacionado con la calidad del aire en la ciudad de Morelia debido a la excesiva flota vehicular lo que impacta negativamente en la salud y calidad de vida de las personas. Además, el ejercicio de valoración contingente reveló que el 64.3% de la población está dispuesta a pagar para que se realicen acciones que mejoren la calidad del aire, lo cual está directamente relacionado con la importancia que los individuos otorgan al medio ambiente y la disminución de la contaminación atmosférica, al determinarse el valor monetario estimado para lograr un calidad óptima del aire de 61 pesos mensuales.

REFERENCIAS.

1. Air Quality Index [AQI], (2023). Morelia Índice de calidad del aire (AQI) | México https://www.aqi.in/es/dashboard/mexico/michoacan-de-ocampo/morelia
2. Alonso, E., Martínez, W., Rubio, J. C, Velasco, F., Chávez, H. L., Ávalos, M., Lara, C., Cervantes, E. (2007). Calidad del Aire en Cuatro Ciudades de Michoacán, México: Su Efecto sobre Materiales de Construcción. Revista de la Construcción, volumen,6 (2), 66-74. https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619405007.pdf
3. Azqueta, D. (2007). Introducción a la Economía Ambiental. Segunda edición. Editorial Mc. Graw Hill.
4. Ballester, F., Tenías, J.M. y Pérez, S. (1999). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: Una introducción. Revista Española de Salud Pública. vol.73 no.2. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57271999000200002#:~:text=Los%20principales%20efectos%20a%20corto,de%20visitas%20m%C3%A9dicas%20e%20ingresos
5. Cejudo, R. (2022, 24 de mayo). El estudio de las propiedades magnéticas contaminantes en el suelo y el polvo de la ciudad. UNAM Morelia Conversa. [Video]. https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=390418436432783

6. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. [INEGI], (25 de enero del 2021). Censo de población y vivienda, Tabulados del Cuestionario Básico. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#tabulados
7. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. [INEGI], (2021) Vehículos de motor registrados en circulación. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación. https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158
8. Labandeira, X., J. León, C., y Vazquez, M. (2007). Economía Ambiental. Prentice Hall
9. Larsen, B. (2003). Hygiene and health in developing countries: defining priorities through cost? benefit assessments. International Journal of Environmental Health Research, 13(sup1), S37–S46. http://dx.doi.org/10.1080/0960312031000122172

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824156

AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADERO CON ACUAPONIA Y SISTEMA DE RIEGO

Enrique Molina Núñez, Julio Cesar Hernández Ramírez, Rodrigo de la Torre Sánchez, Isaias Negra Jiménez

1Universidad Tecnológica de Morelia; molina.enrike98.org@gmail.com

2Universidad Tecnológica de Morelia; julio.hernandez@ut-morelia.edu.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; julio.hernandez@ut-morelia.edu.mx

4Universidad Tecnológica de Morelia; isaias.negra@ut t-morelia.edu.mx

Palabras Clave: Automatización, acuaponía, IoT

RESUMEN. El presente proyecto ha desarrollado un sistema de invernadero automatizado basado en acuaponía, que integra acuicultura e hidroponía para optimizar de manera integral los procesos de cultivo y reducir significativamente el consumo de recursos naturales. Utilizando una combinación innovadora de técnicas, el sistema ofrece una solución sostenible que no solo mejora la eficiencia en la producción agrícola, sino que también contribuye directamente a varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): ODS 2 (Hambre Cero): Al combinar la acuicultura y la hidroponía en un sistema acuapónico, el proyecto incrementa la producción de alimentos de manera sostenible. Las plantas crecen en un medio acuoso enriquecido con nutrientes provenientes de los desechos de los peces, mientras que los peces se benefician de un ambiente limpio gracias al sistema de filtración natural proporcionado por las plantas ((THE 17 GOALS | Sustainable Development, n.d.). ODS 3 (Salud y Bienestar): Al promover sistemas agrícolas más limpios y sostenibles, el proyecto contribuye indirectamente a la salud y el bienestar de las comunidades al asegurar alimentos frescos y nutritivos y reducir la exposición a contaminantes que pueden estar presentes en métodos agrícolas más tradicionales. (Salud - Desarrollo Sostenible, n.d.). ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento): El sistema acuapónico optimiza el uso del agua, recirculándola continuamente entre los tanques de peces y los lechos de cultivo. Este enfoque minimiza el desperdicio de agua y reduce la necesidad de fertilizantes químicos, promoviendo una gestión más eficiente de este recurso vital. ((THE 17 GOALS | Sustainable Development, n.d.). ODS 13 (Acción por el Clima): Al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la agricultura tradicional y al integrar prácticas acuapónicas, el sistema contribuye a la mitigación del cambio climático. La combinación de acuicultura y hidroponía reduce el impacto ambiental y mejora la sostenibilidad del sistema agrícola. ((THE 17 GOALS | Sustainable Development, n.d.)

La acuaponía, que fusiona acuicultura e hidroponía, es el núcleo del sistema desarrollado. En este enfoque, los peces se crían en tanques de acuicultura, y sus desechos proporcionan nutrientes esenciales para las plantas cultivadas en el sistema hidropónico. A su vez, las plantas ayudan a purificar el agua, que luego es recirculada de nuevo a los

tanques de peces. Este ciclo cerrado no solo mejora la eficiencia en el uso de nutrientes y agua, sino que también crea un ecosistema equilibrado y autosuficiente.
En el contexto de este proyecto, el sistema de invernadero automatizado utiliza un microcontrolador ESP32 para gestionar y monitorear en tiempo real diversos parámetros ambientales, como temperatura, humedad y calidad del agua. Los datos recopilados por los sensores son enviados a una base de datos centralizada en la nube, donde se analizan para ajustar automáticamente las condiciones del sistema acuapónico.
Esto asegura que tanto las plantas como los peces mantengan condiciones óptimas para su crecimiento y salud, maximizando la producción y reduciendo el impacto ambiental. Los beneficios de este proyecto trascienden el ámbito agrícola. La integración de acuicultura, hidroponía y tecnologías avanzadas no solo mejora la eficiencia y sostenibilidad de la producción, sino que también fomenta la innovación y crea empleos en el sector agrícola y tecnológico. Además, al reducir el consumo de recursos naturales y optimizar la producción, el proyecto contribuye a la mitigación del cambio climático y a la preservación del medio ambiente, impulsando el desarrollo económico local y promoviendo un futuro más sostenible. En resumen, este sistema de invernadero automatizado basado en acuaponía representa un avance significativo hacia la agricultura sostenible, ofreciendo una solución integral y eficaz para los desafíos actuales en la producción de alimentos y la gestión de recursos.

INTRODUCCIÓN. Los invernaderos automatizados, equipados con sensores y actuadores controlados por sistemas inteligentes, permiten monitorear y ajustar en tiempo real las condiciones ambientales, optimizando el crecimiento de los cultivos, (Invernaderos Automatizados e Inteligentes | Novagric, n.d.), estos sistemas pueden reducir el consumo de agua hasta en un 90% a 98 % gracias a la precisión de los sistemas de riego por goteo (Beneficios de La Tecnificación Del Riego En La Agricultura, n.d.) Además, la implementación de tecnologías como la iluminación LED y la fertirrigación permite reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes. La integración de invernaderos automatizados y sistemas RAS presenta un gran potencial para desarrollar sistemas agroalimentarios más eficientes y sostenibles. Al combinar la producción de cultivos en invernaderos con la producción de peces en sistemas RAS, es posible crear sistemas simbióticos que maximicen el uso de recursos y generen productos de alta calidad. Este tipo de sistemas combinados tiene un gran potencial no solo desde el punto de vista ecológico, sino también desde el económico. Al reducir el consumo de recursos esenciales como agua, energía y nutrientes, y al eliminar prácticamente los desechos contaminantes, los invernaderos automatizados y los sistemas RAS son una solución clave para enfrentar los desafíos de la agricultura y la acuicultura modernas. Además, su implementación en áreas urbanas o rurales permite la producción de alimentos frescos y sostenibles, incluso en zonas con acceso limitado a recursos naturales o infraestructura agrícola.

ANTECEDENTES. La escasez de agua dulce, agravada por el cambio climático y el crecimiento poblacional, representa una de las mayores amenazas para la seguridad alimentaria a nivel mundial. La agricultura, que consume aproximadamente el 70% del agua dulce disponible, (“FAO Publications Catalogue 2023,” 2023) ha convertido en un foco central de atención en la búsqueda de soluciones sostenibles. En este contexto, los invernaderos automatizados y los sistemas acuícolas de recirculación (RAS) emergen como tecnologías prometedoras para optimizar el uso del agua y aumentar la productividad agrícola y acuícola. En respuesta, los invernaderos automatizados han emergido como una

alternativa eficaz, permitiendo un uso optimizado del agua mediante sistemas de riego por goteo, que pueden reducir el consumo hasta en un 98%. Estos invernaderos controlan de manera precisa las condiciones climáticas internas y mejoran la eficiencia energética y en el uso de nutrientes. Por otro lado, la acuicultura, y en particular la producción de tilapia ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas. En México, la tilapia representa el 91% de la producción acuícola total. (Acuacultura Tilapia | Instituto Mexicano de Investigación En Pesca y Acuacultura Sustentable | Gobierno | Gob.Mx, n.d.) Los sistemas RAS, al permitir la recirculación del agua y el control preciso de los parámetros fisicoquímicos, ofrecen una alternativa sostenible a la acuicultura tradicional, reduciendo significativamente el consumo de agua y la generación de residuos. La combinación de invernaderos automatizados y sistemas RAS crea un sistema simbiótico donde los desechos de los peces se convierten en nutrientes para las plantas, mientras que estas filtran el agua, maximizando el uso de recursos y generando productos agrícolas y acuícolas de alta calidad. Este modelo integrado ofrece una solución sostenible para enfrentar los desafíos del agua y la producción de alimentos.

OBJETIVO. Diseñar un sistema acuapónico automatizado en Sofftim, controlado por ESP32 y tecnología IoT. Este sistema optimizará la producción agrícola y acuícola mediante la reutilización eficiente del agua y la creación de un ecosistema simbiótico entre plantas y peces, promoviendo la sostenibilidad ambiental y la innovación tecnológica en el sector agroalimentario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Diseñar un sistema automatizado que reduzca el consumo de agua en un 30-50% mediante el uso de sensores de humedad y niveles de agua. Utilizar un ESP32 para recopilar datos de diversos sensores y enviarlos a una base de datos en un servidor, permitiendo el análisis y ajuste de condiciones en tiempo real, ajustar parámetros y recibir alertas en caso de anomalías. Realizar la programación en C++ para poder hacer el enlace con la base de datos y de ahí mismo ajustar los parámetros de los sensores. Reducir la huella hídrica y energética de la producción agrícola, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y la conservación de recursos naturales. Diseñar un sistema de cultivo hidropónico en el invernadero utilizando los nutrientes provenientes del sistema acuapónico, reduciendo así la necesidad de fertilizantes químicos y optimizando el uso de nutrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS.

componentes	Cantidad	unidad
Instalación hidráulica general		
Tubería de PVC 2"	6	m
Tubería de PVC 3"	2	m
Codo de 90° de 2"	4	pza
Conexión en T 2"	2	pza
Manguera de 3/4" reforzada	45	m
Pegamento para PVC 150g	1	pza
Válvula de bola 2"	4	pza
Biofiltro		

	Contenedor de 200 L con tapa	1	pza
Material plástico de soporte		1	pza
	Conexiones hidráulicas	1	paquete
Otro equipamiento			
	Control eléctrico, caja de contactos, cable, interruptor	1	paquete
	Bomba de recirculación AQUOR 1/4 HP	1	PZA
	soplador centrifugo 500 watts	1	PZA
	Control automático de temperatura, niveles y flujos	1	Equipo
	Tinaco Stock recirculación 1000L	1	pza
	Herramientas de manipulación de peces: redes, contenedores, etc.	1	Paquete
Invernadero 6x14 m			
Tanque de geomembrana de 2000L con contención metálica		1	unidad

METODO

Diseño del invernadero

Emparejar el espació en el invernadero donde se colocará el estanque y posteriormente hacer las excavaciones requeridas para las estructuras que van por debajo del nivel del terreno natural según se muestra en las figuras siguientes:

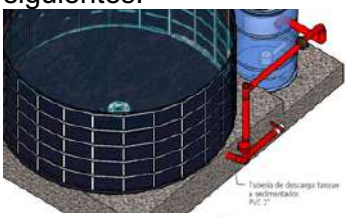


Fig 1 *Vista en perspectiva tanque de cultivo acuícola*

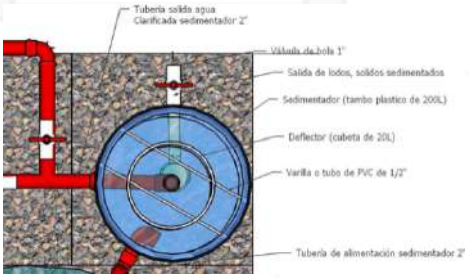


Fig 3 *vista en planta sedimentado rBiorreactores (biofiltros) para sistemas acuícolas*

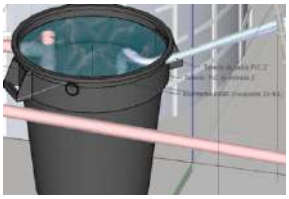


Fig 4 *Vista en perspectiva recipiente de biorreactor MBBR.*

Instalaciones de Hidroponía

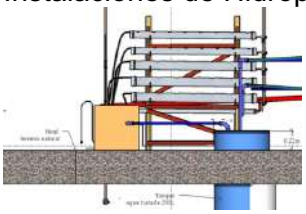


Fig 5 *Vista lateral sistema Hidroponía*

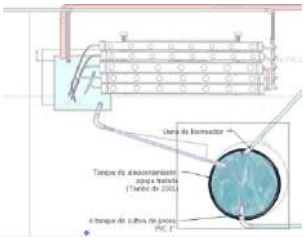


Fig 6 *Vista en planta sistema hidropónico*

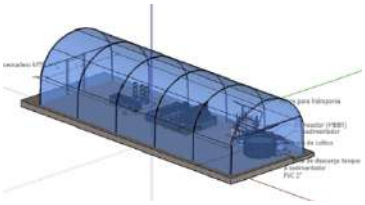


Fig 7 *Vista general del sistema*

Desarrollo de los programas

Se desarrollará software para el ESP32 que permita:

- Leer los datos de los sensores.
- Procesar los datos sensoriales.
- Enviar los datos a la base de datos.
- Recibir comandos de control de la base de datos.
- Controlar los actuadores.

El sistema se implementará siguiendo estos pasos:

Instalación de los sensores**:** Se instalarán los sensores ambientales en el invernadero de acuerdo como se encuentran en la programación para su funcionamiento. A continuación, se muestra el diagrama esquemático y/o diagrama eléctrico

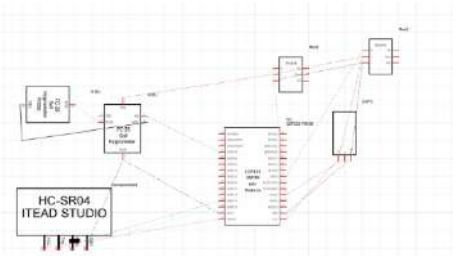


Fig 8 *Diagrama esquemático*

Conexión de los sensores al ESP32: Se conectarán los sensores al ESP32 mediante cables o conexiones inalámbricas.

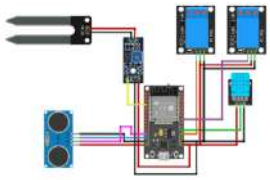


fig 9 *conexión al esp32*

Programación del ESP32**:** Se cargará el programa desarrollado en el ESP32 con la ayuda de la plataforma de Arduino.
A continuación, se muestra el código que se carga en el esp32:

```
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include <DHT.h>

// Configuraciones del DHT11
#define DHT_SENSOR_PIN 4
#define DHT_SENSOR_TYPE DHT11

// Configuraciones del sensor de humedad del suelo
#define SOIL_MOISTURE_PIN A0

// Configuraciones del sensor ultrasónico
#define TRIG_PIN 12
#define ECHO_PIN 13

DHT dht_sensor(DHT_SENSOR_PIN, DHT_SENSOR_TYPE);

// Incluye los complementos de Firebase
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"

// Credenciales de red
#define WIFI_SSID "Megcable_2.4G_9D90"
#define WIFI_PASSWORD "RFARdNcX"

// Clave API de Firebase
#define API_KEY "AIzaSyATI-uQL23Rn8EOVfoim1X8O1PqOaHowAA"
```

```
27.
28. // URL de la base de datos en tiempo real de Firebase
29. #define DATABASE_URL "https://prueba1-3d3af-default-rtdb.firebaseio.com/"
30.
31. // Define el objeto de datos de Firebase
32. FirebaseData fbdo;
33.
34. FirebaseAuth auth;
35. FirebaseConfig config;
36.
37. unsigned long sendDataPrevMillis = 0;
38. bool signupOK = false;
39.
40. // Variables para los umbrales de temperatura y distancia
41. float temperatureHighThreshold = 25.0;
42. float temperatureLowThreshold = 18.0;
43. float distanceThreshold = 100.0; // Umbral de distancia en cm
44.
45. // Valores de calibración para el sensor de humedad del suelo
46. int soilMoistureDry = 4095;  // Valor analógico cuando el suelo está completamente
    seco
47. int soilMoistureWet = 0;     // Valor analógico cuando el suelo está completamente
    mojado
48.
49. void setup() {
50.   dht_sensor.begin();
51.
52.   // Configuración de pines del sensor ultrasónico
53.   pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
54.   pinMode(ECHO_PIN, INPUT);
55.
56.   Serial.begin(115200);
57.
58.   // Conexión a la red Wi-Fi
59.   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
60.   Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
61.   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
62.     Serial.print(".");
63.     delay(300);
64.   }
65.   Serial.println();
66.   Serial.print("Connected with IP: ");
67.   Serial.println(WiFi.localIP());
68.   Serial.println();
69.
70.   // Configura Firebase
71.   config.api_key = API_KEY;
72.   config.database_url = DATABASE_URL;
```

```
73.
74.  // Inicia sesión en Firebase
75.  if (Firebase.signUp(&config, &auth, "", "")) {
76.    Serial.println("Firebase Sign-Up Successful");
77.    signupOK = true;
78.  } else {
79.                    Serial.printf("Firebase Sign-Up Error: %s\n",
    config.signer.signupError.message.c_str());
80.  }
81.
82.  config.token_status_callback = tokenStatusCallback;
83.  Firebase.begin(&config, &auth);
84.  Firebase.reconnectWiFi(true);
85. }
86.
87. void loop() {
88.  float temperature = dht_sensor.readTemperature();
89.  float humidity = dht_sensor.readHumidity();
90.
91.  // Medición del sensor ultrasónico
92.  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
93.  delayMicroseconds(2);
94.  digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
95.  delayMicroseconds(10);
96.  digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
97.  long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
98.  float distance = duration * 0.034 / 2; // Convertir a cm
99.
100.    // Lectura del sensor de humedad del suelo
101.    int soilMoistureValue = analogRead(SOIL_MOISTURE_PIN);
102.
103.    // Calcular porcentaje de humedad del suelo
104.      int soilMoisturePercent = map(soilMoistureValue, soilMoistureDry,
    soilMoistureWet, 0, 100);
105.     soilMoisturePercent = constrain(soilMoisturePercent, 0, 100); // Limitar el
    porcentaje entre 0% y 100%
106.
107.     if (Firebase.ready() && signupOK && (millis() - sendDataPrevMillis > 1000 ||
    sendDataPrevMillis == 0)) {
108.      sendDataPrevMillis = millis();
109.
110.      // Envía la temperatura a la base de datos
111.      if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "DHT_11/Temperature", temperature)) {
112.        Serial.print("Temperatura: ");
113.        Serial.println(temperature);
114.      } else {
115.        Serial.println("Failed to send temperature");
116.        Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
```

```
    }

    // Envía la humedad a la base de datos
    if (Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, "DHT_11/Humidity", humidity)) {
      Serial.print("Humedad: ");
      Serial.println(humidity);
    } else {
      Serial.println("Failed to send humidity");
      Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
    }

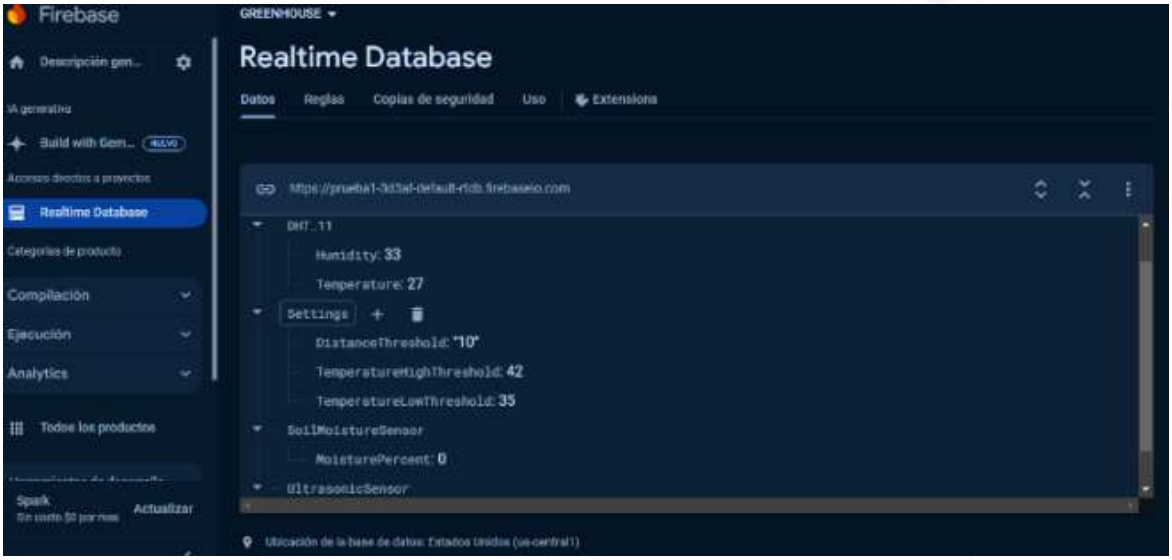
    // Envía la distancia del sensor ultrasónico a la base de datos
    if (Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, "UltrasonicSensor/Distance", distance)) {
      Serial.print("Distancia: ");
      Serial.println(distance);
    } else {
      Serial.println("Failed to send distance");
      Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
    }

    // Envía el porcentaje de humedad del suelo a la base de datos
        if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "SoilMoistureSensor/MoisturePercent",
soilMoisturePercent)) {
      Serial.print("humedad suelo: ");
      Serial.println(soilMoisturePercent);
    } else {
      Serial.println("Failed to send soil moisture percent");
      Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
    }
  }

  delay(100);  // Pequeño retraso para evitar un bucle demasiado rápido
}
```

Pruebas del sistema: Se realizarán pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema. Monitoreo y control
Los datos sensoriales recolectados por el sistema se almacenarán en la base de datos y se podrán visualizar en tiempo real a través de una interfaz web o aplicación móvil. La información obtenida permitirá monitorear las condiciones del invernadero y tomar decisiones sobre el control de los parámetros ambientales, como el riego, la ventilación y la calefacción.

RESULTADOS. La implementación exitosa de la conexión entre el ESP32 y Firebase ha permitido crear un sistema de monitoreo y control remoto de nuestro invernadero con acuaponia. con tecnología IoT, podemos acceder a los datos de los sensores desde cualquier lugar y en cualquier momento, lo que facilita la toma de decisiones y garantiza el funcionamiento del sistema.



La imagen anterior muestra la base de datos de Firebase donde se almacenan los datos enviados por el ESP32 en tiempo real. Los valores de temperatura, humedad y temperatura se actualizan constantemente, lo que demuestra la conexión estable y eficiente entre ambos dispositivos. Esta información es crucial para garantizar las condiciones óptimas de cultivo y el bienestar de los peces.

CONCLUSIONES. En conclusión, la implementación de un sistema de acuaponía automatizado controlado por una placa ESP32 ha demostrado ser una solución eficaz para la producción sostenible de alimentos. La integración de sensores y actuadores, junto con la plataforma de desarrollo Firebase, ha permitido monitorear y controlar en tiempo real las variables críticas del sistema, optimizando así el crecimiento de las plantas y la salud de los peces. La conexión exitosa entre el ESP32 y Firebase, evidenciada por la transmisión de datos en tiempo real, ha sido fundamental para el éxito de este proyecto.

REFERENCIAS.

1. Acuacultura Tilapia | Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentable | Gobierno | gob.mx. (n.d.). Retrieved August 13, 2024, from https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuacultura-tilapia
2. Beneficios de la tecnificación del riego en la agricultura. (n.d.). Retrieved August 13, 2024, from https://www.netafim.com.mx/blog/Beneficios-de-la-tecnificacion-del-riego-en-la-agricultura/
3. FAO publications catalogue 2023. (2023). FAO Publications Catalogue 2023. https://doi.org/10.4060/CC7285EN
4. Invernaderos Automatizados e Inteligentes | Novagric. (n.d.). Retrieved August 13, 2024, from https://novagric.com/invernaderos/invernaderos-automatizados-inteligentes/
5. Salud - Desarrollo Sostenible. (n.d.). Retrieved August 14, 2024, from https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/
6. THE 17 GOALS | Sustainable Development. (n.d.). Retrieved August 14, 2024, from https://sdgs.un.org/goals

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo del Estado
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CP0824158

USO DE AGUA DEL CULTIVO DE AGUACATE EN UNA ZONA DE ALTA PRODUCCIÓN MEDIANTE UN SISTEMA DE FLUJO DE SAVIA

Fernando Quiroz Rivera
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com

Palabras Clave: Palta, transpiración, huerta.

RESUMEN. El estado de Michoacán ocupa el primer lugar en la producción y superficie cultivada de aguacate en México, con 169,000 ha (SIAP-SAGARPA, 2022), aportando casi el 90% de la producción de exportación total generada en nuestro país para el resto del planeta (SADER, 2015). La expansión desmedida de este cultivo amenaza a los bosques nativos de pino-encino (Cho et al., 2021), lo cual puede provocar problemas socioambientales tales como la escasez de agua, generando conflictos sobre la asignación de concesiones de agua a la agricultura en estas zonas (Alarcón-Cháires, 2018).

INTRODUCCIÓN. Actualmente no se saben los efectos ambientales de este cultivo a esta gran escala de producción en las zonas de alta producción, específicamente con el tema del consumo de agua. Debido a los grandes cambios de uso del suelo asociados con la expansión de este cultivo en el centro de México, consideramos que es crucial el incrementar el conocimiento sobre el consumo hídrico del aguacate a fin de proporcionar información de base para el manejo sustentable del cultivo y su coexistencia con los bosques nativos en la región. Por lo tanto, es de suma importancia conocer la relación existente entre el consumo de agua con la eficiencia del riego y la producción de fruto (Moreno, et al., 2019).

ANTECEDENTES. Las técnicas de medición de flujo de savia han sido usadas para medir los procesos transpirativos de las plantas arbóreas. Uno de los métodos más usados es el método de disipación térmica (TDP) descrito por Granier (1985), el cuál usa un par de sensores con termopares puenteados, los cuales miden la diferencia de temperatura entre dos termopares insertados en el tejido xilemático de la planta. El sensor insertado en la parte superior se calienta a 0.2 Watt de potencia (Gutiérrez-López et al., 2018), transfiriendo el calor al tallo, siendo arrastrado por la savia en el interior del mismo. Cuando hay mayor transpiración, la diferencia de temperatura entre los termopares es baja y cuando la transpiración es poca o nula, el flujo de savia disminuye, usualmente durante la noche y madrugada, provocando que la diferencia de temperatura entre los termopares alcanza su máximo. Debido a que el voltaje generado por los termopares tiene una relación lineal con la temperatura (efecto Seebek), el método de TDP permite estimar la velocidad de flujo de savia a partir de los datos de diferencia de temperatura o diferencia de voltaje (Lu et al., 2002; Davis et al., 2012).
Existe muy poca literatura que explique los procesos de consumo hídrico de esta especie, en donde destaca el estudio de Quiroz-Rivera (2019), el cual estimó la transpiración de

árboles de aguacate juveniles, en estado vegetativo y por medio de mediciones gravimétricas, obteniendo una lámina promedio de transpiración de 0.9 mm/día y con ello, estimando el consumo de agua en huertas maduras por medio de un escalamiento considerando la lámina foliar como variable para escalar, encontrando en una huerta de 15 años un consumo promedio de 13,662 litros/día/hectárea y para una huerta de 25 años, con árboles con el doble de tamaño de la huerta anterior, estimando un promedio de 25,846 litros por día, por hectárea, ambas con una densidad arbórea muy similar.
La literatura muestra entonces estimaciones o mediciones indirectas de consumo de agua, lo cual puede no explicar los procesos asociados a la fisiología de la transpiración. Por lo tanto, este trabajo tiene como finalidad la cuantificación de la transpiración de una huerta de aguacate en producción por medio de mediciones directas de flujo de savia en una huerta perteneciente a la comunidad de San Juan Nuevo, Michoacán.

OBJETIVO. Medir el flujo de savia de árboles maduros de Persea americana en producción mediante el método TDP. Cuantificar el consumo hídrico por día. Establecer la relación entre las condiciones meteorológicas y el flujo de savia.

MATERIALES Y MÉTODOS. La transpiración de los árboles (mm/día) y el consumo de agua (litros/día), se estimó con mediciones in situ del flujo de savia ocho individuos adultos. Estas mediciones se realizaron con el método de disipación térmica o TDP (Granier, 1985), el cual, requiere un par de sensores compuestos por dos termopares tipo T (cobre-constantano) y una resistencia, los cuales fueron fabricados en laboratorio de acuerdo al manual de Gutierrez-López (2022). Los sensores se instalaron en los árboles a una altura promedio de 1.30 m por encima del suelo, con una separación entre las dos puntas de 10 cm, en espacios hechos con un dremel y rellenos de pasta termoconductora. Los sensores junto con una sección del árbol fueron aislados de la intemperie usando aislante térmico reflejante para evitar errores de estimación de flujo por gradientes térmicos naturales (Lu et al., 2004). Los datos se colectaron automáticamente con un Datalogger CR1000 (Campbell Scientific, Inc) cada 10 minutos. Todo el sistema eléctrico fue alimentado por un sistema autónomo solar. El área de albura, el cual es requerido para el cálculo de consumo de agua de todo el árbol fue calculada a partir de muestras colectadas con un taladro Pressler. El consumo de agua diario a nivel de árbol individual fue la suma del volumen total de savia transportado al día y la transpiración se define como el cociente entre el consumo hídrico y la superficie de copa proyectada de los árboles. Se instaló una estación meteorológica Vantage Pro2 (Davis Inc.), la cual midió automáticamente, cada 10 minutos, múltiples parámetros ambientales y se estableció una relación entre estos parámetros y el flujo de savia por medio de regresiones lineales. El periodo de análisis se centró del 1 al 15 de agosto de 2024.

RESULTADOS. El consumo hídrico promedio de los árboles de aguacate en producción de la huerta con edad de 25 años fue de 46.86 litros por día y con un rango de consumo entre los 4 a los 120 litros de uso de agua al día (figura 1, superior). Por otro lado, la transpiración promedio fue de 0.81 mm/día, con rango de entre 0.07 y 2.08 mm/día (figura 1, inferior), con diferencias en función de las condiciones meteorológicas.

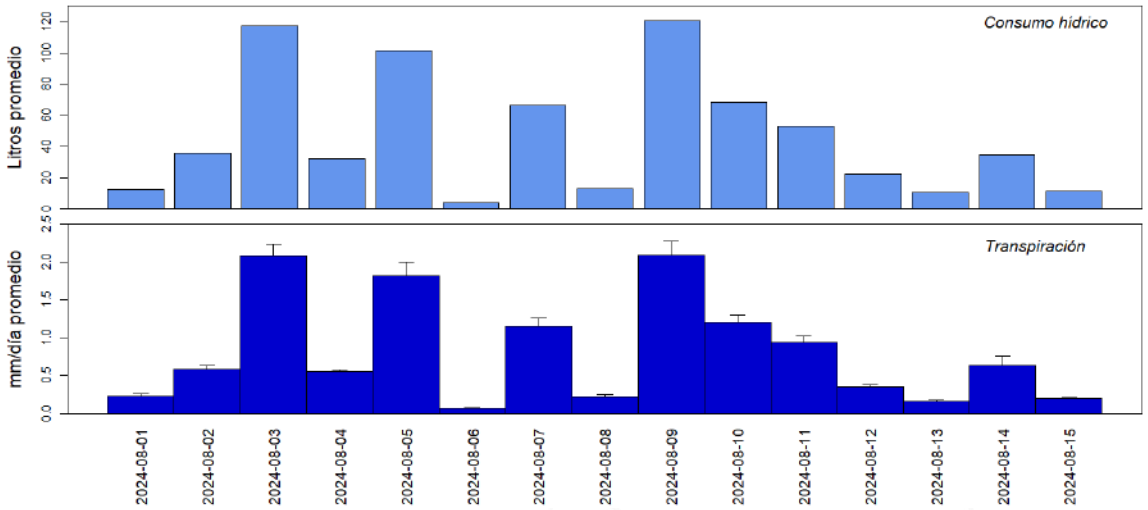


Figura 1: *Consumo de agua promedio por día (superior) y transpiración promedio por día (inferior).*

Los días con menor consumo hídrico y transpiración fueron aquellos en donde ocurrió lluvia en gran parte del día o se mantenían como días nublados; por otro lado, los días de mayor consumo fueron aquellos con días despejados y con las temperaturas medias más altas. Finalmente, la humedad relativa, el déficit de presión de vapor, la temperatura y la radiación solar fueron las variables meteorológicas que tienen más control en el flujo de savia de los aguacates (figura 2).

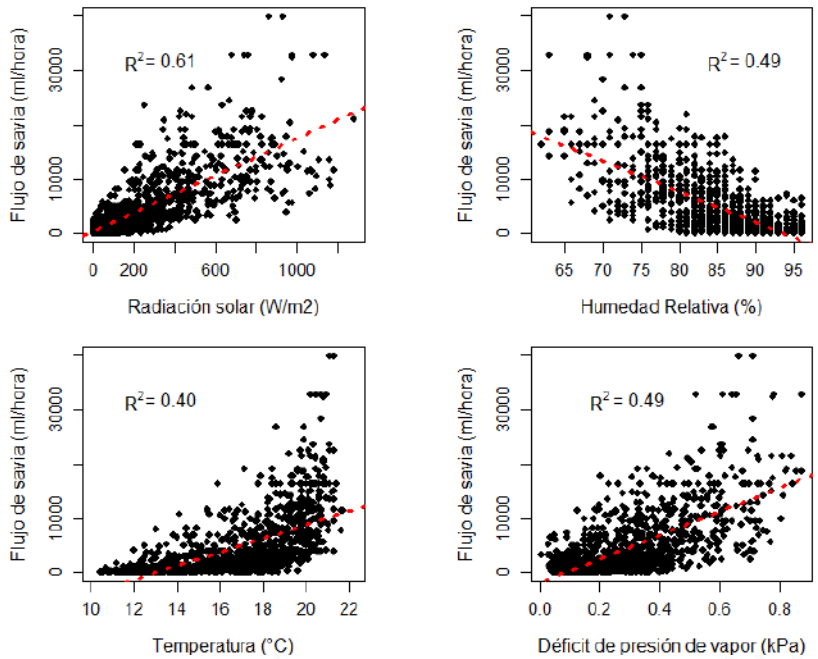


Figura 2: *Relación entre el flujo de savia y variables meteorológicas.*

CONCLUSIONES. El consumo de agua de esta huerta madura se encuentra por debajo de lo esperado y reportado en la literatura, lo cual sucede principalmente por la temporalidad de este estudio. El periodo fue del 1 al 15 de agosto de 2022, justo en la temporada lluviosa del año, en donde casi siempre la humedad relativa superaba el 65%, encontrando condiciones de disponibilidad de agua en el suelo para los árboles y generando flujos de transpiración bajos debido al potencial hídrico.

REFERENCIAS.

1. Alarcón-Cháires P. 2018. Ecocidio en Michoacán, quitan bosques y ponen aguacate Regeneración (disponible en: https://regeneracion.mx/ecocidio-en-michoacan-quitan-bosques-yponen-aguacates/)
2. Cho K, Goldstein B, Gounaridis D and Newell J P 2021 Where does your guacamole come from? Detecting deforestation associated with the export of avocados from Mexico to the United States J. Environ. Manage. 278 111482
3. Gutierrez-López, J.A., Licata, J., Pypker, T. & Asbjornsen, H. 2018. Effects of heater wattage on sap flux density estimates using an improved tree-cut experiment. Tree Physiology. 0, 1-15.
4. Granier, A. 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. Annals of Forest Science, 42, 193–200.
5. Lu, P., Urban, L., & Zhao, P. 2004. Granier's Thermal Dissipation Probe (TDP) method for measuring sap flow in trees: Theory and practice. Acta Bot. Sin., 46(6), 631–646. https://doi.org/316-646
6. Moreno-Ortega, G., Pliego, C., Sarmiento, D., Barceló, A., & Martínez-Ferri, E. 2019. Yield and fruit quality of avocado trees under different regimes of water supply in the subtropical coast of Spain. Agricultural Water Management, 221, 192-201. doi: 10.1016/j.agwat.2019.05.001
7. Quiroz-Rivera F. (2019). Comparación del consumo hídrico entre Persea americana y Pinus pseudostrobus. Tesis. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. DOI: 10.13140/RG.2.2.28303.82082
8. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SIAP–SAGARPA]. (2022). Anuario estadístico de la Producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Accesado el 7 de agosto de 2022.
9. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2024). Michoacán aporta el 85.9% del aguacate del país. https://www.gob.mx/agricultura%7Cmichoacan/es/articulos/michoacan-aporta-el-85-9-del-aguacate-en-el-pais. Accesado el 10 de septiembre de 2024.Secretaría de Agricultura y Desarrollo Urbano [SADER]. 2015.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924101

ARTETERAPIA COMO TÉCNICA DE REDUCCIÓN DE LA ANSIEDAD

Marthaluz Gil Acosta[1], Joanna Koral Chávez López[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1901197d@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; joanna.chavez@umich.mx

Palabras Clave: Arteterapia, Ansiedad, Estudiantes universitarios, Bienestar.

RESUMEN. La ansiedad es uno de los trastornos psicológicos más prevalentes en la actualidad, afectando significativamente la calidad de vida de millones de personas (American Psychological Association, 2020). El presente estudio se centra en analizar la ansiedad antes y después de una forma de intervención psicoterapéutica (la arteterapia). A través de la creación artística, la arteterapia proporciona un espacio seguro y no verbal para explorar y procesar las emociones relacionadas con la ansiedad. Este proceso creativo se considera un catalizador para la transformación personal, ya que permite a los individuos conectar con sus experiencias internas de una manera profunda y significativa. Los resultados de esta investigación evidencian no solo una reducción en los síntomas de ansiedad aguda, sino también un impacto duradero en la disminución de los patrones ansiosos crónicos, contribuyendo a mejorar significativamente la calidad de vida de los estudiantes.

INTRODUCCIÓN. La ansiedad puede tener un impacto considerable en el bienestar emocional y social, generando sentimientos de tristeza, miedo, preocupación excesiva e incluso ataques de pánico (American Psychological Association, 2020), afectando las relaciones interpersonales y la calidad de vida en general, siendo consecuencias significativas en esta población. En el contexto educativo, la ansiedad en estudiantes universitarios se ha convertido en una preocupación importante, ya que afecta su desempeño académico, bienestar emocional y social, e incluso su calidad de vida. La American Art Therapy Association (2017) define la arteterapia como "una forma de psicoterapia que utiliza el proceso creativo para promover el crecimiento y el cambio" (p.1). Este enfoque holístico y creativo puede ser particularmente beneficioso para esta población, ofreciendo nuevas alternativas para el manejo de la ansiedad. La expresión artística ofrece un espacio seguro para explorar y comunicar emociones difíciles como la ansiedad, el miedo o la tristeza de manera no verbal, lo que facilita el procesamiento y la comprensión de estas emociones. Es aquí que, la arteterapia es una herramienta valiosa para que los estudiantes adquieran mecanismos de afrontamiento saludables, tales como la relajación, la atención plena y la autocompasión. Finalmente, al conectar con sus valores y creencias mediante la expresión artística, los estudiantes pueden encontrar un mayor sentido de significado y propósito en sus vidas, lo que a su vez puede ayudar a mitigar la ansiedad.

ANTECEDENTES. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2020), los trastornos de ansiedad son los más comunes entre los problemas de salud mental, afectando a millones de personas en todo el mundo, incluidos los jóvenes en contextos académicos. En este contexto, la arteterapia se presenta como una alternativa prometedora. Su enfoque creativo y holístico permite a los estudiantes explorar diversas técnicas artísticas, lo que no solo facilita la expresión de emociones, sino que también les proporciona herramientas para manejar su ansiedad más efectivamente (Malchiodi, 2015). Para evaluar la efectividad de la arteterapia, se propone un diseño de estudio que incluye dos grupos: uno experimental, formado por estudiantes con altos niveles de ansiedad que recibirán la intervención de arteterapia, y otro control, que mostrará niveles medios de ansiedad y no recibirá intervención alguna. Esta comparación permitirá observar el impacto directo de la arteterapia en la reducción de los niveles de ansiedad (Beck, Steer, & Beck, 1990). El objetivo fundamental de esta investigación es demostrar la efectividad de la arteterapia en la reducción de la ansiedad en estudiantes universitarios. Además, se busca fortalecer la evidencia que respalda la inclusión de esta técnica en el conjunto de intervenciones psicológicas recomendadas en el ámbito educativo, promoviendo así un enfoque integral que aborde de manera proactiva esta creciente preocupación por la salud mental de los jóvenes académicos (Cano-Garrido, López-Fernández, & Jiménez-Moreno, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS.
Diseño. La ejecución de la investigación se basa en una metodología cuantitativa, por medio de un diseño experimental, transversal, con alcance descriptivo-comparativo. **Participantes.** Para la selección de los participantes se tomaron en cuenta 27 estudiantes de licenciatura, en un rango de edad entre 18 y 21años (M=19.08; DE=1.72.). Siendo el 55.21% mujeres y 42.71% hombres de la ciudad de Morelia, Michoacán. **Instrumentos.** *Inventario de Ansiedad Rasgo-Estado (IDARE).* El Inventario de Ansiedad Rasgo-Estado (IDARE) es un instrumento de autoevaluación diseñado para medir dos componentes de la ansiedad: la ansiedad rasgo y la ansiedad estado (Spielberger et al., 1983). La ansiedad rasgo se refiere a la predisposición individual a experimentar ansiedad, mientras que la ansiedad estado se refiere a la experiencia actual de ansiedad en un momento determinado.

RESULTADOS. Los resultados obtenidos indican que el grupo que recibió arteterapia comenzó el estudio con mayores niveles de ansiedad rasgo, lo que sugiere una predisposición más acentuada hacia la ansiedad. Sin embargo, tras la intervención, se observó que el grupo experimental termino con ansiedad rasgo ligeramente más baja (X=44.4, DE=8.6) en comparación con el grupo control (X=45.7, DE=11). Esta reducción es significativa en el grupo experimental, dado que aquellos que empezaron con mayores niveles de ansiedad lograron experimentar una disminución en estos rasgos ansiosos después de participar en las sesiones de arteterapia. Esto indica que, aunque algunos participantes del grupo control (5) mantuvieron niveles relativamente estables de ansiedad, los participantes del grupo experimental (2) apreciaron mayores cambios, reflejando el impacto positivo de la intervención (figura 1)

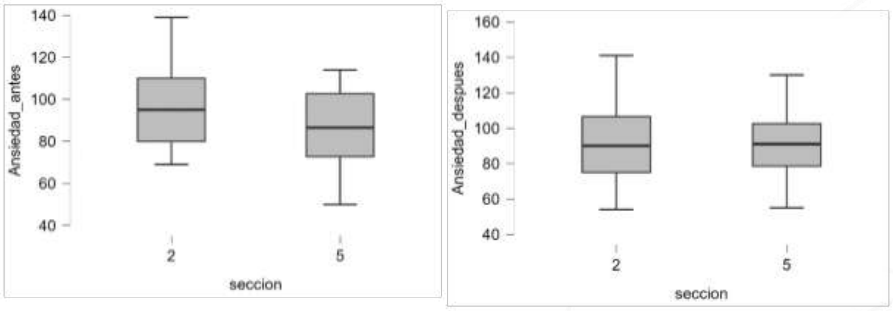


Figura 1. *Ansiedad antes y después*

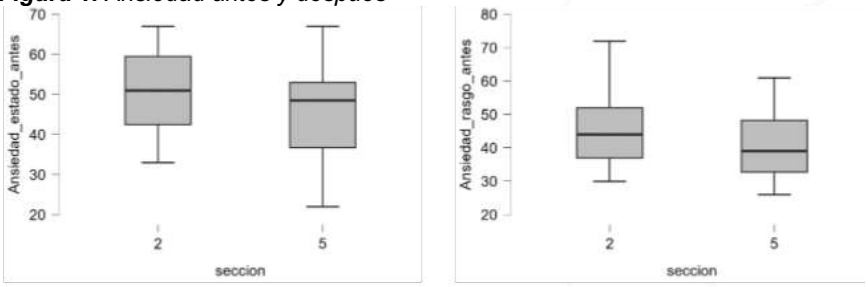


Figura 2. *Ansiedad estada antes y después*

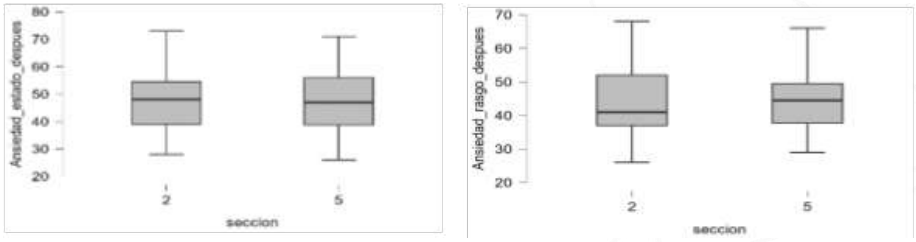


Figura 3. *Ansiedad estada antes y después*

La mayor dispersión de las puntuaciones sugiere que ciertos individuos en el grupo de arteterapia lograron reducir sus niveles de ansiedad de manera más significativa, lo que refuerza la hipótesis de que la arteterapia puede tener un efecto modulador importante en quienes presentan mayores niveles de ansiedad. La ansiedad-estado también mostró una tendencia favorable en el grupo experimental, dado que inició con niveles de ansiedad elevados, se observó que sus puntuaciones post-intervención estuvieron alineadas con las del grupo control. Este comportamiento refuerza la idea de que la arteterapia no solo impacta en la ansiedad rasgo, sino que también tiene un efecto positivo sobre la ansiedad-estado, ayudando a los individuos a manejar mejor los momentos específicos de estrés o ansiedad.

CONCLUSIONES. Las evidencias sugieren que la arteterapia tiene un impacto positivo en la reducción de la ansiedad, tanto a nivel de rasgo como de estado. Los participantes del grupo experimental, a pesar de comenzar con mayores niveles de ansiedad, experimentaron mejoras notables en comparación con el grupo control. Por lo anterior, podemos decir que la arteterapia se presenta, como una herramienta eficaz para el manejo de la ansiedad en diversas poblaciones, mostrando resultados prometedores en la disminución de los síntomas de ansiedad persistente y situacional.

REFERENCIAS.

1. American Art Therapy Association. (2017). What is art therapy? Retrieved from https://arttherapy.org/
2. American Psychological Association. (2020). Anxiety disorders. In Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). https://www.apa.org/topics/anxiety
3. Beck, A. T., Steer, R. A., & Beck, J. C. (1990). Manual of the Beck Anxiety Inventory. Psychological Corporation.
4. Beck, A. T., Steer, R. A., & Garbin, J. (1988). Psychometric properties of the Beck Anxiety Inventory. Journal of Clinical Psychology, 44(6), 1023-1031.
5. Cano-Garrido, J. A., López-Fernández, M. C., & Jiménez-Moreno, M. J. (2019). The relationship between anxiety and academic performance in university students. Education Sciences, 9(2), 30. https://www.mdpi.com/1660-4601/18/6/3269
6. Gómez-García, M., García-Méndez, A., & Aguilar-Cortés, L. M. (2019). Prevalencia de la ansiedad y depresión en estudiantes universitarios de una institución pública de educación superior en México. Revista Mexicana de Psicología, 36(4), 803-814. https://www.redalyc.org/pdf/679/67943296005.pdf
7. Grant, B. F., Dawson, D. A., Chou, K. C., Dueñas, P., Goldstein, R. B., Huang, B., ... & Krishnan, R. N. (2005). Major depressive episodes (MDE) among adults in the United States: Prevalence, correlates, and service utilization. Journal of the American Medical Association, 294(17), 2160-2165.
8. Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jardin, D. R., & Walters, E. E. (2005). The National Comorbidity Survey Replication (NCS-R): 12-month prevalence and correlates of disorders and treatments. Journal of the American Medical Association, 294(18), 2372-2379.
9. Latham, G. P., Hollander, E., Lavallee, C., & Christiansen, K. (2008). Time management and anxiety: A meta-analysis. Journal of Occupational Health Psychology, 13(2), 119.
10. Malchiodi, C. A. (2015). Expressive arts therapies. Guilford Publications.
11. Organización Mundial de la Salud. (2020). Trastornos de ansiedad. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anxiety-disorders
12. Sivertsen, B., Øverland, S., & Ekeberg, Ø. (2006). The relationship between insomnia and anxiety disorders. Sleep, 29(11), 1361-1368.
13. Smith, A. P., Smith, J. A., & Biddle, M. (2013). The effect of diet on anxiety disorders. Current Psychiatry Reports, 15(1), 1-6
14. Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vartkus, C. A., & Jacobs, P. R. (1983). State-Trait Anxiety Inventory (STAI): A self-report scale for measuring anxiety. In A. H.Spielberger & I. G. Sarason (Eds.), Stress and anxiety (Vol. 3, pp. 3-25). Washington, DC: Hemisphere Publishing Corporation.
15. Ferreyra-Murillo, D. A., Oropeza-Tena, R. y Ávalos-Latorre, M. L. (2015). Relación entre la práctica de las artes y el rendimiento académico en estudiantes universitarios. Sinéctica, (44), 1-14. Recuperado en 01 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2015000100016&lng=es&tlng=es

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924105

PERCEPCIÓN DEL APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE DISEÑO GRÁFICO. UN ESTUDIO EXPLORATORIO PARA IDENTIFICAR ESTILOS DE APRENDIZAJE Y PENSAMIENTO

Leobardo Armando Ceja Bravo1
1Facultad de Diseño Gráfico, Universidad Vasco de Quiroga: aceja@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: Percepción, Estilos de aprendizaje, Pensamiento, Formas verbales y visuales, Investigación.

RESUMEN. Este trabajo reflexiona sobre la percepción de estudiantes universitarios dentro del proceso de aprendizaje-enseñanza al interior de la Facultad de Diseño Gráfico de la Universidad Vasco de Quiroga. La premisa en la que se sustenta es lo que se considera una buena enseñanza (Bain, 2007, 2012). Los estudiantes, participantes activos del proceso de aprendizaje brindan información relevante, ya que la creencia puede ser más fuerte que la realidad, y dicha percepción determina la vivencia y la experiencia personal influyendo en el proceso de aprendizaje. El enfoque de investigación empleado fue mixto (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, pp.543-ss), se estructuró una batería de preguntas abiertas como cerradas (García, Alfaro, Hernández y Molina, 2006, p. 234) y criterios de valoración en escala Likert (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, pp.245-ss). El cuestionario aplicado se dividió en 5 secciones: Datos generales de los participantes; en relación con el aprendizaje a partir del tipo de instrucciones que reciben y la orientación de las mismas (Zankov, 2015); estilos de aprendizaje y su vínculo con estilos de pensamiento, para ello se retomó el Inventario de Estilos de Pensamiento de Sterngerg (1999) en su versión adaptada al español (Gutiérrez y Krumm, 2012); la identificación del propio estilo de aprendizaje y las estrategias que utilizan para aprender; por último se abre un espacio para la opinión general de los participantes. Los resultados permitirán elaborar otras estrategias para el proceso de aprendizaje enseñanza, en la que el papel activo de estudiantes y profesores es determinante. Algunas conclusiones se orientan al valor de las combinaciones verbales y visuales. Constituyen una manera de orientar a los estudiantes de manera particular a través de la relación entre forma de aprendizaje, comportamiento ante situaciones propias del proceso y el tipo particular de pensamiento relacionado. La importancia de esta investigación radica en el carácter dinámico de los procesos, principalmente orientados a la enseñanza asumiendo que: “Nuevos enfoques del aprendizaje requieren nuevos enfoques en la enseñanza” (Gros, 2008, p. 31).

INTRODUCCIÓN. La formación académica de los futuros profesionales en general y del diseño en particular, reviste de una importancia especial, ello gracias a la necesidad constante de revisar las formas, modos y maneras en las que el propio proceso de aprendizaje se está llevando a cabo. De igual forma esta acción supone la identificación de “demandas” y “situaciones” (Manrique, 2020, p. 164) y las implicaciones cognitivas

involucradas, por lo que supone afinar la estrategias, procesos y herramientas tanto conceptuales como de habilidades con las que los estudiantes cuentan en el momento de asumir "el reto y la tarea" (Vygotsky, 2015) que supone el proceso de aprendizaje.
Este trabajo, es el resultado de un proceso de investigación y con sus resultados se reflexiona sobre la percepción implicada en el proceso de aprendizaje-enseñanza al interior de la Facultad de Diseño Gráfico. La investigación involucra a estudiantes y retoma algunos de los resultados más relevantes identificados por ellos, refiriendo criterios particulares que determinan aspectos del proceso de aprendizaje. Esta investigación sustenta sus premisas en lo que se considera una buena enseñanza (Bain, 2007, 2012), por lo que apelamos a ello en búsqueda de elementos para una mejora continua del proceso de aprendizaje-enseñanza considerando la práctica reflexiva (Shön, 1982) de los actores involucrados como elemento clave de dicho proceso, ya que son ellos quienes pueden brindar información relevante, constituyendo un indicativo trascendente para identificar futuras líneas de acción orientadas a fortalecer procesos de formación.

ANTECEDENTES. Reflexionar sobre las implicaciones del proceso enseñanza-aprendizaje requiere de la búsqueda constante de otras experiencias que den sentido y certidumbre a las inquietudes disciplinares que prevalecen en el contexto de la formación de diseñadores, en este sentido se toma como referencia el aporte académico de Ken Bain (2012) quien a partir del cuestionamiento sobre lo que significa la buena enseñanza ha orientado sus esfuerzos investigativos a determinarlo. Identificó una tipología de estudiantes a partir de los estilos de aprendizaje que practican, así mismo, hace énfasis en la necesidad de diferenciar entre un "buen profesor" y "un "profesor popular" (Bain, 2012, p. 65). El profesor Bain (2007) explora a profundidad el tipo de prácticas que hacen los mejores profesores, de los cuales se desprenden las diversas etapas que convocan la actividad docente. Este ejercicio teórico-investigativo requiere de la reflexión y precisa la implementación de herramientas de investigación de campo que permitan obtener información importante para analizarla posteriormente, por tal motivo, se considera que el proceso de verbalización (Vygotsky, 2015) que realizan los participantes constituye una evidencia amplia, compleja y de gran utilizad para identificar estilos de pensamiento y estilos de aprendizaje (Valadez, 2009). Considerando la importancia que el lenguaje tiene, la forma en la que los propios docentes expresan instrucciones y cómo éstas orientan a los estudiantes (Zancov, 2015) a realizar distintas acciones de aprendizaje que van desde la observación, razonamiento, formulación de conexiones particulares, entendimiento y descubrimiento entre otras posibilidades de aprendizaje mediante la aproximación a un objeto o fenómeno, por lo que es fundamental reconocer el impacto que dichas instrucciones tienen y cómo dichas formulaciones pueden orientarse hacia prácticas de "aprendizaje receptivo" o "aprendizaje por descubrimiento" (Ausbel, en Manrique, 2020). Dentro de todo este andamiaje teórico no se puede dejar de lado las implicaciones que conlleva la aplicación de una herramienta de investigación validada como es el inventario de Estilos de Pensamiento de Sternberg (TSI) (Gutiérrez y Krumm, 2012) ya que ello dota de certidumbre a la manera en la que se formula cada una de las preguntas que integran el test. La riqueza informativa a nivel verbal que se puede compilar mediante un cuestionario con 30 ítems puede favorecer a desarrollar una revisión más puntual orientada a la revisión de las diversas "microfunciones del lenguaje" (Halliday, 1979) para dimensionar las implicaciones de la verbalización y cómo éstas reflejan ideas, pensamientos y creencias de parte de los participantes en relación con su aprendizaje y las formas en las que ellos perciben su propio proceso.

OBJETIVO. Identificar diversos aspectos relacionados con la percepción que tienen los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje a partir de la relación existente entre estilos de aprendizaje y de pensamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente investigación tuvo un enfoque mixto (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, pp.543-ss), se estructuraron preguntas tanto abiertas como cerradas (García, Alfaro, Hernández y Molina, 2006, p. 234) así como por criterios de valoración en escala Likert (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, pp.245-ss). El cuestionario estuvo integrado por una batería amplia de preguntas las cuales se dividieron en 5 secciones. La primera corresponde a la obtención de información general de los participantes, pregunta 1 y 2; la segunda sección se orienta a la valoración sobre el enfoque en que los estudiantes afrontan el proceso de aprendizaje a partir de las instrucciones que reciben por parte de los profesores (Zankov, 2015), pregunta 3 a 5; la tercera sección se centró la relación de los participantes con el estilo de aprendizaje y corresponden a las preguntas 6 y 18; la sección 4 corresponde a cómo los estudiantes identifican su propio estilo de aprendizaje y su vinculación con estilos de pensamiento, para lo cual se retomó el Inventario de Estilos de Pensamiento de Sternberg (1999) en su versión adaptada al español (Gutiérrez y Krumm, 2012), corresponde a las preguntas 19 a la 26; por último, la quinta sección se orienta a la estrategia que los participantes utilizan para aprender, y corresponden a las preguntas 27 a 29. La última pregunta se orienta a que los participantes expresen algún comentario sobre algún tema de su interés.
De los participantes: Estuvo integrada por estudiantes de Diseño Gráfico que en el momento de la aplicación del cuestionario se encuentran debidamente registrados como estudiantes vigentes, por lo que estuvo conformada por 32 aplicaciones de 35 posibles. En todos los casos se le informó al participante sobre la intención de la investigación

RESULTADOS. A continuación se presentan en las 4 figuras siguientes algunos de los resultados más relevantes que se pudieron obtener en la aplicación llevada a cabo y que pueden nutrir la reflexión en las conclusiones.



Fig. 1. *Identificación de los participantes con diversos tipos de enunciados que habitualmente escuchan de tus profesores. Fuente: Google Forms, 2024.*

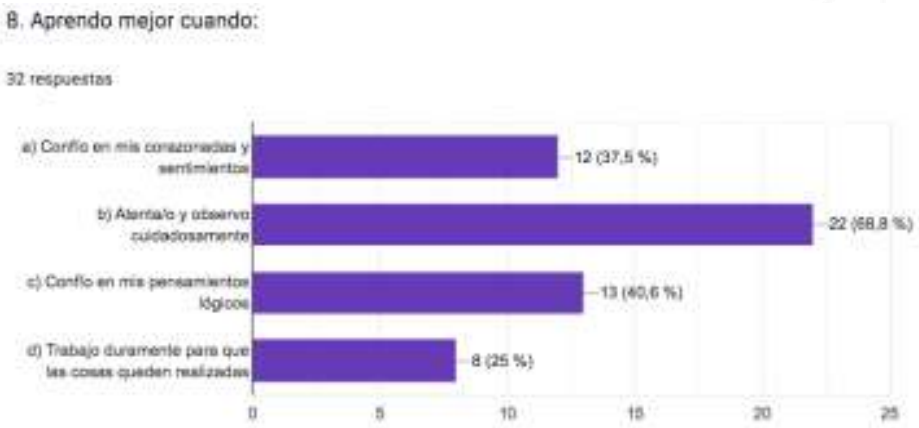


Fig. 2. *Situaciones que influyen en el aprendizaje de los participantes. Fuente: Google Forms, 2024.*



Fig. 3. *Lo que los participantes consideran más importante dentro de un proceso. Fuente: Google Forms, 2024.*



Fig. 4. *El tipo de esfuerzos de los participantes al momento de desarrollar un ejercicio, trabajo o proyecto para su evaluación. Fuente: Google Forms, 2024.*

CONCLUSIONES. Mediante la aplicación del cuestionario a los estudiantes que conforman la matrícula y con los resultados obtenidos, es posible identificar, de inicio lo siguientes

resultados, los cuales parten del principio rector de mejora continua dentro del proceso de aprendizaje enseñanza, por ello, consideramos que la práctica reflexiva (Shön, 1982) de los actores involucrados es fundamental para que dicho proceso se lleve a cabo. De igual forma se pueden establecer los siguientes puntos identificados:

PRIMERO: En la presente investigación se muestran algunos aspectos generales obtenidos, los resultados en su totalidad pueden proveer información valiosa para generar estrategias futuras; por ahora, es posible identificar algunas convergencias y divergencias en las respuestas de los participantes, por lo que no existe una forma única en la que asumen el proceso de aprendizaje, por su parte, es responsabilidad de los educadores idear, organizar e implementar situaciones de enseñanza (Manrique, 2020) pertinentes para los estudiantes.

SEGUNDO: Las combinaciones verbales y visuales constituyen una fuente de reflexión para analizar el tipo de instrucciones y descripciones que los profesores realizan habitualmente en los distintos tipos de asignaturas que se imparten, por lo que contar con situaciones de aprendizaje (Vygotsky, 2015) mediante la orientación de medios verbales y visuales (Zankov, 2015) son fundamentales.

TERCERO: Cada una de las 4 formas combinatorias que identifica Zankov (2015), orientan a los estudiantes de manera particular a partir de la intención del profesor, de

ahí la importancia de prestar atención a la forma en la que se utiliza el lenguaje y cómo éste se traduce en un tipo concreto de información que orienta a la acción. CUARTO: Las distancias de cómo se perciben los procesos de aprendizaje y cómo éstos se evalúan, pueden llegar a ocasionar falsas percepciones entre uno proceso y otro en los estudiantes, de ahí la importancia de clarificarlos y puntualizaros en función de la forma en la que las situaciones de aprendizaje relacionan demandas y los procesos cognitivos involucrados (Manrique, 2020, p. 164) son fundamentales. QINTO: No se debe perder de vista que estos son algunos de los resultados identificados al interior de la Facultad de Diseño Gráfico de la Universidad Vasco de Quiroga y sus resultados no constituyen una generalidad. En nuestro contexto los resultados obtenidos nos permiten contar con información que nos ayuda a reflexionar para proponer estrategias, revisar procesos y afinar la manera en la que situaciones de aprendizaje (Vygotsky, 2015) se pueden llevar a cabo en beneficio de los estudiantes y su proceso de aprendizaje.

REFERENCIAS.

1. Bain, K. (2007). Lo que hacen los mejores profesores de universidad, España: Ed. Universidad de Valencia.
2. Bain, K. (2012). ¿Qué es la buena enseñanza? En Revista de educación. Año 4, No. 4, pp. 63-74. Recuperado de
3. http://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/85/148
4. Escobar, A. (2016). Autonomía y Diseño. La realización de lo comunal, Popayán, Ed. Universidad de Cauca.
5. Gutiérrez, M. y Krumm, G. (2012). Adaptación y validación del Inventario de Estilos de Pensamiento de Sternberg (TSI) en la Provincia de Entre Ríos – Argentina. En Interdisciplina, vol. 29, núm. 1. Buenos Aires: Centro Interamericano de Investigaciones Psicológicas y Ciencias Afines.
6. Gros, B. (2008). Aprendizajes, conexiones y artefactos. La producción colaborativa del conocimiento, Barcelona: Ed. Gedisa.
7. Halliday, M. A. K. (1979). El lenguaje como semiótica social. México: Ed. Fondo de Cultura Económica.
8. Han, B., (2023). Vida contemplativa. Elogio de la inactividad, México: Ed. Taurus. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., (2010). Metodología de la Investigación. México: Ed. McGraw Hill.
9. Serna P., y Vargas, M. (2014), El uso del lenguaje narrativo en educación. En Uaricha, Revista De Psicología, 11(26), 34–53. https://doi.org/10.35830/urp.v11i26.52 Schön, D., (1992). La formación de

profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones, España: Ed. Paidós. Valadez, M. (2009). Estilos de aprendizaje y estilos de pensamiento: precisiones conceptuales. En Revista de Educación y Desarrollo, No. 11. Octubre-Diciembre. Cetro Universitario de Ciencias de la Salud de la Universidad de Guadalajara. Zankov, L. (2015). Combinaciones de medios verbales y visuales en la enseñanza. En Psicología y Pedagogía. Madrid: Ed. Akal.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924106

PROGRAMAS ACADÉMICOS COMO MEDIO DE INCLUSIÓN EN LA SENSIBILIZACIÓN PARA EL NUEVO MODELO EDUCATIVO DEL TECNM

Rosa María Villa García[1], Maureen Elizabeth García Mendoza[2], Edgar de la Cruz Díaz Barriga[3], Marcial Reyes Cazarez[4], Manuel Fabian Montañez[5]

1Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; mvilla@itspa.edu.mx

2Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; mgarcia@itspa.edu.mx

3Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; ecruz@itspa.edu.mx

4Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; mreyes@itspa.edu.mx

5Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro, mfabian@itspa.edu.mx

Palabras Clave: Sensibilización, Inclusión y Equidad.

RESUMEN. Un problema cultural y social que ha persistido en México desde mediados del siglo XIX, es la discriminación de género; esta problemática se hace presente en condiciones de la vida cotidiana, la preparación académica de las mujeres a través de los años brinda las posibilidades y la equidad para una igualdad en el derecho superior a la educación, a través de la política pública, derechos constitucionales e inserción educativa de las mujeres en la proyección laboral, en el ámbito profesional, científico y político. La Educación Inclusiva, es un modelo de enseñanza que se centra en comprender y cubrir las necesidades de todos los individuos por igual, sin importar cuáles sean sus características diferenciadoras. Una de las aportaciones más importante es que entiende que cada alumno tiene necesidades, habilidades, capacidades y rasgos que le hacen diferente del resto. El TecNM Pátzcuaro los integrantes del cuerpo académico “Ingeniería y educación sustentable para el desarrollo de estudios regionales” generan procesos de investigación, formación y capacitación para la detección de necesidades específicas de aprendizaje que conllevan al desarrollo de estrategias que fortalezcan procesos estructurados, transversalidad de perfiles y áreas de conocimiento de quienes se encargan del diseño y estructuración de contenidos. Mediante el acompañamiento y diversas actividades tutoriales, se detecta que los estudiantes que integran los distintos programas educativos manifiestan necesidades específicas de aprendizaje, lo que hace imperante el trabajo coordinado de profesores y autoridades en el desarrollo de estrategias que permitan su atención cuyo objetivo del presente trabajo es atender la diversidad estudiantil, reconociendo que los estudiantes tienen diferentes formas de aprender por lo que se requieren estrategias y metodologías adaptadas a sus necesidades individuales, así como detectar los requerimientos de infraestructura óptimas para el entorno del proceso enseñanza-aprendizaje, en un contexto intercultural, incluyente, equitativo y multidiverso. A partir de la conformación del cuerpo académico se ha centrado la investigación y análisis de factores que inciden en la equidad e inclusión de nuestros estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que genera

un impacto positivo en la eficiencia terminal del estudiantado, incrementando en más de un 100% la participación de estudiantes purépechas del género femenino

INTRODUCCIÓN. En el modelo educativo para el siglo XXI, se plantea el rol del profesor como un facilitador del aprendizaje y al estudiante como un actor activo, crítico y autogestivo, lo cual representa la necesidad de programas académicos equitativos que permitan la igualdad que brinde acompañamiento y orientación al estudiantado en toda su trayectoria académica. Es así como las buenas prácticas de sensibilización de las autoridades administrativas y docentes, para la atención a la diversidad estudiantil, radica en la importancia que tiene para garantizar una educación inclusiva y equitativa. La Educación Inclusiva puede ser un camino fundamental para superar la exclusión social, que resulta de ciertas actitudes negativas ante las diferencias de diversa índole y que se producen en el interior de los centros educativos (Blanco, 2006). El desarrollo de prácticas inclusivas, participativas e integradoras, propician la sensibilización como parte educativa para el trabajo equitativo.

ANTECEDENTES. En el Art. 3 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se establece el derecho que tiene toda persona a la Educación, así mismo, señala la obligación que tiene el Estado de actuar como el ente rector de la misma, observando que esta sea universal, inclusiva, pública, gratuita y laica, y la obligación que tiene la Federación en coordinación con las Entidades Federativas en la determinación de los principios rectores y objetivos de la educación inicial, diseñando planes y programas de estudio en atención a las realidades y contextos, regionales y locales, todos, con una perspectiva de género y orientación integral En el año 2008 México firmó la Convención Sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, la cual se convirtió en el primer instrumento a nivel internacional enfocado en la protección de los derechos de este grupo de la población. El Art. 1° de la Constitución Mexicana, prohíbe la discriminación por la condición de discapacidad de las personas, y la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, en su artículo 2°, establece como “Educación Inclusiva” aquella que propicia la integración de personas con discapacidad a los planteles de educación básica regular, mediante la aplicación de métodos, técnicas y materiales específicos. Los planes de estudio de los diferentes Institutos Tecnológicos se rigen bajo los lineamientos del Tecnológico Nacional de México. Sin embargo, dentro de la estructura académica de cada división de estudios de cualquier tecnológico se forma una academia, misma que se integrara de acuerdo al lineamiento vigente del TecNM. La academia de acuerdo al lineamiento tiene la función de proponer y desarrollar proyectos en los ámbitos de docencia, investigación, vinculación y gestión académica; así como en los procesos de diseño, innovación, implementación, seguimiento y evaluación curricular. Así mismo, el trabajo académico colegiado, interdisciplinario, responsable, sustentable y comprometido.
Bajo esta dinámica también es posible programar, planear, ejecutar y evaluar, todos aquellos contenidos y actividades asociativas al proceso académico que conlleva a generar condiciones de inclusión mediante la sensibilización en nuestros programas educativos. Mediante el acompañamiento docente y diversas actividades tutoriales, se ha podido detectar que los estudiantes que integran los distintos programas educativos manifiestan necesidades específicas de aprendizaje, lo que hace imperante el trabajo coordinado de profesores y autoridades en el desarrollo de estrategias que permitan su atención, es por ello que el manejo de buenas prácticas de sensibilización en la gestión y el quehacer

docente dentro de las Instituciones Educativas de Nivel Superior consideramos es fundamental para el desarrollo de las competencias y habilidades necesarias para garantizar la inserción de nuestros estudiantes en el ámbito laboral.

OBJETIVO. Diseñar y operar nuevos planes de estudio en el Tecnológico Nacional de México, que contemplen en su estructura genérica, temáticas y diversos contenidos encaminados al desarrollo de una educación inclusiva en los futuros profesionistas del TecNM siendo vinculantes en la implementación del modelo humanista para la justicia social.

MATERIALES Y MÉTODOS. La Educación como un proceso dialógico en el que estudiantes y maestros aprendan juntos a través del diálogo crítico y la reflexión, es considerado como Paulo Freire un proceso de educación liberadora para la creación de una sociedad justa y equitativa, ya que permite a las personas desarrollar su capacidad de pensar críticamente y actuar de manera autónoma, una de las frases más conocidas de Freire es “La educación no cambia al mundo, cambia a las personas que van a cambiar al mundo”, es por ello que tomando como referencia la Pedagogía de Paulo Freire conocido como el pedagogo de los oprimidos, consideramos que el principio del dialogo que establece la relación de profesores y estudiantes, basado en la interacción de un instructor y uno o varios instruidos, con diversas metodologías y estrategias puntuales que atiendan las diferentes formas requeridas para conocer, analizar, estudiar y apropiar el conocimiento transmitido, debe permear en la formación de agentes de cambio y en la transformación de los nuevos modelos de enseñanza que dejan de lado en sus contenidos el respeto, la ética, el pensamiento, la equidad e inclusión, ante el argumento que son saberes intrínsecos de los planes y programas de estudio y no se dimensiona la transición disciplinar pedagógica en la que los estudiantes, una vez que concluyan con su formación académica y se integren a la sociedad como profesionistas, tengan un desempeño y práctica profesional ante la carencia de esos elementos fundamentales, por la simple construcción de un modelo de formación disciplinar en el que deben de conocer y saber un poco de todo. (Reyes, 2017)
Hablar de pedagogía, nos remonta a la época de la Antigua Grecia, etimológicamente deriva del griego “paidos” que significa niño y “agein” que significa guiar o conducir, la adaptación de estas raíces etimológicas y el sentido de amplitud del concepto y su aplicación y estudio ha llevado a la pedagogía a interactuar en todos los campos de la educación, no solo en la niñez, sino en todas las etapas del ciclo vital. La planeación de la educación visualiza elementos de tiempo, espacio y contenido que permiten mantener organizada y programada la información y aquellos elementos de los que tenemos que echar mano para la transición del conocimiento, en la educación inclusiva, no solo tenemos que aplicar estos elementos de planeación, sino también debe visualizar la construcción de un discurso objetivo y no un discurso alternativo carente de sentido en el plano de lo epistemológico.
En la pedagogía actual, aun y cuando se contempla un Nuevo Modelo Educativo, que habla de brindar atención a las necesidades específicas de los estudiantes no se ha trabajado en el rediseño de planes y programas académicos que contemplen temas y estrategias para su atención presente y los retos que se generen a futuro.

RESULTADOS. Para comprender este nuevo reto incluyente que se está dando en las aulas a nivel universitario es importante e indispensable considerar los diferentes tipos de alumnos que podemos llegar a tener, ya que esto sentará las bases necesarias para

apoyarlos a la hora de aprender dando sustento a la premisa que considera que la educación debe ser la misma para todos en los diferentes ámbitos como lo son: condiciones sociales, psicológicas y biológicas a las que nos enfrentamos en la formación y el aprendizaje, así como las condiciones de infraestructura que ofrecen los centros educativos. (ilustración 1)

CARACTERIZACIÓN DEL PROGRAMA EDUCATIVO POR INGENIERIA				
INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN				
HOMBRES	MUJERES	POBLACIÓN INDÍGENA	OPCIÒN	ESTUDIANTES CON ENFERMEDADES
55.50%	44.50%	1%	61.10%	1%
INGENIERÍA AMBIENTAL				
HOMBRES	MUJERES	POBLACIÓN INDÍGENA	OPCIÒN	ESTUDIANTES CON ENFERMEDADES
60%	40%	28%	28%	20%

Ilustración 1 *Caracterización del Programa Educativo por Ingeniería*

Así mismo, en la siguiente gráfica podemos observar cómo se encuentra conformado nuestra población estudiantil, aproximadamente el 44.5% de los estudiantes en administración son del género femenino, el 1% pertenece a una población indígena y para el 61.10% de los estudiantes nuestra Institución ha sido su primera opción, respecto a los datos obtenidos en la Ingeniería ambiental, encontramos que el 40% de los estudiantes corresponden al género femenino, el 28% de ellos pertenece a una población indígena, mientras que para el 28% de estos estudiantes nuestro Instituto ha sido su primera opción. (ilustración 2)

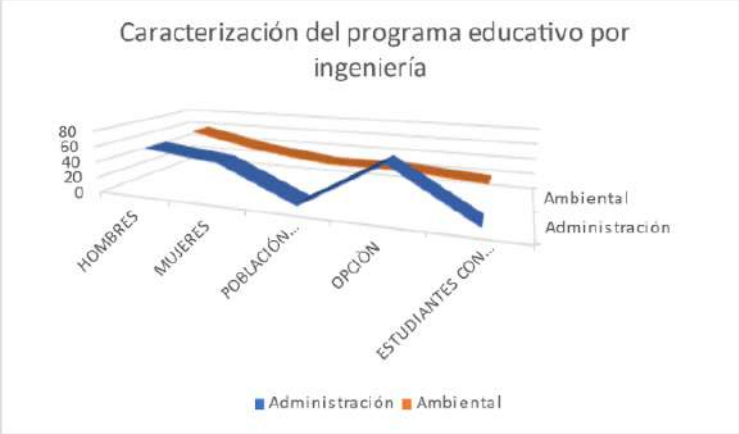


Ilustración 2 *Caracterización del programa educativo por ingeniería*

CONCLUSIONES. Desde el ámbito local el decremento en la eficiencia terminal de nuestros programas educativos es la desvinculación que existen entre las áreas que sirven de filtro y apoyo en el proceso de captación, selección y seguimiento académico-administrativo del estudiantado, trayendo como consecuencia el retraso o incluso la deserción de los alumnos ante la informalidad y desatención de una red de apoyo que les permita fortalecer sus procesos dentro de la Institución, garantizando su permanencia y desarrollo de pertenencia. Es así como las acciones desarrolladas por cada uno de los actores que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje se vuelve un factor determinante para lograr conciencia, igualdad e inclusión no solo en la elaboración de programas educativos integrales, sino en la construcción de la identidad con la finalidad de

que podamos reconocernos y reconocer a los demás desde una perspectiva individual para la construcción de una colectividad tolerante, empática y equitativa. Sin lugar a dudas uno de los factores más álgidos en este tema es la poca o nula participación de las autoridades académicas por generar condiciones reales de inclusión para el estudiantado, ya que es necesario desde la planeación presupuestal el diagnóstico y asignación de recursos financieros, que permitan la reingeniería de los centros educativos, debido a que la infraestructura es un factor determinante para aumentar y mejorar el rendimiento escolar, así como en el diseño de los procesos para la elaboración o modificación de los programas educativos con base en la política educativa transversal, los cuales a la fecha se encuentran sujetos a la autorización de colaboradores que en su mayoría desconocen las necesidades específicas de las regiones trayendo como consecuencia la aplicación y desarrollo de programas educativos generales, que no dan atención a necesidades académicas específicas ni cuentan con igualdad de condiciones para desarrollar sus aprendizajes.

REFERENCIAS.

1. Blanco, R. (2006). La equidad y la inclusión social: uno de los desafíos de la educación y la escuela hoy. REICE, Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, Volumen (4), nº3.
2. Sierra, M. (2022). Inclusión educativa y educación inclusiva en las prácticas pedagógicas de Educación Física. Lecturas: Educación Física y Deportes, 26(285), 150-160. https://doi.org/10.46642/efd.v26i285.2743
3. Gines, M. (2009). “Bien Común” E “Interés General” en la retórica de los poderes públicos: ¿Conceptos intercambiables? Anuario Filosófico. XLII/3 (2009). (pp. 613-625). Presentado 26 de noviembre de 2008 y aceptado 15 de enero de 2009.
4. Poole, D. (2008). Bien común y Derechos Humanos. Los Derechos Humanos en la era de lainterculturalidad. Persona y Derecho. DER2008-06063-JURI. (pp. 97-133). ISSN:0211 – 4526.
5. Ortiz, M. C. (2000). Hacia una educación inclusiva. La educación especial ayer,hoy y mañana. Siglo Cero, 31(1) 5-11.
6. Guerrero, M.C. (2000). Hacia una educación inclusiva. La educación especial ayer, hoy ymañana. Siglo Cero, 31(1) 5-11.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924107

FOMENTANDO LA INCLUSIÓN EDUCATIVA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE MORELIA

Nancy Cambrón Muñoz[1], Ireri Onchi Espinosa[2], María Diana Sánchez Pahuamba[3]

1Tecnológico1Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; nanncy.cm@vmorelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; ireri.oe@vmorelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; maria.sp@vmorelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Inclusión, educativa, equidad, diversidad.

RESUMEN. El proyecto "Fomentando la Inclusión Educativa en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia" surge como respuesta a la necesidad imperante de transformar nuestro entorno educativo en un espacio inclusivo y equitativo. Fundamentado en principios éticos y pedagógicos, este proyecto busca trascender las barreras físicas, comunicativas y actitudinales, promoviendo prácticas pedagógicas inclusivas que aseguren la participación activa de todos los estudiantes. Inspirados por los principios de la educación inclusiva, reconocemos la diversidad como una riqueza que enriquece la experiencia educativa de todos. Este proyecto, respaldado por un diagnóstico detallado y fundamentado en un marco teórico sólido, aspira a crear un cambio cultural en el ITVM. La inclusión no solo es un requisito normativo, sino un compromiso ético con el desarrollo integral de cada individuo. A través de estrategias innovadoras, formación docente especializada y la creación de recursos inclusivos, buscamos construir un ambiente donde cada estudiante encuentre el apoyo necesario para alcanzar su máximo potencial. Más que cumplir con estándares, aspiramos a trascenderlos, creando un legado que impacte no solo en el presente, sino que inspire a las futuras generaciones. La inclusión educativa, entendida como un camino de transformación continua, se convierte en una oportunidad para construir un entorno educativo más justo y enriquecedor para todos. Este proyecto representa un compromiso con la equidad, la celebración de la diversidad y la construcción de un futuro educativo inclusivo y sostenible en el ITVM.

INTRODUCCIÓN. En el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (ITVM), reconocemos la imperiosa necesidad de transformar nuestro entorno educativo en un espacio verdaderamente inclusivo. La diversidad presente en nuestras aulas es una riqueza que debemos valorar y potenciar. Por ello, damos inicio al proyecto "Fomentando la Inclusión Educativa," una iniciativa que busca no solo cumplir con las disposiciones locales y nacionales en materia de educación inclusiva, sino que aspira a ir más allá, generando un cambio cultural que trascienda las barreras físicas, comunicativas y actitudinales. Esta propuesta surge como respuesta a la urgente necesidad de promover prácticas pedagógicas que aseguren la participación activa y equitativa de todos los estudiantes, independientemente de sus características individuales. Nos fundamentamos en los principios de la educación inclusiva, inspirados por la convicción de que cada estudiante

tiene el derecho innegable a una educación de calidad. La motivación detrás de este proyecto radica en la creencia de que la inclusión no solo es un requisito normativo, sino un compromiso ético y moral con el desarrollo integral de cada individuo en nuestra comunidad educativa. Además, se sustenta en la premisa de que un entorno inclusivo no solo beneficia a aquellos estudiantes que presentan necesidades educativas especiales, sino que enriquece la experiencia educativa de todos. Este proyecto, respaldado por un diagnóstico cuidadoso de nuestro contexto educativo y fundamentado en el marco teórico de la educación inclusiva, busca no solo cumplir con estándares, sino trascenderlos. A través de estrategias innovadoras y adaptaciones en nuestras prácticas pedagógicas, aspiramos a crear un ambiente donde la diversidad sea celebrada y donde cada estudiante encuentre el apoyo necesario para alcanzar su máximo potencial. La inclusión educativa es un camino de transformación continua, y este proyecto pretende ser el catalizador de un cambio profundo en la manera en que concebimos la educación en el ITVM. A través de la colaboración, la formación docente especializada, y la creación de recursos inclusivos, aspiramos a construir un legado que impacte no solo en el presente, sino que inspire a las generaciones futuras. El compromiso con la inclusión no solo es una obligación, sino una oportunidad para construir un entorno educativo más justo, equitativo y enriquecedor para todos.

ANTECEDENTES. La imperiosa necesidad de la educación inclusiva ha sido reconocida en distintos niveles. A nivel mundial, la Declaración de Salamanca de 1994 representó un hito en el ámbito educativo al reconocer el derecho de todos los niños a recibir una educación de calidad sin importar sus características o necesidades, estableciendo las bases para un paradigma inclusivo (UNESCO, 1994). Posteriormente, la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad de 2006 ratificó este derecho, asegurando el acceso a la educación en igualdad de condiciones para las personas con discapacidad (ONU, 2006). En el contexto nacional, la Ley General de Educación de 2019 establece la obligatoriedad de la educación inclusiva en México, promoviendo la atención a la diversidad y eliminando barreras que limiten el aprendizaje (SEP, 2019). Asimismo, el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 refuerza la importancia de un sistema educativo inclusivo como factor esencial para el desarrollo social y económico del país (Gobierno de México, 2019). A nivel estatal, la Ley de Educación del Estado de Michoacán de 2019 establece directrices específicas para implementar la educación inclusiva en el estado (Congreso del Estado de Michoacán, 2019), mientras que el Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 destaca la necesidad de fortalecer un sistema educativo inclusivo y de calidad (Gobierno del Estado de Michoacán, 2021). En el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (ITVM), un diagnóstico realizado en 2023 reveló que, si bien existe una política institucional que promueve la inclusión educativa, aún quedan retos importantes por superar, como la formación docente en estrategias inclusivas, la eliminación de barreras físicas y comunicacionales, y una mayor participación de la comunidad educativa en la promoción de la inclusión. Además, el ITVM cuenta con una población diversa que incluye estudiantes con discapacidad, indígenas y de bajos recursos, lo que demanda atender sus necesidades particulares. Estos antecedentes evidencian la urgente necesidad de implementar un proyecto de educación inclusiva en el ITVM, que sea integral y aborde la formación docente, la eliminación de barreras, la participación activa de la comunidad educativa, y la atención específica a las necesidades de la población estudiantil.

OBJETIVO. Implementar un programa de capacitación docente en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, orientado a fomentar prácticas inclusivas innovadoras que aseguren la participación equitativa de todos los estudiantes, en concordancia con las normativas locales, nacionales e internacionales. Diseñar y ejecutar talleres interactivos específicamente dirigidos a los docentes, proporcionándoles herramientas prácticas y estrategias adaptativas para incorporar la inclusión en su práctica pedagógica. Introducir tecnologías educativas accesibles y adecuadas para los docentes, enfocadas en facilitar la adaptación de los contenidos y métodos de enseñanza para atender las necesidades individuales de todos los estudiantes. Establecer conexiones colaborativas con instituciones educativas locales y organizaciones especializadas en inclusión, con el objetivo de compartir experiencias y mejores prácticas, fortaleciendo así la capacidad docente para implementar enfoques inclusivos de manera efectiva.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología del proyecto está anclada en la investigación-acción participativa, la cual involucra activamente a la comunidad educativa en todas las fases del proyecto, desde el diagnóstico inicial hasta la evaluación del impacto. Para comenzar, se llevará a cabo un diagnóstico exhaustivo del entorno educativo, utilizando herramientas como observaciones directas, análisis documental, y entrevistas semiestructuradas, lo que permitirá identificar barreras físicas, comunicacionales y actitudinales que limitan la inclusión educativa (Smith et al., 2018). Este diagnóstico incluirá la recopilación de percepciones de docentes, estudiantes y padres sobre la inclusión mediante encuestas y entrevistas, con el fin de obtener una visión holística de la situación actual (Jones & Brown, 2020). El análisis de documentos, como el currículo y las prácticas pedagógicas, permitirá identificar áreas clave de mejora en cuanto a la implementación de estrategias inclusivas (García et al., 2019). Posteriormente, se diseñará un plan de formación docente, que incluirá una serie de talleres presenciales y virtuales enfocados en estrategias pedagógicas inclusivas. Este plan estará basado en la literatura académica existente y validado por expertos en el campo de la inclusión educativa (Johnson & White, 2021). Los módulos de formación incluirán temas como la valoración de la diversidad y la adaptación curricular, y su efectividad se medirá mediante evaluaciones previas y posteriores, además de la recopilación de retroalimentación cualitativa por parte de los participantes (Martínez & Rodríguez, 2017). En cuanto a la creación de materiales educativos inclusivos, se desarrollarán recursos accesibles que integren tecnologías inclusivas, tales como dispositivos de apoyo para estudiantes con discapacidades visuales y auditivas, siguiendo las recomendaciones de Green et al. (2020) y Taylor & Lee (2018). Estos materiales serán validados a través de revisiones por pares y grupos de enfoque que incluirán la participación de docentes, especialistas y estudiantes para garantizar su adecuación y efectividad (Reyes & García, 2021). La implementación progresiva de prácticas inclusivas en el aula será clave, comenzando con pequeñas adaptaciones y avanzando hacia cambios más significativos en el entorno educativo (Clark et al., 2016). Esta fase también incluirá reuniones regulares entre docentes y el uso de plataformas en línea para facilitar el intercambio de experiencias y mejores prácticas en la enseñanza inclusiva (Moore & Johnson, 2018). El monitoreo de la respuesta de los estudiantes se llevará a cabo mediante observaciones directas y evaluaciones formativas, lo que permitirá ajustar las estrategias según sea necesario (Harris & Thomas, 2019). Finalmente, el desarrollo de programas de apoyo individualizado para estudiantes con necesidades específicas será una parte crucial de la metodología. Estos programas se diseñarán en

colaboración con especialistas, utilizando evaluaciones diagnósticas para identificar las necesidades individuales de cada estudiante (Cruz & López, 2022). La efectividad de los programas será evaluada continuamente, utilizando indicadores clave como la participación en clase y el rendimiento académico (Gómez & Torres, 2017; Reyes et al., 2020).

RESULTADOS. Creación de un clima escolar inclusivo, fomentando el respeto por la diversidad y el bienestar emocional: Se espera que el proyecto promueva un entorno donde todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades, sean respetados y valorados. Un clima inclusivo permitirá que los estudiantes con discapacidad se sientan aceptados y apoyados, lo que impactará directamente en su bienestar emocional y psicológico. Según investigaciones previas, el fomento de un ambiente de respeto y aceptación reduce significativamente los niveles de estrés y ansiedad en los estudiantes, mejorando su experiencia educativa en general (Smith et al., 2020). Además, este clima inclusivo no solo beneficiará a los estudiantes con necesidades especiales, sino también al resto de la comunidad educativa, promoviendo una cultura de empatía y cooperación. Mejora del rendimiento académico mediante la atención personalizada y la eliminación de barreras: Uno de los principales objetivos del proyecto es eliminar las barreras físicas, pedagógicas y actitudinales que limitan el acceso equitativo a la educación. Se espera que, mediante adaptaciones curriculares y el uso de tecnologías inclusivas, los estudiantes reciban una atención personalizada que atienda sus necesidades específicas, permitiéndoles alcanzar su máximo potencial académico. Diversos estudios han demostrado que los estudiantes que reciben una educación adaptada a sus capacidades y estilos de aprendizaje experimentan mejoras notables en su rendimiento académico (García & Pérez, 2018). Por tanto, al eliminar las barreras y proporcionar apoyos específicos, se espera que el rendimiento académico en general se vea incrementado, reduciendo la tasa de deserción y mejorando los índices de graduación. Empoderamiento docente y aumento de la participación activa de los estudiantes: La formación docente continua será un eje clave del proyecto, buscando empoderar a los maestros con las herramientas y estrategias necesarias para abordar la diversidad en el aula. Se espera que, al proporcionarles formación específica en pedagogía inclusiva, los docentes se sientan más capacitados para enfrentar los desafíos de la inclusión y adopten prácticas que fomenten la participación activa de todos los estudiantes. Esto, a su vez, incentivará a los estudiantes a participar más en las actividades escolares, fortaleciendo su sentido de pertenencia y compromiso con el proceso educativo. La investigación sugiere que los estudiantes que se sienten incluidos y valorados tienden a participar más activamente en clase, lo que refuerza su aprendizaje y desarrollo personal (Johnson & Smith, 2019). Establecimiento de redes de colaboración entre docentes, familias y especialistas: Se espera que el proyecto facilite la creación de redes de apoyo colaborativas entre los diferentes actores del proceso educativo: docentes, familias y especialistas en inclusión. Estas redes permitirán una comunicación fluida y efectiva, donde las preocupaciones, sugerencias y necesidades de los estudiantes puedan ser abordadas de manera conjunta. El trabajo colaborativo ha demostrado ser una estrategia eficaz en la implementación de prácticas inclusivas, ya que fomenta la corresponsabilidad y el apoyo mutuo entre los diversos miembros de la comunidad educativa (Moore & García, 2020). Además, el establecimiento de estas redes fortalecerá la continuidad de las prácticas inclusivas a largo plazo, garantizando su sostenibilidad en el tiempo.

CONCLUSIONES. Se espera que este proyecto transforme al Instituto Tecnológico del Valle de Morelia en un referente de educación inclusiva a nivel regional y nacional. La implementación de las estrategias planteadas no solo contribuirá a mejorar el bienestar y la equidad entre los estudiantes, sino que también creará un cambio cultural significativo en la institución. Este cambio cultural estará orientado hacia la igualdad de oportunidades y el respeto por la diversidad, tanto dentro como fuera del aula. A largo plazo, se prevé que el proyecto tenga un impacto duradero en la comunidad educativa, fomentando una mentalidad inclusiva que perdure más allá de la vida académica de los estudiantes. Además, el modelo desarrollado en el Instituto podrá ser replicado en otras instituciones educativas de la región, contribuyendo a la construcción de un sistema educativo más justo y equitativo. La inclusión, como valor fundamental del proyecto, no solo beneficiará a los estudiantes con discapacidad, sino que enriquecerá la experiencia educativa de todos, promoviendo una sociedad más empática y cohesionada (Gómez & Torres, 2021). En última instancia, se espera que este enfoque tenga un impacto positivo en la trayectoria académica y profesional de los estudiantes, preparándolos para ser agentes de cambio en sus comunidades y en el mundo laboral.

REFERENCIAS.

1. Clark, C., Dyson, A., & Millward, A. (2016). Theories of inclusive education: A critical examination. Routledge.
2. Congreso del Estado de Michoacán. (2019). Ley de Educación del Estado de Michoacán. Michoacán.
3. Cruz, J., & López, M. (2022). Evaluación y diseño de programas educativos individualizados para estudiantes con necesidades especiales. Editorial Académica.
4. García, A., & Pérez, F. (2018). Impacto de las adaptaciones curriculares en el rendimiento académico. Journal of Educational Research, 58(2), 123-136.
5. Gómez, R., & Torres, L. (2021). Cambio cultural y educación inclusiva: Un modelo de intervención. Journal of Inclusive Education, 36(4), 212-225.
6. Harris, J., & Thomas, R. (2019). Monitoreo y evaluación de prácticas pedagógicas inclusivas. Educational Measurement, 37(1), 45-58.
7. Johnson, M., & Smith, K. (2019). Empoderamiento docente y participación estudiantil en la educación inclusiva. Teacher Education Quarterly, 48(2), 101-115.
8. Johnson, M., & White, S. (2021). Formación docente en inclusión educativa: Metodologías y enfoques. Educational Training Publications.
9. Jones, A., & Brown, T. (2020). Percepciones de inclusión en la educación: Un análisis cualitativo. Journal of Educational Psychology, 61(3), 155-168.
10. Moore, J., & García, M. (2020). Colaboración entre docentes, familias y especialistas: Estrategias para la inclusión. Collaborative Education Review, 29(2), 98-110.
11. ONU. (2006). Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Naciones Unidas.
12. SEP. (2019). Ley General de Educación. Secretaría de Educación Pública de México.
13. Smith, T., Lee, A., & Brown, C. (2020). Impacto del clima escolar inclusivo en el bienestar emocional de los estudiantes. School Psychology Review, 49(3), 202-218.
14. Taylor, B., & Lee, M. (2018). Recomendaciones para la integración de tecnologías inclusivas en el aula. Journal of Technology in Education, 59(4), 143-155.
15. UNESCO. (1994). Declaración de Salamanca y Marco de Acción para las Necesidades Educativas Especiales. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
16. Gobierno de México. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Presidencia de la República.
17. Gobierno del Estado de Michoacán. (2021). Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027. Gobierno del Estado de Michoacán.
18. Reyes, M., & García, S. (2021). Validación de materiales educativos inclusivos. Journal of Inclusive Education Research, 23(1), 65-80.
19. Reyes, M., García, S., & Rodríguez, F. (2020). Programas de apoyo para estudiantes con necesidades específicas: Evaluación

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924108

PROGRAMAS EDUCATIVOS BASADOS EN EL MANEJO DEL AGUA, LA BIODIVERSIDAD Y EL ENTORNO SOCIAL, UN NUEVO MODELO DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Marcial Reyes Cazarez[1], Manuel Fabian Montañez[2], Maureen Elizabeth García Mendoza[3]

1Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; mreyes@itspa.edu.mx

2 Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro, mfabian@itspa.edu.mx

3 Tecnológico Nacional de México campus Pátzcuaro; mgarcia@itspa.edu.mx

Palabras Clave: Sociedad, Pedagogía y Conservación.

RESUMEN. En el Tecnológico Nacional de México los cambios en el entorno suponen grandes retos en la construcción de sociedades del conocimiento, con la finalidad de formar profesionistas que tengan las habilidades y capacidades para dar solución a los nuevos retos sociales, ambientales y económicos que permean intereses diversos en el país. La complejidad y el análisis de este paradigma desde una visión común, puede caracterizar una sistematización de aspectos definidos e integrados respecto al pensamiento, la asociación de una comunidad y la dinámica de interacción con la naturaleza, como un modelo sistemático de comportamiento y pensamiento complejo. Los tres instrumentos de colaboración global: Los ODS 2030, Carta de la Tierra y el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el cambio climático van encaminados a la protección de la biosfera como único espacio de coexistencia, hoy en día padecemos múltiples amenazas ecosistémicas, siendo las más preocupantes, el incremento de temperaturas y la disminución de la precipitación pluvial. Los programas académicos actuales no contemplan un modelo de educación ambiental que permita generación de una conciencia ambiental, por lo tanto, proponemos que los nuevos planes de estudio de los diferentes programas educativos del Tecnológico Nacional de México, integren una estructura genérica y temática, con diversos contenidos encaminados al desarrollo de la educación y conciencia ambiental. Esta propuesta es una estrategia que contribuye a la visualización de las necesidades sociales que trascienden y forman parte de la estructura base en la construcción de la política pública, ya que las dimensiones del conocimiento hoy en día demandan nuevas rutas pedagógicas.

INTRODUCCIÓN. La pérdida de ecosistemas forestales a nivel mundial, forman parte de un problema complejo que se atribuye a las actividades antropogénicas conceptualizándolo e identificándolo como el efecto del cambio climático, cuyos efectos colaterales son la escasez de agua y la amenaza gradual de la seguridad alimentaria. (De Alba, 2018). Uno de los principales factores que ponen en una situación de vulnerabilidad a los ecosistemas forestales es el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, ya que desde el punto de vista geográfico, los diversos tipos de uso de suelo por vocación o preferencia de uso, influyen de forma directa con los eco tonos del paisaje, biota que lo compone y la interacción

viva de flora y fauna presente por unidad de superficie, siendo parte fundamental de las interacciones que ahí se desarrollan, parte medular de este investigación y de otras que a nivel mundial buscan las implicaciones que conllevan la pérdida de biodiversidad, bienes y servicios ambientales. La vegetación forestal en el Estado de Michoacán, México, en análisis a corto plazo presenta grandes impactos respecto a su extensión territorial, su reducción ha incrementado en las últimas tres décadas. La deforestación y el cambio de uso de suelo impacta en la conservación ambiental, propiciando que el entorno natural y la simbiosis con el recurso hídrico tengan una tendencia decreciente, limitándose para abastecer las necesidades humanas y agrícolas a la vez, así mismo, existen factores socio-económicos que han impactado negativamente en la disminución del área de captación de los principales cuerpos de agua del Estado de Michoacán. (Fabian, 2021). Los gobiernos, instituciones, empresas y toda la sociedad, comienzan a padecer los estragos de los fenómenos de un cambio global que se he generado por malas prácticas, falta de una proyección sistematizada del crecimiento urbano, de la distribución y optimización de los recursos naturales y del manejo racional de aptitud del territorio que convergen en el resultado que genera el incremento de temperaturas, la contaminación atmosférica, sequia severa, fenómenos hidrometeorológicos torrenciales en un corto periodo de distribución que son resultantes de una mala planeación, falta de programación, ejecución de políticas encaminadas a la conservación de la naturaleza y un sistema efímero de educación y conciencia ambiental. (Toledo, 2017)

ANTECEDENTES. Los instrumentos de colaboración internacional hoy en día centran prioridades de emergencia en la atención de indicadores estratégicos para la proyección de las naciones aliadas a sus propuestas, tal es el caso de los Objetivos para el Desarrollo Sustentable 2030, La Conferencia de las partes COP, en la Cumbre anual que Organiza la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, así como la declaración de La Carta de la Tierra basada en principios éticos fundamentales para la construcción de una sociedad global justa, sostenible y pacífica en el Siglo XXI. La Agenda 2030 se constituye por los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible, con 169 metas y 231 indicadores, un marco de referencia para los compromisos de las naciones parte, teniendo como responsabilidad tareas individuales y acciones en alianza para lograr el cumplimiento integral. Como parte de los consensos entre las 197 partes que integran La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cabe destacar que la última asamblea realizada fue la COP 28, en donde los principales acuerdos fueron la reducción del uso de combustibles fósiles, triplicar las energías renovables y duplicar la soberanía energética, ante la preocupación por los máximos históricos respecto al incremento de temperatura global. En la declaración de La Carta de la Tierra en uno de sus enfoques principales “La Integridad Ecológica”, se preocupa en la transición hacia formas sostenibles de vida y el desarrollo humano sostenible, a través de 16 principios que promueven el respeto de la vida en la tierra. Los tres instrumentos de colaboración global antes mencionados, van encaminados a la protección de la biosfera como único espacio de coexistencia de las especies que la habitamos, hoy en día padecemos múltiples amenazas ecosistémicas, siendo las más preocupantes por sus consecuencias colaterales, el incremento de temperaturas y la disminución de la precipitación pluvial.

OBJETIVO. Diseñar y operar nuevos planes de estudio en el Tecnológico Nacional de México, que contemplen en su estructura genérica, temáticas y diversos contenidos

encaminados al desarrollo de la educación y conciencia ambiental en los futuros profesionistas del TecNM siendo vinculantes en la implementación del modelo humanista para la justicia social.

MATERIALES Y MÉTODOS. El principio del dialogo encaminado a la relación de profesores y estudiantes basado en la interacción de un instructor y uno o varios aprendices, con métodos diversos, estrategias puntuales a las diferentes formas requeridas para conocer, analizar, estudiar y apropiar ese conocimiento transmitido, con base en la pedagogía de Paulo Freire, conocido como el pedagogo de los oprimidos y quién transmitía a través de su práctica y teoría, la pedagogía de la esperanza. Esa esperanza en la actualidad debe permear en la formación de agentes de cambio y en la transformación de los nuevos modelos de enseñanza que dejan de lado en sus contenidos el respeto, la ética, el pensamiento e inclusive la filosofía, ante el argumento que son saberes ambiguos de los planes y programas de estudio y no se dimensiona la transición disciplinar pedagógica en la que los estudiantes, una vez que concluyan con su formación académica y se integren a la sociedad como profesionistas, tengan un desempeño y práctica profesional ante la carencia de esos elementos fundamentales, por la simple construcción de un modelo de formación disciplinar en el que deben de conocer y saber un poco de todo. (Reyes, 2017)
Hablar de pedagogía, nos remonta a la época de la Antigua Grecia, etimológicamente deriva del griego “paidos” que significa niño y “agein” que significa guiar o conducir, la adaptación de estas raíces etimológicas y el sentido de amplitud del concepto y su aplicación y estudio ha llevado a la pedagogía a interactuar en todos los campos de la educación, no solo en la niñez, sino en todas las etapas del ciclo vital. La planeación de la educación visualiza elementos de tiempo, espacio y contenido que permiten mantener organizada y programada la información y aquellos elementos de los que tenemos que echar mano para la transición del conocimiento, en la educación ambiental, no solo tenemos que aplicar estos elementos de planeación, sino también debe visualizar la construcción de un discurso objetivo y no un discurso alternativo carente de sentido (te motivo al cuidado y la conservación, pero no te digo, ni te enseño como hacerlo) en el plano de lo epistemológico. En la pedagogía ambiental actual, aun no se han aplicado técnicas que logren revertir condiciones a los retos y problemas presentes y aquellos que se vislumbran en el futuro. Es por ello que la propuesta metodológica parte de los modelos educativos y el diseño de los planes de estudio, que para esta investigación impera el Programa Educativo de la Ingeniería Ambiental, su estructura es completa y dinámica, pero en la profundidad del mismo carece de un sentido humanista en su proyección transversal de educación ambiental.

RESULTADOS. Como parte de la estructura de la retícula autorizada del programa educativo de ingeniería ambiental IAMB-TAS-2017-01, podemos observar que se compone por un total de 46 asignaturas, actividades complementarias, servicio social y residencia profesional que en su conjunto acumulan 260 créditos académicos, tal como lo podemos observar en la siguiente ilustración. (ilustración 1)

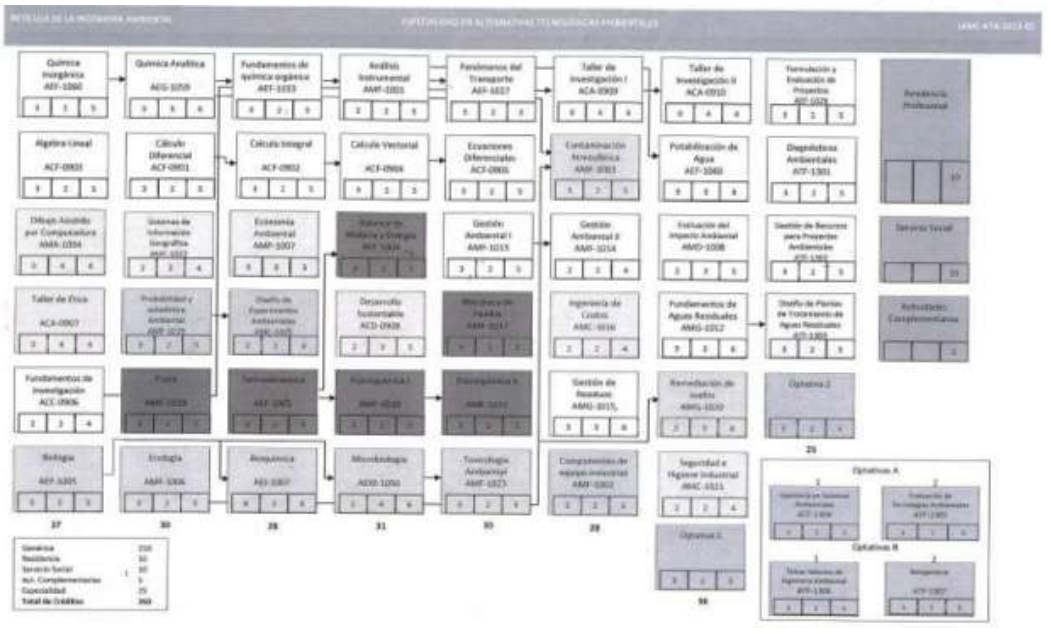


Ilustración 1 *Retícula del programa de Ingeniería Ambiental Vigente*

Así mismo, en la caracterización de asignaturas, observamos que 18 asignaturas se perfilan en el campo de las ciencias básicas, 7 asignaturas en el campo de la ingeniería, 17 asignaturas en el campo de la ingeniería aplicada, 2 en el campo de las ciencias económico administrativas y 2 en las ciencias y humanidades, tal como podemos verlas expresadas en porcentaje en la siguiente ilustración. (ilustración 2)



Ilustración 2 *Distribución de asignaturas por porcentaje*

CONCLUSIONES. Los Tecnológicos del país a lo largo de sus más de 75 años de trayectoria, a través de sus egresados, han propiciado el desarrollo del país, en los tiempos actuales y futuros, los retos son excepcionales, por esta razón el nuevo profesionista del TECNM, debe ser un agente de cambio en la sociedad que impulse el desarrollo

tecnológico, científico y económico del país, tomando en cuenta el uso racional de los recursos naturales, los principios del desarrollo sustentable, para el cuidado y la conservación de los diferentes ecosistemas. Los programas académicos actuales no contemplan un modelo de educación ambiental que permita generación de una conciencia ambiental en los egresados. Esta propuesta es una estrategia que contribuye a la visualización de las necesidades sociales que trascienden y forman parte de la estructura base en la construcción de la política pública y la política ambiental actual. Las dimensiones del conocimiento hoy en día demandan nuevas rutas pedagógicas, la transversalidad de la asignatura de Desarrollo Sustentable, es un avance en el trasiego de la formación integral de los estudiantes, pero el actuar mediante el pensamiento crítico de los futuros egresados del TecNM, debe trascender en la proyección de una conciencia del cuidado del entorno que nos rodea y en el cual estamos inmersos, así mismo estaremos garantizando la optimización de recursos, el cuidado de la vida y un mundo futuro con condiciones de desarrollo. Los fenómenos actuales nos han demostrado que ningún desarrollo económico, tecnológico y científico es significativo para las sociedades, sino se ve reflejado en el bienestar de sus ciudadanos. Sin duda el cuidado, el manejo y la conservación de los recursos naturales garantizará que las generaciones actuales y futuras visualicen un ambiente limpio que permita una calidad de vida que se manifieste en el desarrollo y bienestar del país.

REFERENCIAS.

1. De Alba, A. (2018). Horizonte ontológico semiótico, ambiente y educación. Reyes, E. (ed), Construir un NosOtros con la tierra. Voces latinoamericanas por la descolonización y la acción ambientales (pp.213-236). Editorial Itaca. Ciudad de México. Primeraedición. ISBN 978-607-97922-3-7.
2. Fabian Montañez M. et.al. (2021). Los servicios ecosistemicos en Michoacán, México: una estrategia deasociación simbiótica del recurso agua y bosques templados. South Florida Journalof Development,Miami, 2(5), 8164-8170. DOI: 10.46932/sfjdv2n5-132.
3. (PDF) Caracterización de variables físicas del recurso hídrico, asociación con la degradación, contaminación y cambio climático en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México.
4. Reyes, et. al. (2017). Travesías y dilemas de la pedagogía ambiental en México/Reyes Ruíz, Castro Rosales, coordinadores. Primera Edición. Guadalajara, Jalisco. Editorial Universitaria: Universidad de Guadalajara. 340pp. ISBN: 978 607 742 926 5
5. Toledo, V. (2017). Latinoamérica, Laboratorio Socio – Ambiental para la transformación civilizatoria. Reyes, E. (ed), Construir un NosOtros con la tierra. Voces latinoamericanas por la descolonización y la acción ambientales (pp.111-134).Editorial Itaca. Ciudad de México. Primera edición. ISBN 978-607-97922-3-7.
6. Reyes Cázarez M. (2023). La Pedagogía ambiental, “Una Visión Actual del Siglo XX hasta el Metaverso”. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/373579787_LA_PEDAGOGIA_AMBIENTAL_UNA_VISION_ACTUAL_DEL_SIGLO_XX_HASTA_EL_METAVERSO consultado el 25 de enero de 2024.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924109

LA IMPORTANCIA DE APROPIARSE DEL ESPACIO PARA EL DESARROLLO Y JUEGO EN NIÑOS Y NIÑAS

Keanah Sury Kido Maldonado[1], Alethia Danae Vargas Silva[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; 2339864q@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; alethia.vargas@umich.mx

Palabras Clave: Infancias, Espacio, Juego, Percepción de seguridad.

RESUMEN. La dimensión socioespacial permite comprender que las condiciones de los espacios y ambientes que nos rodean impactan en las relaciones que se construyen en ellos, incluso impacta en la construcción de la subjetividad de cada una de las personas que en ellos se desenvuelven, conviven y generan experiencias. Ello es importante sobre todo desde la mirada del desarrollo, en donde niños y niñas necesitan generar experiencias desde la apropiación de los espacios que les rodean, de manera prioritaria a partir de actividades lúdicas. Se presenta la experiencia de un proceso de investigación-acción breve, que se desarrolló como parte de una investigación mayor, en donde de manera específica se trabajó con un grupo de 10 niños y niñas de entre 10 y 12 años con el objetivo de conocer la relación que establecen con sus espacios. El proyecto se llevó a cabo en una primaria de una colonia céntrica de Morelia durante un curso de verano de cinco días, en donde con base en actividades lúdicas y participativas, así como entrevistas a los y las participantes se indagó sobre la percepción de los espacios y las expectativas de transformación de los mismos. Los resultados mostraron que pasan gran parte de su tiempo usando dispositivos móviles, por tanto, sus intereses, sus juegos y las personas con quienes interactúan, están en el espacio cibernético. Por otro lado, hablan de la seguridad que perciben en su barrio y el temor que les implica jugar en la calle. Las propuestas plantean la necesidad de semáforos, alumbrado, áreas de juegos, incluso “zonas de niños” en las calles, por las que no puedan pasar automóviles y les permitan jugar con tranquilidad.

INTRODUCCIÓN. Las infancias constituyen un sector de la población que ha sido vulnerabilizado en sus derechos; de manera particular en este texto interesa mostrar la necesidad de reconocer su derecho a la participación y fortalecer el interés superior de la niñez, manifestado en la Convención de los Derechos del niño (1989) que plantea la necesidad de que las niñeces deben ser el punto de partida para la toma de decisiones con respecto a todas las acciones que puedan involucrarles y afectarles. En ese sentido, pensar que los espacios que rodean a la niñez deben ser limpios, sanos, que favorezcan el desarrollo y la autonomía exige pensar en que su diseño y cuidado favorezcan posibilidades de esparcimiento, seguridad, dialogo intergeneracional y aprendizaje. En ese sentido, las instituciones, los barrios, las familias somos garantes de que los espacios sean seguros para todos y todas, lo que nos insta a escuchar y convertir a las diversidades en interlocutores válidos que puedan participar en la transformación y cuidado de los espacios

en los que conviven. Ante el panorama de un mundo cada vez más inmerso en la virtualidad, la cuestión de los espacios que ocupan las infancias, y cómo se sienten en los mismos cobra gran relevancia, debido a que el desarrollo de sus habilidades está fuertemente influenciado por el uso de la tecnología, sus juegos y por extensión, su forma de entender la realidad está basada en gran medida en un espacio cibernético. En lugar de responsabilizar enteramente al internet de que los niños y las niñas estén cada vez más aisladas, la propuesta de este estudio es cuestionar las razones por las que recurren a este medio, así como plantear la posibilidad de repensar los espacios donde juegan y se desenvuelven cotidianamente.

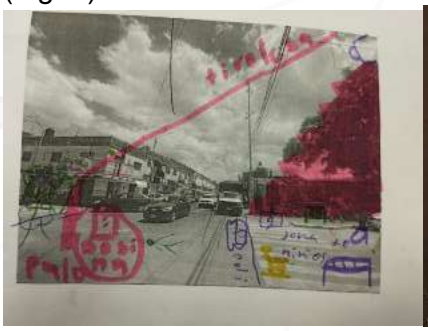
ANTECEDENTES. La necesidad de hablar del espacio para el juego surge desde diversas teorías psicológicas y pedagógicas que encuentran en éste un elemento fundamental para alcanzar un desarrollo óptimo durante la infancia. Por ejemplo, Piaget (1961) clasificó y describió los tipos de juego que se dan en cada estadio del desarrollo cognitivo, otorgándole una función asimiladora indispensable para la inteligencia. Así mismo, Gross (1901) reconoce que el juego es la forma en que se desarrollan habilidades para enfrentarse a la vida. Así, el juego es fundamental en el desarrollo, al promover el crecimiento cognitivo, social, emocional y físico, ya que permite a los niños interactuar con su entorno y experimentar diferentes roles, lo que facilita el aprendizaje de habilidades de resolución de problemas y la comprensión del mundo que los rodea (Piaget, 1961). Por otro lado, el juego es fundamental para el desarrollo social y lingüístico, ya que favorece la internalización de normas sociales y desarrollo de habilidades de comunicación. En la dimensión emocional, el juego contribuye al aprendizaje de la expresión y gestión emocional entre pares y con diversidades. En México, investigaciones como la de Gülgönen y Corona (2013) muestran la precarización de los espacios de juego en la ciudad de México y la poca accesibilidad a los mismos. Mientras que Menses y Monge (2004) manifiestan la necesidad de que los espacios deban ser seguros y regulados desde la mirada de los adultos cuidadores. En la ciudad de Morelia, las investigaciones de Vargas, Martínez y Urquijo (2022) muestran que los niños y niñas de clase social baja tienen mayor relación con los espacios públicos, mientras que los espacios privados son más comunes para las actividades de esparcimiento de los niños y niñas de clase media y alta, lo que se manifiesta de manera más clara cuando se analiza el uso del automóvil privado, que limita el reconocimiento de espacios en la ciudad en donde se pueda generar relaciones con la diversidad que convive en la ciudad. Por otro lado, el uso de dispositivos móviles para el juego infantil puede limitar el desarrollo en algunas dimensiones, principalmente la dimensión física ya que favorece el sedentarismo, lo que en la dimensión cognitiva podemos encontrar implicaciones en el desarrollo de relaciones sociales y aprendizaje de reglas, así como el desarrollo de la sensibilidad para los riesgos diversos se puede ver limitada.

OBJETIVO. Conocer la percepción de las infancias participantes acerca de su entorno. Los objetivos específicos versaron en: generar un espacio de reflexión con los y las participantes sobre la relación que establecen con los espacios en los que conviven; explorar sus propuestas de transformación de los espacios en los que conviven y, finalmente, llevar a cabo alguna acción concreta de transformación en el espacio escolar.

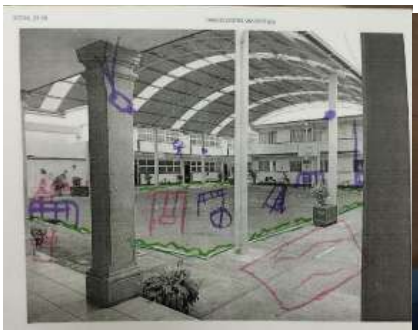
MATERIALES Y MÉTODOS. Para cumplir con los objetivos propuestos, el proceso de indagación se llevó a cabo en una escuela primaria de una colonia céntrica de la ciudad de

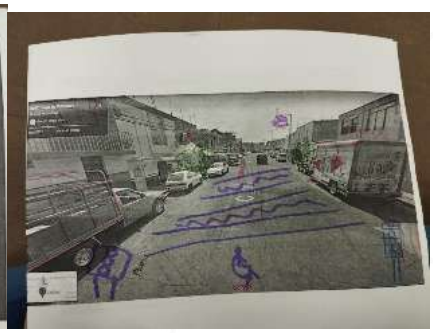
Morelia, en donde por medio de un acercamiento breve desde la investigación-acción se trabajó con un grupo de 10 niños y niñas con edades comprendidas entre los 10 y los 12 años. Se utilizó como instrumento fundamental la entrevista, además de diversas actividades lúdicas y participativas que permitieron explorar la experiencia espacial de los participantes por medio del dibujo, el juego y la narrativa. Algunas de estas actividades fueron: la intervención de fotos impresas para que hicieran propuestas de su mejora y seguridad; por otro lado explorar la percepción de los cambios temporales en el paisaje por medio de la comparación de dibujos de cómo se imaginaban el barrio en décadas anteriores y cómo es ahora, así mismo explorar posibilidades de futuro. Finalmente, actividades que buscaron la reflexión acerca del cuidado del medio ambiente; así como la realización de un cartel que reflejara sus aprendizajes durante el curso.

RESULTADOS. Ante la propuesta de pedirles que intervinieran las fotos de lugares como su escuela, las calles circundantes o el mercado de la colonia, las infancias respondieron dibujando semáforos, postes de luz, cruces peatonales, árboles (Fig.1). Pero sobre todo áreas de juego. Una idea que les surgió fue la de una "zona de niños" en la calle, por la que no pudieran pasar automóviles, para que les permitieran jugar despreocupadamente (Fig. 2). Tres niñas expresaron en algún momento del curso que se han sentido inseguras en los lugares que frecuentan: "*¿qué tal si me roban? (...) luego me voy sola y me da miedo que me roben".* Como posible solución a este malestar plantearon instalar cámaras de seguridad (Fig. 3) y como medida preventiva aumentar la vigilancia de la policía, ya que, según comentaron, solo ven policías *"cuando se muere alguien".* Resulta interesante además lo asimilada que parece estar la idea de que solo las personas con un puesto de poder pueden hacer un cambio, cuando se le pregunto a una de las niñas que proponía para hacer la ciudad más segura respondió: *"puse máxima seguridad, policía (...) ser presidenta".* Respecto a la actividad de los cambios que percibían en su entorno, una niña recordó que la escuela fue pintada de un color diferente hacía unos años. Y la gran mayoría dibujó su colonia, expresando que ahora había más casas, también dibujaron remodelaciones de su propia casa, o comentaron alguna mudanza, de igual manera hubo quien dibujó áreas verdes en el antes y un paisaje desolado en el futuro. Las actividades y lo que manifestaron las y los niños al realizarlas demostraron que tienen una gran conciencia de lo que sucede a su alrededor, que les preocupa. En la actividad del boceto para el cartel que se colgaría en la entrada de la escuela, los niños y niñas estaban entusiasmados con la idea de transmitir mensajes sobre el cuidado del medio ambiente, y la erradicación de la violencia; así como de promover una cultura de la paz en la escuela (Fig. 4).









CONCLUSIONES. El espacio en el que juegan las infancias es crucial para el desarrollo de su potencial humano. Las niñas y los niños tienen derecho a ocupar un entorno urbano saludable; por lo que es obligación del estado y la comunidad garantizar estos espacios de juego, así como la seguridad y accesibilidad en las calles, los barrios y las escuelas. Para lograrlo hace falta implementar políticas públicas y concientizar a las personas adultas acerca de la importancia del tema, sin embargo, en lo más inmediato, consideramos prioritario escuchar y entender el punto de vista de las infancias. Si queremos atender sus necesidades hay que conocerlas desde un dialogo horizontal, reconociendo que les importa, que se dan cuenta de las problemáticas y les preocupan. Las limitaciones de este estudio recaen en el reducido número de participantes, por lo que se invita a la recreación de trabajos similares para ampliar los resultados. Es importante subrayar que las infancias manifiestan el conocimiento que tienen sobre los espacios en los que conviven, por lo que es importante que la escuela y las familias favorezcan espacios de diálogo y reflexión sobre las condiciones de los espacios y del medio ambiente, lo que puede favorecer la mejora y cuidado del mismo.

REFERENCIAS.

1. Gross, K. (1901). The play of man. D. Appleton and company
2. Gülgönen, T. y Corona, Y. (enero-junio 2019). ¿Jugar en la ciudad? La percepción de niñas y niños en la Ciudad de México sobre su entorno urbano. Vitoría, ES. Vol. 21 (49), 60-80.
3. Menses, M. y Monge, M. (julio diciembre 2004). ¿A dónde juegan nuestros niños y niñas? Actualidades Investigativas en Educación. Vol. 4 (2), 1-13.
4. Piaget, J. (1961). La formación del símbolo en el niño. Fondo de cultura económica
5. Vargas, A., Martínez, D. y Urquijo, S. (2022). Movilidad infantil, rango espacial y experiencia de lugar. Estudio de caso en Morelia, México. PatryTer, vol. 5, núm. 9, pp. 73-87, 2022

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924110

EVITACIÓN EXPERIENCIAL Y DUELO COMPLICADO

Itzel Paulina Izquierdo López[1], Mónica Fulgencio Juárez[2], Morelia Erandeni Gil Díaz[3], Roberto Oropeza Tena[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, monica.fulgencio@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, morelia.gil@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, roberto.oropeza@umich.mx

Palabras Clave: evitación experiencial, sufrimiento, duelo complicado.

RESUMEN. La evitación experiencial es un patrón inflexible que busca controlar emociones, pensamientos, sensaciones o recuerdos considerados desagradables o intolerables, perpetuando así el sufrimiento en situaciones difíciles. Lo cual genera comportamientos que pueden ser disfuncionales, como lo sería el consumo de sustancias, bajo rendimiento laboral o escolar, afectando otras áreas importantes de su vida. Este estudio tuvo como objetivo identificar las conductas de evitación que se presentan en dolientes y que podrían dar lugar a un duelo complicado, en el cual las respuestas se presentan de manera intensa. Puede estar asociado con retirarse de actividades sociales, evitar el contacto con recuerdos y pensamientos relacionados respecto a cómo se dio la pérdida y sin avance en el proceso de aceptación de esta. Se hizo un estudio exploratorio, con cuatro mujeres que enfrentaban un duelo complicado. Los resultados revelan que, aunque las conductas de evitación pueden ofrecer alivio temporal a las personas dolientes al impedirles aceptar la pérdida de un ser querido, a largo plazo las alejan de experiencias que consideran significativas y satisfactorias. Estos hallazgos destacan la necesidad de abordar la evitación en el proceso de duelo para facilitar una adaptación más saludable y promover la aceptación de la pérdida. En conclusión, aunque la evitación puede parecer funcional a corto plazo, es esencial considerar sus efectos negativos a largo plazo ya que no solo afecta el aspecto emocional, sino también el mantenimiento de eventos privados desagradables, afectaciones en diversos ámbitos de la vida de las participantes y la resolución de su duelo.

INTRODUCCIÓN.

Desde la perspectiva de la Terapia de Aceptación y Compromiso (ACT), la evitación experiencial (EE) se entiende como una pauta de evitación hacía conductas privadas que se identifican como desagradables para la persona y le causan malestar psicológico (Luciano & Valdivia, 2006). Escapar de estímulos negativos es lo que refuerza la EE, principalmente cuanto la persona identifica que alguna estrategia le es funcional para huir del pensamiento o emoción que no desea experimentar. Por lo tanto, la conducta de evitación se irá fortaleciendo y disminuirán otras posibles respuestas ante dicho malestar. El resultado de lo anterior, sería el surgimiento de problemas psicológicos debido a que la

evitación se convierte en un patrón inflexible y restringe las experiencias de la persona (García & Pérez, 2016). Esto ocasiona que las personas pueden realizar conductas ineficaces por parecer "correctas", aun cuando las consecuencias son negativas a corto plazo. La EE resulta perjudicial, ya que puede afectar la manera en cómo se responde interna o externamente, siendo esta inflexible e impidiendo que la persona pueda dirigir su conducta orientada a metas y valores. La conducta y decisiones vitales se centran en evitar la angustia, contrario a dirigirse hacia lo que valora (Hayes et al., 2015). Ahora bien, el duelo se puede considerar como un proceso subjetivo, complejo, multidimensional e individual, en la vida de todas las personas (García, 2020). Teniendo en cuenta lo anterior, el duelo complicado (DC) presenta reacciones que permanecen a largo plazo y estas obstaculizan las actividades diarias de las personas (Lundorff et al., 2017). Aun cuando los procesos de duelo no son iguales en cada persona, por los factores relacionados con el doliente y el ser querido que falleció, es necesario tener en cuenta que cuando las reacciones emocionales de tristeza, culpa, enojo y dolor se presentan de manera crónica, imposibilitando la resolución del proceso, se identifica como DC (Romero, 2017). Por todo lo anterior, es que resulta de gran interés conocer cómo puede afectar la presencia de EE en la resolución de DC, principalmente desde las conductas de evitación que las mismas personas realizan por el bienestar inmediato, sin tener en cuenta la consecuencia real a largo plazo en sus vidas.

ANTECEDENTES. Primeramente, considerando que el duelo puede ser un suceso vital que causa impacto importante en la vida de las personas y que la experiencia será diferente en cada caso, es necesario considerar cuando se puede presentar un DC (Romero, 2017).
Una de las características que pueden propiciar un mayor riesgo a desarrollar síntomas ante este tipo de duelo, es el perder a un hermano, que la pérdida haya sido causada por un accidente, suicidio, homicidio o sobredosis, y no por causas naturales. En contraste, aquellos que reciben un alto apoyo social tienen menos probabilidades de presentar síntomas de DC (Masferrer et al., 2017). Otro dato a considerar, es que los dolientes pueden rumiar en culpa por las circunstancias de la muerte, evitar lugares o situaciones que le recuerden la pérdida y aferrarse a las pertenencias de su ser querido. También pueden sentirse emocionalmente entumecidos y distanciarse de los demás, creyendo que su felicidad está ligada a la persona fallecida (Shear, 2010). Por otra parte, la EE afecta en tres maneras: primero, puede aumentar los eventos privados que se buscan evitar, llevando a comportamientos extremos; segundo, provoca estrategias de evitación como el abuso de sustancias o el aislamiento social, que pueden ser eficaces a corto plazo, pero perjudiciales a largo plazo; y tercero, puede inducir conductas evitativas patológicas como la ansiedad, que lleva a la necesidad de medicación (Hayes & Gifford, 1997). Relacionando la EE con el DC existen características de la persona y su contexto, las cuales podrían influir en tener conductas de evitación, así como las conductas privadas que surgen a partir de la pérdida. Como muestra, el poder tener un espacio social donde el doliente pueda expresar su malestar sin ser invalidado, serviría para un adecuado manejo del duelo (Trigos, 2021). Como consecuencia, el DC se puede considerar como una forma de EE, ya que se presenta dificultad para aceptar la muerte, lo cual puede aumentar estrategias de evitación cognitiva y conductual, de modo que esto podría intensificar su malestar y alejarse de actividades placenteras y valores personales (Campos, 2017). De esta manera, se encuentra la importancia de conocer cuáles son las conductas de evitación desadaptativas en dolientes y cómo afectan en un adecuado manejo del duelo.

OBJETIVO. Identificar conductas relacionadas con EE y DC.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Evaluar la presencia de EE y DC. Conocer cómo afecta la EE en DC.

MATERIALES Y MÉTODOS. Inventario de Duelo Complicado (IDC), consta de 19 ítems y permite diferenciar entre duelo normal y complicado. Un puntaje mayor a 25 indica presencia de DC (Limonero et al., 2009). Cuestionario de Aceptación y Acción-II (AAQ-II-YUC), consta de diez reactivos los cuales miden la presencia de evitación experiencial y aceptación psicológica, si se presentan más de 29 puntos (Patrón, 2010). Entrevista clínica. La presente investigación se llevó a cabo mediante un estudio exploratorio con muestreo no probabilístico y sujetos tipo.
Participantes. La muestra está compuesta por cuatro mujeres voluntarias que se seleccionaron mediante un muestreo no probabilístico, mayores de edad, con dificultades para aceptar la pérdida de un familiar y que esta haya sido mayor a seis meses.

RESULTADOS. En la Fig. 1, se observan las puntuaciones de los cuestionarios utilizados para identificar la presencia de DC y EE en las participantes, las cuales tuvieron la pérdida de su ser querido en el 2021.

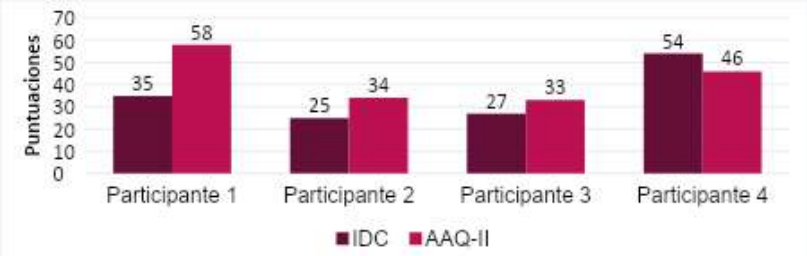


Figura 1. *Puntuaciones de instrumentos aplicados a las participantes*

Se puede observar que las cuatro participantes cumplen con los puntajes para considerar la presencia de DC y EE. Además, al realizar la entrevista clínica se identifican conductas de evitación relacionadas con: evitar ver fotos y lugares que les recuerden a su ser querido, estar en contacto con sus emociones de dolor, no expresar su sentir con los otros y evitar tener actividades placenteras. Ellas identifican que estas conductas a corto plazo son funcionales para evitar la tristeza y recordar su pérdida, sin embargo, no se habían percatado de cómo éstas, no les han ayudado a llevar un adecuado manejo de su duelo, sino a evitar la aceptación de la muerte de su ser querido y mantener la intensidad de las reacciones emocionales, afectando su vida diaria, alejándoles de vivir en el presente, seguir con sus planes de vida y distanciarse de sus redes de apoyo.

CONCLUSIONES. El presente trabajo nos permite identificar de qué manera se presenta en casos reales la EE al no querer tener contacto con conductas privadas relacionadas a recordar su pérdida o que resulten desagradables, así como la posibilidad de desarrollar DC. Además, se encuentra que resultan ser conductas disfuncionales que aumentan el malestar y generan repercusiones importantes en la vida de las personas, alejándolas de actividades agradables y dificultando tener una elaboración adecuada de su duelo, que las lleve a la aceptación de su pérdida.

REFERENCIAS.

1. Campos, A. (2017). Aplicación de la terapia de aceptación y compromiso (ACT) al duelo [Tesis de maestría, Universidad de Jaén]. Repositorio Institucional UJA. https://hdl.handle.net/10953.1/5891
2. García, A. (diciembre, 2020). Aproximación al proceso de duelo en tiempos de pandemia. Simposio virtual llevado a cabo en el VII International Symposium of the Graduate Nursing Program of the Paulista School of Nursing at Unifesp. São Paulo, Brasil.
3. García, J. & Pérez, M. (2016). Terapia de aceptación y compromiso aplicada a la esquizofrenia. Estado actual y direcciones futuras. Análisis y Modificación de Conducta, 42(165-166), 99-119.
4. Hayes, S. & Gifford, E. (1997). The trouble with language: Experiential avoidance, rules and the nature verbal events. Psychological Science, 8(3), 170-173. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00405.
5. Hayes, S., Strosahl, K. & Wilson, K. (2015). Terapia de aceptación y compromiso. Proceso y práctica del cambio consciente (Mindfulness). Descleé de Brouwer.
6. Luciano, M. & Valdivia, M. (2006). La terapia de aceptación y compromiso (ACT). Fundamentos, características y evidencia. Papeles Del Psicólogo, 27(2), 79-91.
7. Lundorff, M., Holmgren, H., Zacharie, R., Farver-Vestergaard., I. & O´Connor, M. (2017). Prevalence of prolonged grief disorder in adult bereavement: a systematic review and meta-analysis. Journal of Affective Disorders, 212, 138-149. https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.01.030
8. Masferrer, L., Garre-Olmo, J. & Caparrós, B. (2017). Is complicated grief risk factor for substance use? A comparison of substance-users and normative grievers. Addiction Research & Theory, 25(5), 361-367. https://doi.org/10.1080/16066359.2017.1285912
9. Romero, F. (2017). Investigación piloto sobre el diseño y desarrollo de un inventario que permita evaluar y predecir el riesgo de padecer duelo complicado anticipado en familiares/cuidadores de enfermos paliativos (Tesis doctoral, Universidad Católica de Murcia). Recuperada de http://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/2563/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Shear, K. (2010). Complicated grief treatment. Bereavement Care, 29(3), 10-14. https://doi.org/10.1080/02682621.2010.522373
11. Trigos, M. (2021). Evitación experiencial en el proceso de duelo en sobrevivientes a pérdida por suicidio [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/657628/TrigosN_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924111

OBSTÁCULOS DE LOS DOCENTES DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, EN EL TRABAJO ACADÉMICO CON ADOLESCENTES CON ALGÚN TIPO DE DISCAPACIDAD; EN BUSCA DE ESTRATEGIAS PARA LA INCLUSIÓN

Mariana Chávez Martínez[1], Yamile Olivera Mora[2], Oscar José Villagómez Zaragoza[3], Karel Itzcóatl Rodríguez Zaragoza[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mariana.chavez@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yamile.olivera@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; oscar.villagomez@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; karel.rodriguez@umich.mx

Palabras Clave: Alumnos, discapacidad, docentes e Inclusión, media superior.

RESUMEN. El objetivo de la investigación es identificar los obstáculos a los que se enfrentan los maestros de nivel medio superior en algunas preparatorias del municipio de Morelia, Michoacán, cuando se les presentan alumnos con algún tipo de discapacidad en su asignatura; para ello se llevaron a cabo entrevistas a docentes de bachillerato, utilizándose el método cualitativo, obteniendo como resultado sobresaliente la falta de infraestructura educativa adecuada, de recursos financieros y humanos capacitados, factores que limitan la capacidad de la institución, para que brinde el apoyo adecuado.

INTRODUCCIÓN. En México, la educación inclusiva está respaldada por diversas leyes que garantizan el acceso equitativo a la educación para todas las personas, independientemente de sus condiciones. Aunque existen marcos legales como la Constitución, la Ley General de Educación, y otras leyes relacionadas, la implementación efectiva de la inclusión en la educación media superior enfrenta importantes desafíos. A pesar de la regulación, muchas escuelas aún carecen de estrategias adecuadas para integrar a estudiantes con discapacidad, lo que requiere una mayor capacitación de los docentes y concienciación sobre la discapacidad. A nivel global, aproximadamente el 15% de la población tiene algún tipo de discapacidad, y en México, el 4.9% de la población presenta alguna discapacidad. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre educación inclusiva se centran en niveles educativos distintos al medio superior, evidenciando una falta de políticas y mecanismos de apoyo en las instituciones educativas.

ANTECEDENTES. La educación inclusiva no debe verse como una sustitución de la educación especial, sino como una integración que utilice recursos existentes para mejorar la accesibilidad educativa. Las instituciones educativas deben avanzar en ofrecer servicios especializados y apoyo adecuado a estudiantes con discapacidad, asegurando así una educación equitativa y de calidad. En el contexto de la Universidad Michoacana de San

Nicolás de Hidalgo (UMSNH), se observa una falta de documentación oficial y políticas específicas para atender a estudiantes con discapacidad. Para mejorar la inclusión, se requiere una mayor identificación de estudiantes con discapacidad y la implementación de políticas que favorezcan un entorno educativo inclusivo, adaptando metodologías y ofreciendo apoyos personalizados.

MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología empleada en esta investigación se basa en un enfoque cualitativo para examinar la inclusión educativa en instituciones de enseñanza media superior. Se parte de la hipótesis de que muchas instituciones no tienen mecanismos efectivos para apoyar a estudiantes con discapacidad, lo que impide una educación verdaderamente inclusiva. Para obtener datos, se realizaron entrevistas semiestructuradas a 100 docentes de nivel medio superior, tanto de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) como de instituciones externas. Las entrevistas, de 20 a 30 minutos de duración, se centraron en tres áreas: información general del entrevistado, conocimiento sobre discapacidad, y obstáculos enfrentados al trabajar con estudiantes con discapacidad. Los resultados revelaron las siguientes categorías de obstáculos: desconocimiento de discapacidades, falta de capacitación, infraestructura inadecuada, insuficiente tiempo de atención, ausencia de apoyo especializado, y alta carga de trabajo. Los datos obtenidos también destacaron la necesidad de mayor capacitación docente y mejores recursos. La investigación identificó patrones recurrentes en las respuestas, como la falta de preparación para manejar casos de discapacidad y la necesidad de personal capacitado y mejor infraestructura. Se sugiere que el estudio podría explorar categorías adicionales, como la adaptación de contenidos y la sensibilización de los estudiantes. La codificación de respuestas permitió categorizar estos obstáculos y proporcionar una visión más clara de los desafíos en la educación inclusiva.

RESULTADOS. El estudio analizó la literatura reciente sobre inclusión educativa y realizó entrevistas para identificar los obstáculos que enfrentan los docentes al atender a estudiantes con discapacidad.
Hallazgos principales: Conocimiento y Capacitación: Los docentes conocen los tipos de discapacidad, especialmente los visibles, pero solo una minoría tiene formación en educación inclusiva. Muchos no han recibido capacitación debido a la falta de cursos en sus instituciones, carga de trabajo, y falta de concientización.
Experiencia con Estudiantes con Discapacidad: La mayoría de los docentes ha trabajado con algunos estudiantes con discapacidad, siendo las más comunes las discapacidades físicas o motoras. La detección generalmente se realiza de manera personal o por información de los padres, no por las autoridades escolares.
Obstáculos Identificados: Falta de Capacitación: Los docentes no están familiarizados con herramientas como el sistema braille o el lenguaje de señas.
Recursos y Herramientas: Falta de estrategias educativas específicas, apoyo técnico, y personal capacitado.
Infraestructura: Las instalaciones no están adaptadas para estudiantes con discapacidades físicas.
Carga de Trabajo: La atención personalizada es difícil debido a la carga horaria y tamaño de los grupos.
Políticas y Protocolos: Los docentes desconocen si existen protocolos o programas de inclusión y cómo se hace el seguimiento a estudiantes con discapacidad.

Literatura Revisada: Avances y Deficiencias: Aunque se han implementado leyes y políticas para promover la inclusión en niveles educativos básicos, los programas y estrategias para el nivel medio superior son insuficientes. Existen buenas prácticas y apoyo en primaria y secundaria, pero aún falta desarrollo y aplicación en educación media superior.
Recomendaciones: Se sugiere un enfoque integral que incluya cambios en políticas educativas, capacitación para docentes, y una mejor infraestructura. También es crucial sensibilizar a toda la comunidad educativa y mejorar los programas de inclusión en todos los niveles.
La discusión sobre inclusión educativa para jóvenes con discapacidad en el nivel medio superior revela que, aunque ha habido avances en la percepción y tratamiento de estas personas, aún persisten problemas significativos. A pesar de un mayor reconocimiento de sus derechos, se requiere un enfoque más efectivo que incluya programas, estrategias y acciones concretas para combatir la discriminación y exclusión persistente en el entorno escolar y social.
Puntos clave:Necesidad de Programas Específicos: No existen intervenciones adecuadas para jóvenes con discapacidad en el nivel medio superior, y la falta de programas específicos limita su integración completa y equitativa en la educación.
Trabajo Interdisciplinario: Es esencial la colaboración entre docentes, tutores y centros de apoyo psicológico para ofrecer un desarrollo integral a los estudiantes con discapacidad. Esto incluye capacitar a los profesores para proporcionar las herramientas y procesos necesarios para una inclusión efectiva.
Diseño de Programas y Adaptación Curricular: Se sugiere desarrollar programas específicos para el nivel medio superior, evitando la simple adaptación de los currículos de educación básica. Esto facilitaría una participación plena y autónoma de los estudiantes en todos los aspectos de la vida.
Coordinación de Esfuerzos: A pesar de los esfuerzos del Sistema Educativo Nacional, la implementación efectiva de la inclusión educativa sigue siendo un desafío. Se necesita una coordinación más efectiva para promover el desarrollo integral y la participación de los estudiantes con discapacidad.
Desarrollo Personal y Valores: Una educación inclusiva no solo mejora el desarrollo personal de los estudiantes con discapacidad, sino que también fomenta la promoción de valores dentro de las instituciones educativas.
Propuestas y Nuevas Investigaciones: Se recomienda realizar más investigaciones sobre programas y estrategias específicas para la educación inclusiva, así como examinar los retos y obstáculos que enfrentan las familias en la búsqueda de instituciones adecuadas. También es crucial capacitar al personal docente y administrativo, y sensibilizar a toda la comunidad educativa.

CONCLUSIONES. Impacto en los Estudiantes: La exclusión y la falta de apoyo para estudiantes con necesidades diversas llevan a problemas como discriminación, baja autoestima, bajo rendimiento académico y abandono escolar, limitando su acceso a oportunidades y afectando su futuro.
Desigualdad de Oportunidades: La falta de inclusión perpetúa la desigualdad y la discriminación, creando barreras adicionales para una educación de calidad.
Preparación para la Diversidad: La falta de inclusión educativa impide que los estudiantes adquieran las herramientas necesarias para enfrentar la diversidad en el ámbito laboral y social.

Responsabilidad del Sistema Educativo: Es crucial que el sistema educativo garantice una educación de calidad y el respeto de los derechos de todos los estudiantes, lo cual requiere políticas públicas adecuadas y no solo el cumplimiento formal de la ley.
Falta de Programas y Estrategias: En el nivel medio superior, faltan programas y estrategias para apoyar a estudiantes con discapacidad. La detección de estas condiciones y el desconocimiento por parte de los docentes son obstáculos significativos. Además, la alta demanda en las preparatorias públicas dificulta la atención individualizada y la adecuación curricular.
Conciencia y Empatía: Es fundamental concientizar a la sociedad sobre las discapacidades y adoptar una perspectiva educativa inclusiva para lograr una verdadera integración, lo cual implica conocimiento y empatía hacia las condiciones de los demás.
En resumen, la inclusión en el sistema educativo es esencial para proporcionar igualdad de oportunidades y mejorar el desarrollo integral de todos los estudiantes, y se requieren esfuerzos significativos para superar las barreras actuales y fomentar una educación verdaderamente inclusiva.

REFERENCIAS.

1. Álvarez-Gayou, J. L. (2019). Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología. México: Paidós Educador.
2. Brogna, P. (2023). Una noción triádica: condición, situación y posición de discapacidad. Andamios, 20(52), 333-362. https://doi.org/10.29092/uacm.v20i52.1019.
3. Castellana, M. y Salas, I. (2005). La inclusión de los estudiantes con discapacidad en la universidad: un reto para la universidad española en el nuevo espacio europeo de la educación superior. Aula Abierta, núm. 85, 57-84. https://www.raco.cat/index.php/Aloma/article/view/100812/154531.
4. Cíntora, K. L., Vargas, M. D. y González, F. (2019). Retos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ante los estudiantes con discapacidad. Sinéctica, Revista Electrónica de Educación, (3). https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2019)0053-006.
5. Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (Mejoredu) (2022). Discapacidad y derecho a la educación. México: SEGOB.
6. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (cpeum) (2021). Última reforma 2021, título I, capítulo I. México: cpeum.
7. Cortés, M. E. e Iglesias, M. (2004). Generalidades sobre metodología de la investigación. México: Universidad Autónoma del Carmen. https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf.
8. Cruz, R. (2016). Percepciones sobre la inclusión de alumnos con discapacidad en la Universidad Veracruzana. Reencuentro. Análisis de Problemas Universitarios, núm. 27, 151-178.
9. Cruz, R. e Iturbide, P. (2023). Educación inclusiva y educación especial en México: dilemas, relaciones y articulaciones. IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH, vol. 14, e1617. https://www.redalyc.org/journal/5216/521674411014/.
10. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) (2020). Cuéntame. inegi.org.mx/población/discapacidad.(s/f). Discapacidad. https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Censo, mujeres%20y%2047%20%25%20son%20hombres.
11. Martín, D. M., González, M., Navarro, Y. y Lantigua, L. (2017). Teorías que promueven la inclusión educativa. Atenas, 4(40), 90-104.
12. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) (2017). Desglosar el objetivo de desarrollo sostenible 4: Educación 2030. París: Unesco.
13. Paz-Maldonado, E. (2021). La inclusión educativa del estudiantado universitario en situación de discapacidad en Honduras. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, 29(112), 738-760. https://doi.org/10.1590/S0104-403620210002902767.
14. Paz-Maldonado, E., Silva-Peña, I. y Lara, C. A. S. (2023). Desafíos y reflexiones en la formación de docentes universitarios inclusivos: una indagación narrativa autobiográfica. Revista Brasileira de Educação Especial, 29. https://doi.org/10.1590/1980-54702023v29e0008.

15. Pérez, J. (2022). Dilemas de la inclusión y discapacidad en la educación superior. Perfiles Educativos, 44(175), 132-149.
16. Planella-Ribera, J. y Martínez-Rivera, O. (2021). Los Disability Studies y el acompañamiento a estudiantes con discapacidad en la Universidad Española. Revista Brasileira de Educação Especial, 27, e0185. https://doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0185.
17. Rodríguez, C. G., Álvarez, M. E. y Proaño, D. S. (2021). Afectación jurídica del derecho a la accesibilidad de las personas con discapacidad en la educación superior. Revista Conrado, 17(81), 129-134.
18. Vargas-Garduño, M. L., Castro, I. L. y Méndez, A. M. (2017). La innovación educativa como estrategia para promover la inclusión en las universidades. En Reflexiones sobre innovación educativa en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (pp. 1-116). México: umsnh.
19. Varguillas, C. S., Bravo, P. C., Urquizo, A. M. y Moreno, P. E. (2020). Dimensiones que configuran la actuación docente frente a estudiantes con discapacidad. Revista EDUCARE-UPEL-IPB-Segunda Nueva Etapa 2.0, 24(2), 119-144. https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i2.1323.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924113

MÉTODOLOGÍA SIMPLIFICADA PARA LA EVALUACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS ESCOLARES

Jorge Ruiz García[1], José Manuel Ramos Cruz[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jruizgar@umich.mx
2Universidad Tecnológica de la Construcción; jomarauz1986@gmail.com

Palabras Clave: edificio escolar, evaluación sísmica, estructuras esenciales.

RESUMEN. Los edificios escolares se consideran como estructuras esenciales y, por ello, deben permanecer en operación después de un evento sísmico intenso; es decir, deben cumplir con el nivel de desempeño de operación inmediata. Sin embargo, eventos sísmicos recientes han evidenciado el inadecuado desempeño sísmico de los edificios escolares, principalmente públicos, en México (Ruiz-García et al., 2021).

INTRODUCCIÓN. El objetivo de este artículo consiste en presentar una metodología simplificada para la evaluación sísmica de edificios escolares. Particularmente, la metodología trata de mejorar las limitaciones de la metodología propuesta por el Banco Mundial (World Bank, 2019) dado que considera el uso de una envolvente trilineal para un sistema equivalente de un grado de libertad, en vez de una envolvente bilineal, y el uso de funciones de fragilidad para evaluar el daño en columnas, en vez del uso de índices de daño globales.

MATERIALES Y MÉTODOS. Idealmente, para la evaluación detallada de edificios escolares de varios niveles sujetos ante acciones sísmicas se deberían considerar modelos analíticos tridimensionales que consideraran diferentes fuentes de no-linealidad en el comportamiento de la estructura, Por ejemplo, Ruiz-García et al. (2021) describieron el modelado detallado para edificios escolares de concreto reforzado tipo UC. Sin embargo, considerando que los edificios escolares responden principalmente en el primer modo de vibración y el modo de falla predominante ocurre en la dirección longitudinal, es posible considerar una técnica de modelado simplificada para su análisis. De esta manera, en este estudio se propone una metodología simplificada para la evaluación sísmica de este tipo de edificios. La metodología se divide en siete etapas:

Paso 1. Desarrollo de un modelo analítico que considere adecuadamente los modos de falla esperados de los elementos estructurales. Particularmente, se debe considerar un comportamiento histerético que represente la falla por cortante en columnas sí existe evidencia de la formación de “columnas cortas”. La condición de “columna corta” se presenta cuando los muros adyacentes (divisorios) de mampostería no se desligan de las columnas, lo cual disminuye su altura libre. Asimismo, se deberán modelar la participación de los muros de mampostería aledaños a las columnas considerando, por ejemplo, el modelado de puntales a compresión. Una descripción de la estrategia de modelado se puede consultar en Ruiz-García et al. (2021).

Paso 2. Obtener la curva de capacidad (cortante basal, V_b-desplazamiento lateral de azotea, D_{azotea}) del edificio escolar mediante un análisis estático no lineal (denominado *pushover* en la literatura inglesa). La curva de capacidad V_b- D_{azotea} también se puede expresar como V_b/W- D_{azotea}, donde W es el peso total del edificio y D_{azotea} es la distorsión de azotea (es decir, D_{azotea}/H, donde H es la altura total de edificio escolar en consideración.
Paso 3. Obtener una curva envolvente trilineal idealizada de la curva de capacidad, como se ilustra en la Fig. 1b. Para obtener la idealización trilineal de la curva de capacidad se puede emplear el método de igual energía o el método descrito en la norma ASCE/SEI 41 (2023) de los Estados Unidos. La envolvente trilineal está caracterizada por la rigidez inicial (elástica), K_e, la rigidez de post-fluencia, $\alpha_s K_e$ (donde α_s es un parámetro que representa una fracción de K_e), y la rigidez post-pico, $\alpha_c K_e$ (donde α_c es un parámetro con valor negativo). Cabe aclarar que la metodología del Banco Mundial (2019) también considera el método de igual energía para obtener una envolvente bilineal idealizada de la curva de capacidad, la cual desprecia la pendiente con rigidez negativa una vez alcanzada la resistencia del edificio escolar, como se muestra en la Fig. 1a.

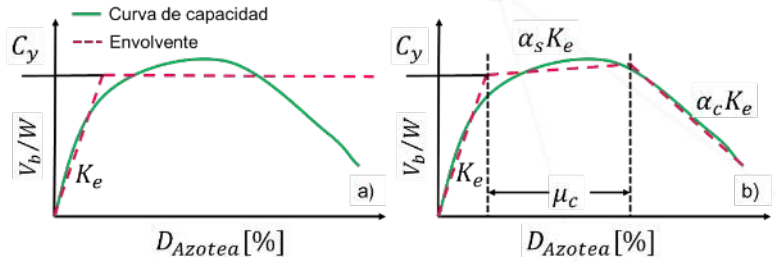


Figura 1 *Curva de capacidad y su idealización: a) bilineal y b) trilineal (con pendiente negativa).*

Paso 4. Obtener el coeficiente asociado a la fluencia, C_y (definido como la fuerza cortante basal asociada a la fluencia, $V_{b,y,}$ normalizada respecto a W), la capacidad de ductilidad de desplazamiento, μ_c, así como los parámetros α_s y α_c, a partir de la envolvente trilineal idealizada. Estos valores se emplean para considerar la envolvente de un sistema equivalente de un grado de libertad, SE1GL, representativo del edificio escolar en consideración.
Paso 5. Obtener la respuesta del SE1GL, en términos de la demanda máxima de desplazamiento, Δ_{SE1GL}, sujeto a un conjunto de acelerogramas representativos del peligro sísmico donde se ubica la estructura en estudio escalados para alcanzar diferentes niveles de intensidad sísmica. Posteriormente, se obtiene la distorsión máxima de azotea para cada respuesta (es decir, cada registro) por medio de la siguiente ecuación:

$$Dazotea=11,azotea\times\Delta SE1GLH \quad (1)$$

donde 11,azotea es el factor de participación modal respecto al primer modo normalizado respecto a la azotea y H es la altura total del edificio escolar en consideración. Posteriormente, se procesan estadísticamente las respuestas de los SE1GL para obtener la mediana de D_{azotea}, así como su variabilidad registro-a-registro (por ejemplo, los percentiles 16 y 84 de D_{azotea}).
Paso 6. A partir de la mediana de D_{azotea}, se obtiene una estimación de la distorsión máxima del primer nivel, IDR_1, de la siguiente manera:

$$IDR1=CODDazotea \quad (2)$$

donde COD es el coeficiente de distorsión que se define como IDR_1 entre D_{azotea}. Finalmente, se obtiene una estimación de la distorsión que experimentan las “columnas cortas” en la planta baja, conforme a la siguiente relación:

$$IDRc=h1hcIDR1 \quad (3)$$

donde h_1 es la altura de entrepiso del primer nivel y h_c es la altura libre de las "columnas cortas" a partir del muro de mampostería adyacente.

Paso 7. Obtener una estimación del daño estructural en las "columnas cortas" y columnas esbeltas mediante funciones de fragilidad, las cuales expresan la probabilidad de que una estructura alcance o exceda un estado de daño predefinido dado el nivel de IDR_c. En particular, se sugiere el uso de las funciones de fragilidad propuestas por Aslani y Miranda (2005) así como Ruiz-García y Ramos-Cruz (2024) para columnas con falla predominante a flexión-cortante y cortante, respectivamente, las cuales se ilustran en la Fig. 2. En ambos casos, los estados de daño corresponden a agrietamiento ligero (ED1), agrietamiento severo (ED2), falla por cortante (ED3) y pérdida de la capacidad a carga axial (ED4).

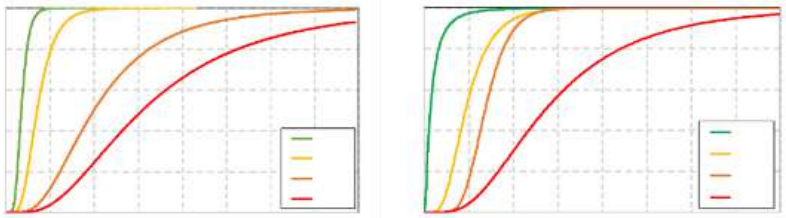


Figura 2 *Funciones de fragilidad correspondientes a cuatro estados de año para: 1) columnas con falla a flexión-cortante (Aslani y Miranda, 2005) y 2) columnas con falla a cortante (Ruiz-García y Ramos-Cruz, 2024).*

RESULTADOS. El método propuesto se aplicó a un edificio escolar de concreto reforzado de tres niveles ubicado en el Puerto de Lázaro Cárdenas, el cual es representativo de la práctica de diseño considerada en la década de los 90's, denominado 3NLC. Una descripción detallada del proceso de diseño y las consideraciones de modelado se puede consultar en Ruiz-García et al. (2021), las cuales corresponden al Paso 1. Asimismo, en la Fig. 3 se muestra la curva de capacidad (línea azul), así como las envolventes idealizadas, considerada en la metodología del Banco Mundial (2019) y trilineal propuesta en esta investigación. A partir de la envolvente trilineal idealizada se pueden definir los parámetros de un SE1GL cuya envolvente esta definida por los parámetros μ_c, α_s, y α_c identificados de la envolvente trilineal, los cuales se indican en la figura.

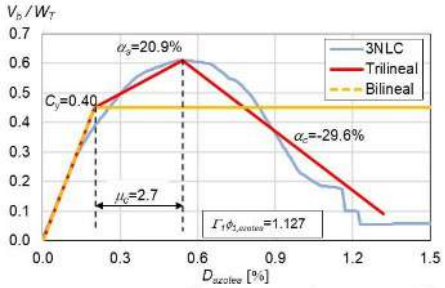


Figura 3 *Comparación de la curva de capacidad obtenida para el edificio escolar 3NLC con las envolventes idealizadas bilineal, considerada en la metodología del Banco Mundial (2019) y trilineal propuesta en esta investigación.*

En la Fig. 4 se muestra la evolución de la mediana de IDR_c en las columnas cortas conforme se incrementa el nivel de intensidad, medido por la aceleración espectral correspondiente al periodo del SE1GL, S_a (T_1=0.37s). A partir de los resultados, se puede determinar que existe un 50% de probabilidad de alcanza el ED2, asociado al agrietamiento severo, a una

intensidad sísmica $S_a(T_1)$=0.8g en las "columnas cortas". Si se considera la incertidumbre registro-a-registro, existe un 50% de probabilidad de alcanzar el ED2 y ED3 a una intensidad sísmica ligeramente superior a $S_a(T_1)$=0.7g y 1.0g, respectivamente en las "columnas cortas". Cabe notar que el ED1, asociado a un agrietamiento ligero, se puede alcanzar a niveles de intensidad sísmica menores de 0.2g en las "columnas cortas", que sólo requieren un proceso de reparación local.

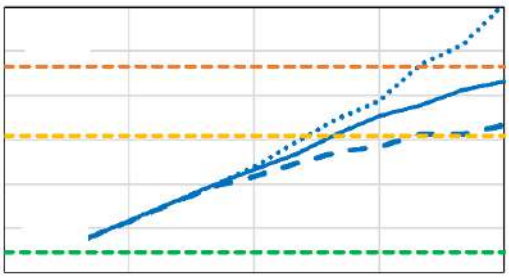


Figura 4 *Evolución de la distorsión en las "columnas cortas" del primer nivel, IDR_c, con respecto al nivel de intensidad, $S_a(T_1)$ [g].*

CONCLUSIONES. Se presentó un método simplificado para la evaluación sísmica de edificios escolares existentes, particularmente del tipo UC que exhiben planta baja débil. Este tipo de edificios es susceptible de exhibir un mecanismo de colapse en la planta baja debido a la falla por cortante, o flexión-cortante, en las columnas. En general, la metodología considera 6 pasos, la cual fue ilustrada en la evaluación sísmica de un edificio escolar de tres niveles representativo de un edificio ubicado en el puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán, y diseñado en la época de los 90's. La metodología propuesta considera una envolvente idealizada trilineal para representar el comportamiento nolineal de un sistema de un grado de libertad equivalente, SE1GL, en vez de una envolvente idealizada bilineal. La envolvente trilineal considera la pendiente negativa posterior a alcanzar la capacidad máxima (resistencia) ante cargas laterales, la cual se atribuye a la formación del mecanismo de planta baja débil observado en este tipo de edificios. Los resultados obtenidos en la evaluación sísmica de un edificio escolar de tres niveles considerando un SE1GL con envolvente bilineal y trilineal mostraron que su respuesta, en términos del desplazamiento máximo y, en consecuencia, la distorsión de azotea, Dazotea, tiende a ser diferente conforme se incrementa el nivel de intensidad sísmica, medida en términos de la aceleración espectral correspondiente al periodo fundamental del edificio en consideración, Sa(T1). En particular, la Dazotea es mayor cuando se considera una envolvente bilineal. Finalmente, la estimación del daño en columnas esbeltas y "cortas" fue consistente con el daño observado en edificios escolares tipo UC durante temblores históricos.

REFERENCIAS.

1. ASCE/SEI 41-23 (2023), "Seismic evaluation and retrofit of existing buildings", ASCE/SEI standard 41-23; American Society of Civil Engineers (ASCE).
2. Aslani H., y Miranda E. (2005), "Probabilistic earthquake loss estimation and loss disaggregation in buildings", Report No. 157, The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford, CA.
3. Ibarra L.F., Medina R.A., y Krawinkler H. (2005), "Hysteretic models that incorporate strength and stiffness deterioration", Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 34: 1489–1511.
4. McKenna F., Fenves, G. L. y Scott M.H. (2006). OpenSees: Open system for earthquake engineering simulation. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA., http://opensees.berkeley.edu

5. Ruiz-García J., Olvera R.N., y Frías A.D. (2021), “Seismic assessment of school buildings with short captive RC columns under subduction seismic sequences”, Structures, 34: 2432-2444.
6. Ruiz-García, J., y Ramos-Cruz, J.M. (2024), “Drift-based fragility assessment of nonductile reinforced concrete columns failing in shear under cyclic loading”, Engineering Structures, 302: 117378.
7. World Bank (2019), “Fragility and vulnerability assessment guide”, Global Program for Safer Schools, The Global Library of School Infrastructure; disponible en: https://gpss.worldbank.org/sites/gpss/files/2019-10/Fragility%20and%20Vulnerability%20Assessment%20Guide.pdf

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924116

EFECTOS DE UN TRATAMIENTO COGNITIVO CONDUCTUAL CON ATENCIÓN PLENA EN LA AUSENCIA DE REACTIVIDAD DE FUMADORES DE TABACO

Antonio Mishel Ponce Gómez[1], Roberto Oropeza Tena[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0451943h@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; roberto.oropeza@umich.mx

Palabras Clave: Tabaco, Nicotina, Cigarro, Atención Plena, Tratamiento cognitivo conductual, reactividad.

RESUMEN. La ausencia de reactividad es una faceta de la atención plena, relacionada con la habilidad de las personas a no reaccionar de manera automática o impulsiva ante las experiencias internas o externas que viven. Según la literatura el deseo de consumo (craving) que experimentan los consumidores de sustancias se acompaña de experiencias internas desagradables como ansiedad y malestar físico general. En la búsqueda de control y evitación de estos síntomas, la persona puede hacer conductas de búsqueda de la sustancia y consumo de una forma automática e impulsiva. Las terapias cognitivo conductuales y las intervenciones con base mindfulness, por separado, han demostrado ser eficaces en la reducción de la reactividad en personas con ansiedad y malestar físico con y sin consumo de sustancias. La presente investigación muestra los resultados de un tratamiento que combina estrategias de atención plena y técnicas cognitivo conductuales para disminuir la reactividad en consumidores de tabaco. Esto se traduce en la capacidad de evitar el consumo como una conducta automática o impulsiva. Se utilizó un diseño de N=1 con pretest-postest. Se implementó un tratamiento cognitivo conductual con atención plena para fumadores de tabaco que consta de 10 sesiones a cuatro sujetos consumidores con una tendencia media – baja en la ausencia de reactividad. Durante la entrevista de admisión los sujetos expresaron su intención de disminuir o abstenerse del consumo. Se utilizó el cuestionario de Cinco Facetas de Mindfulness (Bear et al., 2006) para medir las tendencias pretest y postest de la faceta mencionada. Los resultados muestran aumento en la faceta de ausencia de reactividad y disminución en el consumo de tabaco.

INTRODUCCIÓN. El consumo de tabaco es una epidemia de carácter mundial que afecta a 14.3 millones de mexicanos (Encuesta Global de Tabaquismo es Adultos [GATS], 2023). Aproximadamente 5.5 millones reportan fumar diariamente y 9.4 millones hacerlo ocasionalmente (Encuesta Nacional de Consumo de Drogas, Alcohol y Tabaco [ENCODAT], 2016). A nivel mundial. El tabaco es responsable de la muerte de 8 millones de personas anualmente, de las cuales 1.3 corresponden a muertes relacionadas con la exposición al humo ajeno (humo de segunda mano). La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023). El tabaquismo, nombre dado a la adicción al tabaco, es un fenómeno complejo y multifactorial que tiene como base los efectos de la nicotina, la sustancia que genera

adicción. La nicotina es un estimulante del sistema nervioso que tiene efectos en las funciones cognitivas como atención, concentración y memoria (Khun et al., 2013). La nicotina también tiene efecto en la liberación de dopamina, un neurotransmisor especializado en la sensación de placer y relajación y que podría explicar la disminución momentánea de los síntomas de ansiedad y depresión (Instituto Nacional de Abuso de Drogas [NIDA], 2011). Además de los efectos neuropsicológicos, muchas variables contextuales se suman al desarrollo del tabaquismo. Los rituales de consumo (golpear el cigarro contra la mesa, olerlo, invitar a un amigo a fumar) abonan a las sensaciones de placer del fumador, esto genera una asociación entre estímulos que se refuerzan en bucle. La anticipación de la administración de nicotina libera dopamina antes fumar, en un fenómeno que se conoce como craving o deseo de consumo (Brauer et al.; 2001, NIDA, 2011; Khun et al., 2013).

ANTECEDENTES. Tomando en consideración lo anteriormente expuesto y según el NIDA (1999) las intervenciones de carácter psicológico constituyen el núcleo central de los tratamientos a trastornos adictivos. El instituto afirma que las estrategias biológicas (medicación) deben subordinarse ante los tratamientos de carácter psicológico (Becoña, 2010). Al respecto, los tratamientos cognitivo conductuales (TCC) son eficaces para disminuir y/o lograr abstinencia en el consumo de tabaco. Para lograr dichos objetivos, los tratamientos desarrollan en el usuario habilidades de afrontamiento, estas incluyen: identificación de detonantes del deseo, fortalecimiento de la motivación mediante apoyo social, prevención de recaídas, manejo del estrés, aumento en la percepción de riesgos y en la autoeficacia, disminución de creencias fatalistas y análisis de las ventajas y desventajas de fumar (Almaraz & Alonso, 2018; Farooq et al., 2020). Sin embargo, los TCC presentan tasas de fracaso en el mantenimiento de la abstinencia después de un periodo de tres meses al culminar el tratamiento. Este fenómeno puede deberse a factores contextuales del usuario, la recaída se puede presentar como consecuencia de eventos individuales y sociales inesperados y que generan estrés ante el cual las personas no se encuentran preparadas. Estos eventos, mayormente imprevistos superan las situaciones para las que el tratamiento estándar los preparo. Como consecuencia, el cigarro recupera potencial de reforzamiento negativo, convirtiéndose en una medida paliativa para calmar el malestar (Lunden et al., 2019). Un fenómeno que en psicología se conoce como "recuperación espontanea" (Miltenberger, 2017). Incluir componentes de atención plena podría minimizar el impacto de estos eventos y lograr que el usuario mantenga sus objetivos. Los tratamientos que lo han hecho presentan tasas de recaída baja en comparación con otros tratamientos en sintomatología relacionada con ansiedad y depresión, variables que correlacionan con el consumo de sustancias (Cayoun, 2014).

OBJETIVO. El objetivo de la presente investigación fue identificar los efectos de un TCC con atención plena en el componente de "ausencia de reactividad" en consumidores de tabaco.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó un diseño de N=1 con pre y postest en 4 usuarios pilotos (en adelante "P") mayores de edad y que expresaron su deseo de disminuir (P1, P3 y P4) o abstenerse (P3) de fumar. Se aplicó el Tratamiento Cognitivo Conductual con Atención Plena para Fumadores de Tabaco (TCCA – T) el cual es un tratamiento que consta de 10 sesiones que combina estrategias cognitivas, conductuales y de atención plena

orientadas al consumo de tabaco. La medición de la variable ausencia de reactividad se midió mediante el Cuestionario de Cinco Facetas de Mindfulness (FFMQ) (Baer et al., 2008) que define la ausencia de reactividad o reacción, como la tendencia a identificar los pensamientos sin reaccionar impulsiva o automáticamente ante ellos.

RESULTADOS. Como se puede observar en la tabla 1. Los P2, P3 y P4 aumentaron la tendencia a no reaccionar de forma impulsiva o automática a los acontecimientos ambientales o físicos, el P1 aumento su reactividad

	P1		P2		P3		P4	
Faceta	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**	**Pre**	**Post**
Ausencia de reactividad	14	12	20	25	18	20	27	29

Tabla 1. *Puntuaciones pretest y postest en el componente ausencia de reactividad.*

Con relación al consumo de tabaco se obtuvo disminución y abstinencia de acuerdo a las metas de los pilotos, la tendencia de consumo y el seguimiento a un mes puede observarse en la Fig. 1.

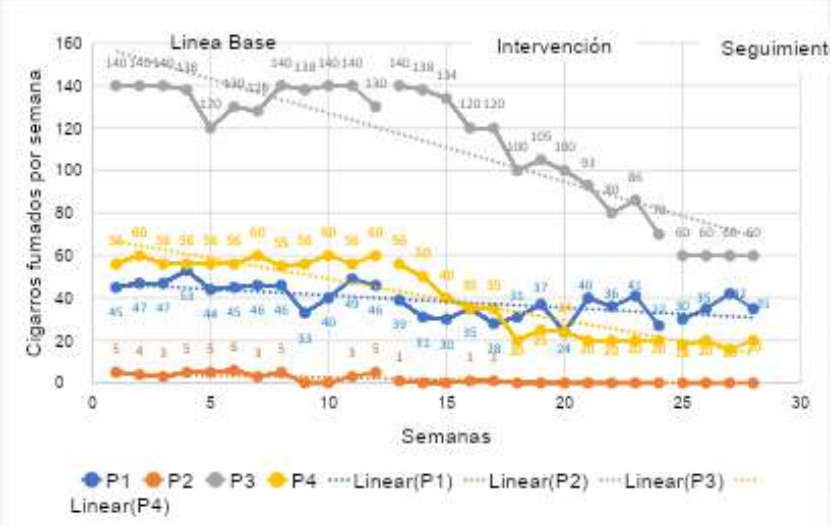


Figura 1. *Tendencia de consumo semanal a lo largo del tratamiento en los pilotos*

CONCLUSIONES. El TCCA – T presenta eficacia en el aumento del componente "ausencia de reactividad y disminución en el consumo de tabaco, esto confirma que los tratamientos con componentes de atención plena resultan eficaces en la disminución de los síntomas relacionados con el consumo de sustancias (Vargas, 2023). Si bien es cierto que la presente investigación obtuvo resultados prometedores, es importante realizar más investigación al respecto para contestar las siguientes cuestiones: el tipo de relación entre variables de atención plena y disminución de consumo y el componente de atención plena que más impacta en el mantenimiento de los objetivos de los usuarios.

REFERENCIAS.

1. Almaraz, C. D. & Alonso, C. M. (2018). Consejo breve y atención plena para dejar de fumar: un estudio de caso. Salud y Drogas, 18(9), 91-100. https://www.researchgate.net/profile/Diara-Almaraz/publication/326738759_Consejo_Breve_y_Atencion_Plena_para_dejar_de_fumar_un_estudio_de_caso/links/5bab8db545851574f7e76333/Consejo-Breve-y-Atencion-Plena-para-dejar-de-fumar-un-estudio-de-caso.pdf

2. Baer, R., Smith, G., Lykins, E., Button, D., Krietemeyer, J., Sauer, S., Walsh, E., Duggan, D., y Williams, J. (2008). Construct validity of the Five Facet Mindfulness Questionnaire in meditating and nonmeditating samples. Assessment, 15, 329-342
3. Becoña, I. E. (2010). Dependencia del tabaco: manual de casos clínicos. Sociedad Española de Psicología Clínica, Legal y Forense.
4. Brauer, L. H., Behm, F.M., Lane, J. D., Westman, E. C. (2001). Individual differences in smoking reward fron de-nicotinized cigarettes. Nicotine & Tobacco Research, 3(2), 101-109. 10.1080/14622200110042000
5. Cayoun, B. (2014). Terapia cognitivo conductual con mindfulness integrado. Desclée de Brouwer.
6. Farooq, M. U., Puranik, M. P. & Uma, S. R. (2020). Effectiveness of cognitive-behavioral therapy compared with basic health education for tobacco cessation among smokers: A randomized controlled trial. Journal of Indian Association of Public Health Dentistry, 18, 25-30. 10.4103/jiaphd.jiaphd_106_19
7. Instituto Nacional de Abuso de Drogas. (2011). ¿Cómo produce sus efectos el tabaco? ¿Cómo produce sus efectos el tabaco? | National Institute on Drug Abuse (NIDA) (nih.gov)
8. Khun, C., Swartzwelder, S. y Wilson, w. (2012). Drogas. Debate.
9. Lunden S. E., Pittman, J. C., Prashad, N., Malhotra, R. & Sheffer, C. E. (2019). Cognitive, behavioral, and situational influences on relapse to smoking after group treatment for tobacco dependence. Frontiers in Psichology, 9. https://doi.org/10.3389/fps&g.2018.02756
10. Miltenberger, R. G. (2017). Modificación de conducta principios y procedimientos. Pirámide.
11. Organización Mundial de la Salud. (2023). Tabaco. Tabaco (who.int)
12. Vargas, A. (2023). Eficacia de las técnicas de mindfulness en el tratamiento de la ansiedad de personas privadas de la libertad con trastorno por consumo de sustancias (Tesis de maestría). Universidad de las Américas, Quito. http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15516

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924117

EVALUACIÓN DEL DAÑO ACUMULADO PARA ESTRUCTURAS UBICADAS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN ANTE SECUENCIAS SÍSMICAS

Jorge Ruiz García[1], Paola Michelle Pérez León[2], José Manuel Ramos Cruz[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jruizgar@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1803864h@umich.mx
3Universidad Tecnológica de la Construcción; jomarauz1986@gmail.com

Palabras Clave: daño acumulado, índice de daño, secuencias sísmicas, energía histérica.

RESUMEN. Las estructuras civiles ubicadas en zonas de alta sismicidad son sometidas a un número considerable de evento sísmicos durante su vida útil. Inclusive, las estructuras civiles son sujetas a la acción de secuencias sísmicas que consisten de eventos precursores, un evento principal y las réplicas subsecuentes, donde el evento principal se define como el evento de mayor magnitud en una secuencia sísmica. Principalmente, las réplicas pueden incrementar el nivel de daño debido al evento principal. Por ello, la acción de las réplicas debería considerarse en los métodos de evaluación sísmica de estructuras, e inclusive en el proceso de diseño de nuevas estructuras. Por ejemplo, estudios previos realizados en edificios a base de marcos de concreto reforzado han evidenciado que las réplicas pueden incrementar las distorsiones de entrepiso y de azotea, las cuales pueden relacionarse con un nivel de daño especifico (por ejemplo, Hosseini y otros, 2019). Por ello, de particular interés resulta conocer sí las réplicas incrementan el daño (es decir, se presenta el daño acumulado) en estructuras sujetas a secuencias sísmicas registradas ante temblores interplaca. El objetivo de la investigación que se presenta en este artículo consistió en cuantificar el daño acumulado en estructuras que pueden representarse como sistemas de un grado de libertad, S1GL, con un comportamiento histerético que exhibe deterioro de rigidez y degradación de resistencia en el ciclo caracterizada por una pendiente negativa una vez alcanzada la resistencia (i.e., comportamiento degradante) debido a secuencias sísmicas históricas evento principal-réplicas registradas en sitios de terreno rocoso durante temblores interplaca registrados en México.

INTRODUCCIÓN. Las estructuras civiles ubicadas en zonas de alta sismicidad son sometidas a un número considerable de evento sísmicos durante su vida útil. Inclusive, las estructuras civiles son sujetas a la acción de secuencias sísmicas que consisten de eventos precursores, un evento principal y las réplicas subsecuentes, donde el evento principal se define como el evento de mayor magnitud en una secuencia sísmica. Principalmente, las réplicas pueden incrementar el nivel de daño debido al evento principal. Por ello, la acción de las réplicas debería considerarse en los métodos de evaluación sísmica de estructuras, e inclusive en el proceso de diseño de nuevas estructuras. Por ejemplo, estudios previos realizados en edificios a base de marcos de concreto reforzado han evidenciado que las

réplicas pueden incrementar las distorsiones de entrepiso y de azotea, las cuales pueden relacionarse con un nivel de daño especifico (por ejemplo, Hosseini y otros, 2019). Por ello, de particular interés resulta conocer sí las réplicas incrementan el daño (es decir, se presenta el daño acumulado) en estructuras sujetas a secuencias sísmicas registradas ante temblores interplaca. El objetivo de la investigación que se presenta en este artículo consistió en cuantificar el daño acumulado en estructuras que pueden representarse como sistemas de un grado de libertad, S1GL, con un comportamiento histerético que exhibe deterioro de rigidez y degradación de resistencia en el ciclo caracterizada por una pendiente negativa una vez alcanzada la resistencia (i.e., comportamiento degradante) debido a secuencias sísmicas históricas evento principal-réplicas registradas en sitios de terreno rocoso durante temblores interplaca registrados en México.

RESULTADOS.

Conjunto de secuencias sísmicas. Para evaluar el índice de daño se utilizó un conjunto de 14 secuencias sísmicas evento principal-réplica más intensa registradas en 7 estaciones ubicadas en sitios de roca. Una lista detallada de las 14 secuencias sísmicas, SS, se puede consultar en Pérez (2024). Por ejemplo, en la Fig. 1 se muestran las SS registradas en la estación Papanoa (PAPN) durante los sismos de septiembre de 1985, donde el evento principal, EP, se indica en color azul y la réplica, R, en color magenta. Asimismo, se indica el cociente de la aceleración máxima del terreno, AMT, de la réplica con respecto a la AMT del EP (es decir, $AMT_{R/EP}$). Para este caso particular, la intensidad de la R es mayor que la del EP dado que la estación Papanoa se encontraba más cerca del epicentro de la R que del EP.

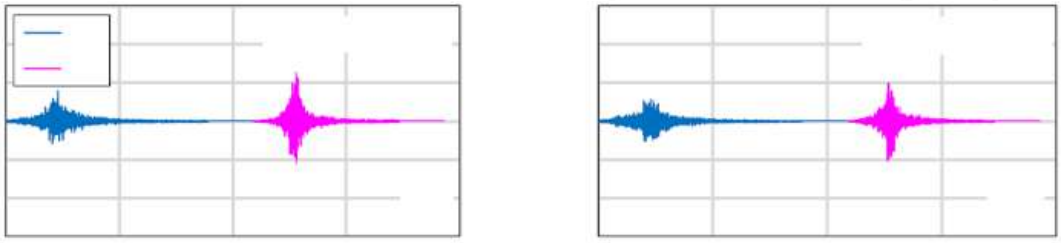


Figura 1 *Secuencias sísmicas evento principal-réplica: a) PAPN (comp. n00e) y b) PAPN (comp. n90e).*

Evaluación del daño acumulado

Comportamiento histerético. Para fines de obtener la respuesta histerética, términos de la energía histerética y del índice de daño, en los S1GL. En esta investigación se empleó el modelo histerético de Ibarra-Medina-Krawinkler (Ibarra y otros, 2005), denominado modelo *IMK*. En la Fig. 2a se muestra la envolvente trilineal del modelo *IMK*, la cual consiste de: 1) un segmento lineal desde el origen hasta alcanzar la fuerza de fluencia, F_y, con pendiente K_e, 2) un segmento posterior a la fluencia, denominado de endurecimiento por deformación con pendiente positiva K_s, definida por el parámetro α_s, y 3) un segmento con pendiente negativa K_c, definida por el parámetro α_c. Cabe notar que el intervalo inelástico, posterior a la fluencia, y de deterioro de resistencia quedan definidos por la ductilidad μ_c y μ_f. En particular, el parámetro μ_c define la capacidad de deformación inelástica del sistema antes de exhibir un deterioro de resistencia. De esta manera, los parámetros obtenidos de la envolvente trilineal idealizada pueden emplearse para definir la envolvente del modelo *IMK*, y obtener su respuesta histerética. Por ejemplo, en la Fig. 2b se muestra la envolvente trilineal (línea negra) y su respuesta histerética (línea azul).

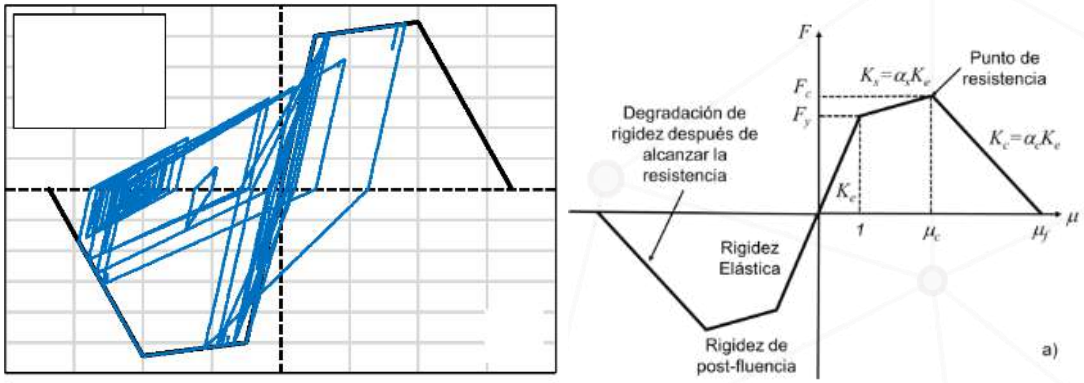


Figura 2 *a) Envolvente del modelo de Ibarra-Medina-Krawinkler (Ibarra y otros, 2005), denominado modelo IMK, y b) respuesta histerética del modelo IMK.*

Para fines de esta investigación, se empleó un programa de cómputo que resuelve la ecuación de movimiento dinámico de un sistema de un grado de libertad, S1GL, con un comportamiento descrito por el modelo de *IMK*, implementado en la plataforma computacional *OpenSees* (McKenna et al., 2010). Se consideraron 40 periodos naturales de vibración, T, entre 0.2s y 3.0s. Asimismo, se consideraron 4 niveles de μ_c (μ_c=1.5, 2.0, 3.0 y 4.0), 5 niveles del coeficiente α_c (α_c =-0.05, -0.10, -0.20, -0.30 y -0.40), así como 6 niveles de C_y (C_y =0.05, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50).

Definición del índice de daño. En esta investigación se empleó el índice de daño de Park y Ang (1985) para estudiar la evolución del daño en estructuras sujetas a secuencias sísmicas. El índice de daño propuesto por Park y Ang (1985), $I_{P\&A}$, involucra tanto la demanda de desplazamiento máximo durante el evento sísmico como la energía disipada por la estructura. Matemáticamente se define como:

IP&A=maxu+βEHNu (1)

donde max es la ductilidad de desplazamiento máxima, u es la ductilidad de desplazamiento última, y EHN es la energía histerética normalizada, la cual se define a continuación:

EHN=EHFyxy (2)

En particular, se ha propuesto, basado en pruebas experimentales, emplear valores de β=0.15 para elementos con comportamiento histerético estable, mientras que valores de β entre 0.2 y 0.4 se sugieren para elementos que exhiben un deterioro considerable en rigidez y resistencia.

Espectros de índice de daño. En la Fig. 3 se muestra la influencia de μ_c en los espectros de $I_{P\&A}$. Para tal fin, se consideraron sistemas con envolvente definida por los parámetros α_s=2%, α_c=-0.20, C_y=0.10 y cuatro niveles de μ_c. A partir de las figuras, se pueden apreciar claramente dos tendencias (regiones espectrales) de la mediana de $I_{P\&A}$; 1) para valores de T iguales, o mayores, a 1.5s, el $I_{P\&A}$ es nulo, y 2) el $I_{P\&A}$ tiende a incrementarse conforme disminuye el periodo de vibración para T menores a 1.5s. En particular, el $I_{P\&A}$ se incrementa ligeramente conforme disminuye μ_c, para un valor de T dado. Lo anterior puede atribuirse a que sistemas con baja ductilidad exhiben deterioro de resistencia más rápidamente que los sistemas con ductilidad alta.

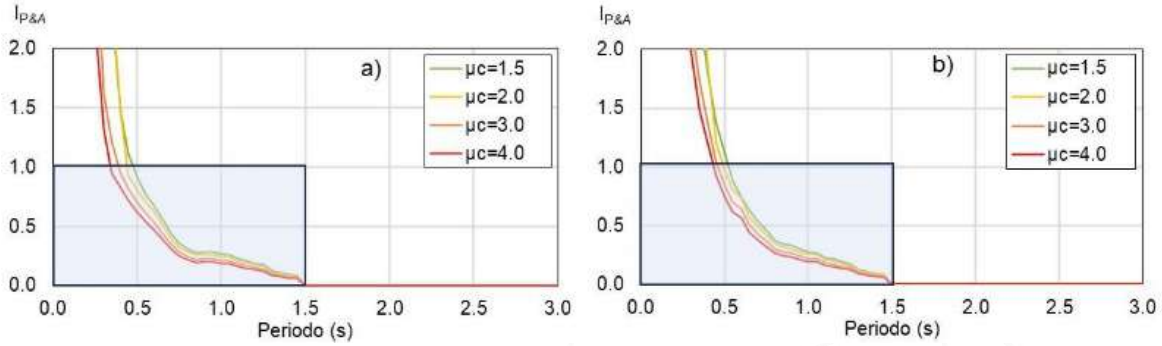


Figura 3 *Influencia de μ_c en la mediana de $I_{P\&A}$ correspondientes a: a) conjunto EP, y b) conjunto SS.*

Para apreciar la influencia de α_c en los espectros de la mediana de $I_{P\&A}$ se obtuvo la respuesta de sistemas con α_s=2%, μ_c=3.0, C_y=0.10 y cuatro niveles de α_c, al ser sujetos al conjunto de evento principal, EP, y al conjunto de secuencia sísmicas, SS. Nuevamente, se procesó estadísticamente la respuesta para obtener la mediana de $I_{P\&A}$, la cual se muestra en las Fig. 4a para el conjunto EP y en la Fig.4b para el conjunto SS. Nuevamente puede apreciarse que el $I_{P\&A}$ es nulo para valores de T igual, o mayor, que 1.5s. Para valores de T menores a 1.5s, el $I_{P\&A}$ tiende a incrementarse conforme T disminuye, así como α_c se incrementa (es decir, conforme disminuye la pendiente negativa post-pico). En particular, el valor de T asociado al 'colapso' global ($I_{P\&A}$ = 1.0) depende del valor de α_c; por ejemplo, T es igual a 0.3s y 0.5s para α_c=-0.1 y -0.40, respectivamente.

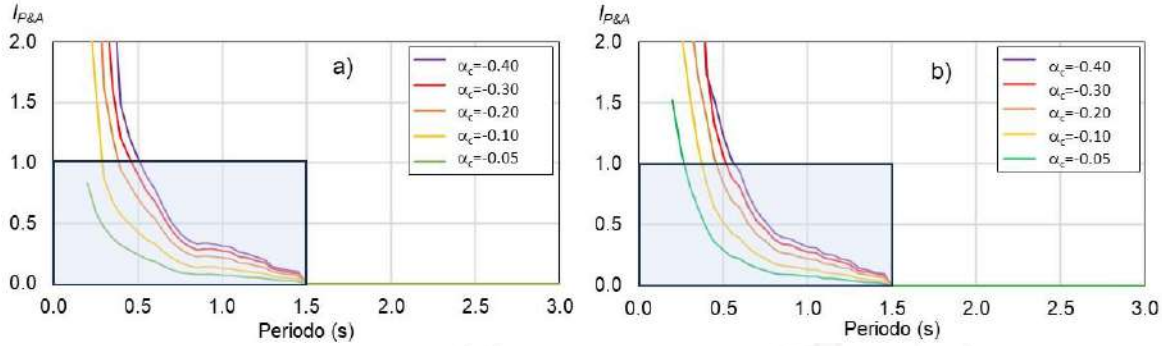


Figura 4 *Influencia de α_c en la mediana de $I_{P\&A}$ correspondientes a: a) conjunto EP, y b) conjunto SS.*

Nuevamente, para observar la influencia de C_y, se obtuvo la respuesta de S1GL considerando una envolvente definida por los parámetros α_s=2%, μ_c=3.0, α_c =-0.20 y seis niveles de C_y, al ser sujetos al conjunto de evento principal y al conjunto de secuencia sísmicas. De manera similar a los casos anteriores, se procesó estadísticamente la respuesta para obtener la mediana de $I_{P\&A}$, la cual se muestra en las Fig. 5a para el conjunto EP y en la Fig.5b para el conjunto SS. Nuevamente se puede apreciar que no se presenta daño y, en consecuencia, el daño acumulado es nulo para valores de T mayores que, aproximadamente, 1.5s. Puede verse que el período límite a partir del cual las demandas de $I_{P\&A}$ son nulas depende del nivel de C_y; por ejemplo, la demanda de $I_{P\&A}$ calculada para los eventos principales es nula para sistemas con C_y=0.10 y T mayor a 1.5s, mientras que la demanda de $I_{P\&A}$ es nula para sistemas con C_y=0.20 y T mayor a, aproximadamente, 0.75s. En general, se puede apreciar que las demandas de $I_{P\&A}$ disminuyen significativamente conforme se incrementa C_y (es decir, conforme se incrementa la

resistencia lateral de la estructura). Asimismo, puede apreciarse que el efecto de las réplicas tiende a incrementar las demandas de $I_{P\&A}$ ligeramente, principalmente para sistemas con C_y menor a 0.15.

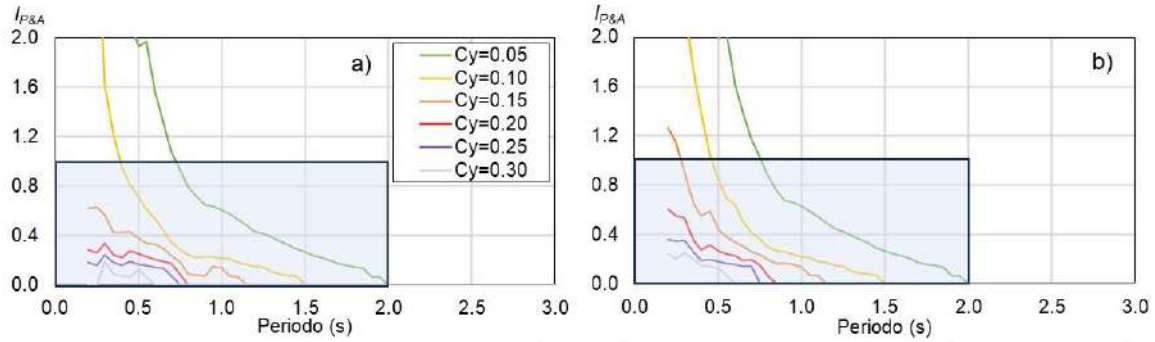


Figura 5 *Influencia de C_y en la mediana de $I_{P\&A}$ correspondientes a: a) conjunto EP, y b) conjunto SS.*

CONCLUSIONES. Este estudio examinó el posible daño acumulado en estructuras que pueden idealizarse como sistemas de un grado de libertad sujetas a secuencias sísmicas evento principal-réplicas registradas en estaciones ubicadas en sitios rocosos durante temblores interplaca. A partir de los resultados de este estudio, se demostró que las ordenadas de los espectros de energía histerética normalizada, EHN, e índice de daño de Park y Ang, IP&A, dependen del coeficiente de fluencia del sistema, Cy, del periodo fundamental del sistema, T, así como de los parámetros que definen la envolvente idealizada trilineal, como la ductilidad de desplazamiento del sistema, μc, y el parámetro que define la pendiente negativa posterior a alcanzar la resistencia, αc. En particular, se identificó una zona espectral donde EHN y IP&A son nulos, tanto ante el evento principal como ante la secuencia sísmica, la cual empieza para periodos de vibración mayores a 1.5s. Sin embargo, se observó que el IP&A tiende a incrementarse a una tasa no uniforme conforme el periodo de vibración disminuye, a partir de 1.5s. Finalmente, se pudo apreciar que el daño acumulado (es decir, el incremento de IP&A debido a la réplica respecto al IP&A debido al evento principal) no se presenta para sistemas con T mayor a 1.5s, pero se presenta ligeramente para sistemas con T menores a 1.5s.

REFERENCIAS.

1. Hosseini S., Ruiz-García J. y Massumi A., (2019), “Seismic response of RC frames under far-field mainshock and near-fault aftershock sequemces”, Structural Engineering and Mechanics, vol. 72, no. 3, pp. 395-408.
2. Ibarra L., Medina R.A., y Krawinkler H. (2005), “Hysteretic models that incorporate strength and stiffness deterioration”, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 34:1489–1511.
3. McKenna F., Scott M. H., y Fenves G.L. (2010) “Nonlinear finite-element analysis software architecture using object composition”, Journal of Computing in Civil Engineering, 24(1):95-107.
4. Park Y. J., y Ang A.H.S. (1985), “Mechanistic seismic damage model for reinforced concrete”, J. Struct. Eng., 111(4): 722–739.
5. Pérez León P.M. (2024), “Evaluación del daño acumulado debido a secuencias sísmicas en estructuras con comportamiento degradante en la zona de subducción”, Tesis de Licenciatura, Univ. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 101pp.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924118

APLICACIÓN DE LA TERMOMETRÍA PARA LA ENSEÑANZA DE LA TERMODINÁMICA

Alfredo Raya Montaño[1], Jennifer López Chacón[2], Adrián Alonso López[3], Yael Gamaliel Torres Cruz[4]

1Instituto de Física y Matemáticas Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alfredo.raya@umich.mx

2Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jennifer.lopez@umich.mx

3Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; adrian.alonso.lopez@umich.mx

4Ingeniería en Física Aplicada Universidad Tecnológica de la Mixteca; tocy030915@gs.utm.mx

Palabras Clave: Termometría, Enseñanza de la Física, Termodinámica.

RESUMEN. La termometría se dedica a la medición de la temperatura en cuerpos o sistemas. Para ello, se emplea el termómetro, un dispositivo que opera a partir de cambios en ciertas propiedades de la materia debido al calor. Existen diferentes tipos de termómetros, como el de mercurio y el de alcohol, que funcionan mediante la dilatación, los termopares, que dependen de la variación en la conductividad eléctrica, y los termómetros ópticos, que detectan cambios en la intensidad de los rayos reflejados por un objeto caliente. La termometría es una herramienta fundamental para la enseñanza de la termodinámica, ya que permite a los estudiantes explorar conceptos clave como el equilibrio térmico, la transferencia de calor y las propiedades de los materiales en diferentes condiciones. A través de experimentos prácticos con termómetros, los estudiantes pueden observar directamente cómo varían las temperaturas en sistemas cerrados y abiertos. Este enfoque práctico no solo mejora el aprendizaje de los principios termodinámicos, sino que también fomenta el razonamiento científico y el pensamiento crítico entre los estudiantes.

INTRODUCCIÓN. La termometría es la disciplina dedicada a la medición de la temperatura, una variable esencial en el estudio de la energía térmica y los procesos asociados a la termodinámica. La temperatura, que indica el estado energético de un sistema, es fundamental para entender cómo los sistemas físicos intercambian calor y cómo los materiales responden a cambios en sus condiciones térmicas. La precisión en la medición de la temperatura es crucial tanto en la investigación científica como en aplicaciones industriales y cotidianas, lo que hace de la termometría una herramienta esencial en múltiples campos (Cengel et. al., 2011). Los termómetros son dispositivos que se basan en la variación de ciertas propiedades físicas de los materiales cuando se someten a cambios de temperatura. Los termómetros de mercurio y de alcohol, por ejemplo, utilizan la dilatación de líquidos para medir la temperatura, mientras que los termopares dependen del cambio en la conductividad eléctrica en función del calor aplicado. Los termómetros ópticos, por su parte, miden la intensidad de la radiación emitida por cuerpos calientes, permitiendo obtener lecturas de temperatura sin contacto físico directo con el objeto (Boyes, 2009). En el ámbito

de la enseñanza y la investigación científica, la termometría permite a los estudiantes y profesionales explorar cómo los sistemas alcanzan el equilibrio térmico, cómo se comportan bajo diferentes condiciones y cómo el calor se transfiere entre los cuerpos. Esto es especialmente relevante en la enseñanza de la termodinámica, donde la termometría ofrece una manera práctica de visualizar los conceptos teóricos mediante experimentos sencillos pero efectivos, como los que implican el uso de termómetros en distintos medios o situaciones (Gerhátová et al., 2021). En este trabajo se presentan tres tipos de termómetros para explicar conceptos básicos de termodinámica en nivel básico y medio superior.

ANTECEDENTES. La termometría ha sido una herramienta fundamental en la enseñanza de las ciencias, especialmente en la física, ya que permite a los estudiantes interactuar de manera directa con conceptos como la temperatura, el calor y el equilibrio térmico. A lo largo del tiempo, los termómetros han facilitado la comprensión de las leyes de la termodinámica al proporcionar mediciones precisas que los alumnos pueden interpretar en experimentos tanto cualitativos como cuantitativos. Esta capacidad para medir la temperatura y observar sus efectos en distintos sistemas ha convertido a la termometría en una técnica indispensable en los laboratorios educativos, desde niveles básicos hasta cursos avanzados de física experimental (Gerhátová et al., 2021). En el ámbito de la enseñanza de la termodinámica, la termometría ha hecho posible la visualización de conceptos abstractos como la Ley Cero de la Termodinámica y la transferencia de calor a través de experimentos sencillos pero efectivos. Los estudiantes pueden analizar cómo diversos materiales responden al calor y cómo alcanzan el equilibrio térmico en condiciones controladas. Con la incorporación de tecnologías avanzadas, como los termopares y los termómetros ópticos, se ha expandido el tipo de experimentos que se pueden realizar, permitiendo la exploración de temperaturas extremas y la medición en tiempo real sin necesidad de contacto directo, lo cual es crucial para estudiar sistemas complejos y dinámicos (Meltzer, 2004). El empleo de la termometría en la educación también fomenta el desarrollo de habilidades prácticas y analíticas en los estudiantes, quienes aprenden a recolectar, interpretar y analizar datos experimentales de manera sistemática. Este enfoque promueve un aprendizaje basado en la experiencia, facilitando una comprensión más profunda de los principios termodinámicos. Además de mejorar el entendimiento de conceptos fundamentales, la termometría fortalece el pensamiento crítico y la capacidad de resolver problemas en contextos científicos (Carlos & Palacio, 2015).

OBJETIVO. Explicar principios físicos básicos de termodinámica mediante tres tipos de termómetros caseros.

MATERIALES Y MÉTODOS. A continuación, se presentan las instrucciones y materiales para construir tres tipos de termómetros distintos.

Termómetro de Agua y Alcohol

Materiales:

Un frasco de vidrio pequeño con tapa
Popote
Alcohol isopropílico (o agua coloreada)
Plastilina
Colorante alimenticio (opcional)

Agua caliente y fría para hacer las pruebas

Construcción

1. Llene el frasco con 2/3 de alcohol o agua coloreada.
2. Haga un agujero en la tapa e introduce el popote, de modo que toque el líquido pero no llegue al fondo.
3. Selle el espacio alrededor de la pajilla con plastilina para evitar fugas. Al calentar el líquido, observará cómo sube por el popote.

Principio Termodinámico. Este termómetro se basa en la dilatación térmica. Al aumentar la temperatura, las moléculas del líquido se expanden, ocupando más espacio y subiendo por la pajilla. Este experimento ayuda a explicar cómo el calor afecta el volumen de los líquidos y la relación entre temperatura y expansión térmica. También puede utilizarse para introducir la Ley Cero de la Termodinámica, ya que se puede demostrar cómo diferentes sistemas llegan al equilibrio térmico.

Termómetro con agua coloreada

Materiales

Un tubo delgado y largo (como un popote grueso o un tubo de plástico)
Agua coloreada
Una jeringa o gotero
Plastilina

Construcción

1. Llene el tubo con agua coloreada, dejando una pequeña burbuja de aire en la parte superior.
2. Selle ambos extremos con plastilina.
3. Coloque el termómetro en agua caliente y fría para observar cómo sube y baja el líquido dentro del tubo.

Principio Termodinámico. Este termómetro simula el funcionamiento de los termómetros de mercurio tradicionales, pero con agua coloreada. Permite explicar la dilatación térmica de los líquidos y cómo los cambios de temperatura afectan el volumen del líquido en el tubo. Esto sirve para enseñar el concepto de calor específico, ya que diferentes líquidos (en este caso, agua) reaccionan de manera diferente a la adición de calor. Es útil también para introducir el concepto de equilibrio térmico.

Termómetro de Gas

Materiales

Botella de plástico
Globo
Agua caliente y fría

Construcción

1. Coloque el globo sobre la boca de la botella sin inflarlo.
2. Sumerja en agua caliente y observa cómo el globo se infla a medida que el aire dentro de la botella se calienta.
3. Sumerja la botella en agua fría y observa cómo el globo se desinfla.

Principio Termodinámico. Este termómetro casero demuestra el comportamiento de los gases según la Ley de los Gases Ideales, donde la presión de un gas aumenta con la temperatura si el volumen es constante. Además, muestra cómo el aire dentro de la botella se expande al calentarse, inflando el globo, y se contrae al enfriarse. Este experimento es ideal para explicar cómo la presión, temperatura y volumen están relacionados y también se puede conectar con el concepto de entropía y la transferencia de calor en gases.

RESULTADOS. Una vez construidos todos los termómetros se explicaron a las y los estudiantes los conceptos físicos detrás de cada uno de ellos, posteriormente se mostró como calibrar cada termómetro. Esto mediante agua hirviendo y hielo, se utilizaron dos puntos de referencia: 0 °C (agua con hielo) y 100 °C (vapor de agua hirviendo). El procedimiento consistió en sumergir los termómetros en hielo y vapor, marcando los niveles de líquido o el cambio de tamaño en el caso del termómetro de gas, una vez que se alcanza el equilibrio térmico. Luego, se dividieron las distancias entre las marcas de 0 °C y 100 °C en intervalos para crear la escala intermedia. Este proceso permite que los termómetros caseros midan con mayor precisión la temperatura. Por lo cual la construcción de estos termómetros nos permite no solo mostrar conceptos físicos de termodinámica sino explicar conceptos como escala de medición, construcción de aparatos de medición y calibración de instrumentos de medición.

CONCLUSIONES. La construcción de termómetros caseros es una herramienta efectiva para la enseñanza de conceptos clave de la termodinámica, como la dilatación térmica, la Ley de los Gases Ideales y el equilibrio térmico. Estos experimentos no solo permiten a los estudiantes interactuar con fenómenos físicos de manera tangible, sino que también fomentan una comprensión más profunda de la relación entre temperatura, presión y volumen en diferentes sistemas. Además, la calibración de los termómetros utilizando puntos de referencia como el agua hirviendo y el hielo, introduce a los estudiantes en la importancia de la precisión en la medición y el diseño de escalas. De este modo, estas actividades prácticas no solo refuerzan conceptos teóricos, sino que también desarrollan habilidades en la construcción y calibración de instrumentos de medición, fundamentales para el aprendizaje científico.

REFERENCIAS.

1. Boyes, W. (Ed.). (2009). Instrumentation reference book. Butterworth-Heinemann.
2. Carlos, L. D., & Palacio, F. (Eds.). (2015). Thermometry at the nanoscale: Techniques and selected applications. Royal Society of Chemistry.
3. Cengel, Y. A., Boles, M. A., & Kanoğlu, M. (2011). Thermodynamics: an engineering approach (Vol. 5, p. 445). New York: McGraw-hill.
4. Gerhátová, Ž., Perichta, P., Drienovský, M., & Palcut, M. (2021). Temperature measurement—Inquiry-Based learning activities for third graders. Education Sciences, 11(9), 506.
5. Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. American Journal of Physics, 72(11), 1432-1446.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924121

LA SALUD PENITENCIARIA EN MICHOACÁN: UN SECTOR PRECARIO

Carolina Fernández Oropeza[1], Félix Chamú Nicanor[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1235397@umich.mx2
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; felix.chamu@umich.mx

Palabras Clave: Salud Penitenciaria 1, Reinserción Social 2, Determinantes Sociales 3, Derechos Humanos 4, Bienestar 5

RESUMEN. Esta investigación se centra en el análisis de la compleja situación de salud que prevalece en los centros penitenciarios del Estado de Michoacán. Se subraya la urgencia de brindar una atención integral a las personas privadas de la libertad. En este contexto, el objetivo es posicionar la salud penitenciaria como un componente esencial de los estudios de salud pública, analizando los determinantes contextuales que influyen en el proceso de salud-enfermedad dentro de los espacios de reclusión. Para lograr lo anterior, se realiza una revisión teórica de diversas áreas clave, incluyendo los determinantes sociales de la salud, las teorías del desarrollo humano, las teorías de salud pública, reinserción social y derechos humanos, los mecanismos para evaluar el bienestar objetivo, y las teorías del castigo desde las perspectivas de Michel Foucault y Hannah Arendt. Estas aproximaciones teóricas son fundamentales para comprender los espacios penitenciarios y desarrollar programas de salud adecuados, proponiendo un enfoque holístico que aborde la salud física, mental y emocional. Este estudio busca integrar la salud y la reinserción social, ambos pilares en la rehabilitación de las personas privadas de la libertad. A partir de lo anterior, se encontró que, al igual que en las poblaciones libres, los determinantes sociales que condicionan la salud de las personas privadas de la libertad son: la atención médica, la educación en salud, la infraestructura, el saneamiento básico y la alimentación.

INTRODUCCIÓN. La situación de salud en los centros penitenciarios del Estado de Michoacán representa una problemática compleja y urgente, que demanda una atención integral y multidimensional. Las personas privadas de la libertad, a menudo excluidas de las políticas de salud pública, enfrentan condiciones que vulneran sus derechos humanos y afectan gravemente su bienestar físico, mental, emocional y social. Ante este escenario, la presente investigación se propone posicionar la salud penitenciaria como un componente esencial dentro de los estudios de salud pública, enfatizando la necesidad de un enfoque holístico que incluya tanto los determinantes sociales de la salud como los derechos humanos. El sistema penitenciario en Michoacán, como en muchas partes de México, se caracteriza por problemas crónicos como el hacinamiento, la sobrepoblación y la falta de acceso adecuado a servicios de salud, lo que agrava las condiciones de vida de las personas encarceladas. Los informes de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH, 2023) y los Censos Nacionales del Sistema Penitenciario (2023) revelan carencias

estructurales que impactan directamente en la salud de esta población. En este sentido, el estudio aborda de manera crítica los determinantes sociales de la salud, analizando los factores que influyen en el proceso de salud-enfermedad y que limitan la disponibilidad de los servicios relacionados, como lo son: atención médica, infraestructura, saneamiento básico, educación para la salud y alimentación, principalmente. En el estado de Michoacán, existen 11 centros penitenciarios estatales, de los cuales los dos más grandes y sobrepoblados se ubican en el municipio de Charo, cerca de la capital. El centro penitenciario "Lic. David Franco Rodríguez" tiene una capacidad para 1,673 PPLs, pero alberga a 2,168, esto significa que operan al 129.6% de su capacidad. De manera similar, el Centro Penitenciario de Alta Seguridad para el Delito de Alto Impacto No. 1, con capacidad para 1,044 PPLs, cuenta con 1,259 internos, lo que equivale al 120.6% de su capacidad (SEGOB, 2023). Estos datos reflejan una clara sobre población penitenciaria, lo que genera limitaciones significativas en la prestación de servicios y, por tanto, en la garantía de los derechos humanos, permeando un panorama de alta vulnerabilidad. La vulnerabilidad relacionada con la salud afecta al 23% de la población penitenciaria en Michoacán (SEGOB, 2023). Las personas vulnerables incluyen a aquellos con discapacidades, enfermedades no transmisibles, trastornos mentales e individuos inimputables. En particular, el 97% de las enfermedades detectadas y en seguimiento en 2023 estuvieron relacionadas con diabetes e hipertensión arterial, siendo estas patologías las que generan mayores costos para los servicios públicos de salud, tanto en la población en libertad como en la reclusa. No obstante, a diferencia de los espacios en los que los individuos son autónomos en sus decisiones, los centros penitenciarios tienen control sobre la alimentación y las actividades de los internos, lo que ofrece una oportunidad para modificar estas determinantes y reducir la prevalencia de enfermedades. La investigación parte de la hipótesis de que una intervención efectiva en estos determinantes puede generar una notable mejora en las condiciones de salud de las personas privadas de la libertad. Para ello, se propone un marco teórico basado en las teorías del desarrollo humano, la reinserción social, y los derechos humanos, así como las perspectivas de Michel Foucault y Hannah Arendt sobre el castigo y la gestión del cuerpo en los espacios de reclusión. Estas aproximaciones permiten una comprensión más profunda de los centros penitenciarios no solo como lugares de cumplimiento de penas, sino como espacios donde la salud debe ser promovida activamente. Se reconoce una clara limitación en el número de estudios formales orientados a comprender los fenómenos de la salud al interior de los centros penitenciarios. Algunos de los estudios existentes se centran en analizar aspectos como la salud mental y las tendencias criminales, pero solo revisan condiciones específicas, reduciendo a solo un corto espectro el estudio de la salud como un concepto que se integra de elementos multifactoriales. Por ello, es necesario que la salud penitenciaria transite a un modelo de análisis robusto, como los determinantes sociales de la salud, concepto que indaga en la necesidad de percibir la salud como el resultado de la disponibilidad y calidad de servicios que fomentan el bienestar.

ANTECEDENTES. A lo largo de la historia, las cárceles han experimentado una evolución significativa, pasando de simples espacios de aislamiento a modelos orientados hacia la modificación conductual. Su origen puede rastrearse hasta las civilizaciones antiguas, donde fueron concebidas como lugares para separar a los infractores de las normas o disidentes de los regímenes de poder. En sus primeras formas, estos espacios eran rudimentarios, como cuevas o calabozos, en los que el castigo corporal se empleaba como medida correctiva para los actos considerados abominables (Rivas, 2012). El propósito de

las cárceles en sus inicios no era la rehabilitación, sino la venganza y el espectáculo público. Los métodos de tortura, brutales y degradantes, eran diseñados no solo para infligir dolor, sino también para entretener a la sociedad, sin un enfoque real en la justicia o la corrección. Foucault (1975) sostiene que estas formas de suplicio no solo reflejaban el dominio del Estado sobre los cuerpos, sino también una flagrante indiferencia hacia la dignidad humana. Bajo este sistema, las cárceles no ofrecían condiciones mínimas de vida, y mucho menos contemplaban la idea de rehabilitación, tal como se entiende hoy. En la actualidad, se hace imperativo diseñar esquemas de atención integral que garanticen la efectividad de los ejes de reinserción social establecidos en la Ley. Esto implica reconocer los múltiples factores que influyen en el bienestar de las personas privadas de la libertad y, por ende, en su salud. El análisis de los determinantes sociales de la salud se vuelve esencial para identificar las condiciones que afectan a las poblaciones penitenciarias. Adicionalmente, se destaca la necesidad urgente de reformar los programas de atención penitenciaria bajo un enfoque basado en las teorías del bienestar, con una evaluación objetiva de indicadores que permitan medir su impacto de manera efectiva. En este contexto, la salud penitenciaria emerge como un componente clave para el bienestar y la dignidad de los reclusos. El acceso a una atención integral debe ser considerado un derecho humano inalienable. Un estado deficiente de salud en los internos pone en evidencia el mal funcionamiento de las instituciones penitenciarias. Garantizar servicios médicos adecuados, educación en salud y condiciones sanitarias dignas dentro de los centros penitenciarios es esencial para lograr una rehabilitación efectiva. Las instituciones penitenciarias tienen la responsabilidad de proporcionar condiciones de vida dignas a las personas bajo su custodia, reconociendo su vulnerabilidad y la dependencia que tienen de estas instituciones para garantizar su bienestar.

OBJETIVO. Posicionar la salud penitenciaria como un componente esencial de los estudios de salud pública, analizando los determinantes contextuales que influyen en el proceso de salud-enfermedad dentro de los espacios de reclusión en los centros penitenciarios del Estado de Michoacán. Enfatizar en la importancia de integrar en los estudios de salud penitenciaria marcos teóricos que aborden líneas de estudio como determinantes sociales de la salud, teorías de desarrollo humano, salud pública, reinserción social, derechos humanos, y teorías del castigo para entender los espacios penitenciarios.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación incluye una revisión teórica exhaustiva de los determinantes sociales de la salud, las teorías del desarrollo humano y las teorías del castigo de Foucault y Arendt. Se evaluaron los determinantes sociales que afectan la salud de la población penitenciaria, buscando un enfoque holístico que integre la salud física, mental, emocional y social, además de vincular estos factores con los objetivos de reinserción social.

RESULTADOS. Diversos autores han señalado que los centros penitenciarios no han logrado desarrollar esquemas que efectivamente conduzcan a la rehabilitación de las personas privadas de la libertad (PPLs). Baratta (1986) sostiene que estos espacios, en lugar de fomentar la educación y la reinserción social, refuerzan dinámicas contrarias a estos objetivos. En el caso de México, las cárceles se caracterizan por ser entornos precarios, peligrosos y sobrepoblados, lo que las convierte en "escuelas criminales" en lugar de espacios de rehabilitación (Lamas, 2023). La ausencia de programas efectivos,

desde la desintoxicación por abuso de sustancias hasta el seguimiento de enfermedades no transmisibles, agrava la situación. Estas deficiencias se ven exacerbadas por la falta de bienes y servicios adecuados dentro de los centros penitenciarios. El Diagnóstico Nacional de Supervisión Penitenciaria, que abarca informes desde 2011 hasta 2023, ofrece un panorama de las condiciones internas de los centros penitenciarios. En este contexto, Michoacán presenta un promedio de calificación de 6.63, lo que indica una evaluación regular y deficiente de sus centros. Específicamente, el centro "Lic. David Franco Rodríguez" obtuvo una calificación de 6.73 en 2022, mientras que el Centro Penitenciario de Alta Seguridad para el Delito de Alto Impacto No. 1 recibió una calificación de 6.22 en el mismo año. Entre las principales deficiencias identificadas se encuentran: insuficiencia en los servicios de salud, hacinamiento, carencia de programas preventivos de educación en salud, deficiencia alimentaria y malas condiciones de higiene y materiales en las instalaciones, falta de capacitación del personal penitenciario, deficiencia en la atención de personas adultas mayores, deficiencia en programas de prevención de adicciones y desintoxicación voluntaria (CEDH, 2023).

El concepto de determinantes contextuales de la salud se refiere a las circunstancias en las que las personas nacen, crecen, trabajan, viven y envejecen (OMS, 2011). El Estado, como ente regulador de la función social, tiene la responsabilidad de garantizar servicios sanitarios organizados y especializados para prevenir enfermedades y restaurar la salud. En el caso de las instituciones penitenciarias, las condiciones diarias en las que se desarrollan las jornadas de los PPLs influyen directamente en su estado de salud, entendido como un equilibrio bio-psico-social (OMS, 2009). Estas condiciones son determinantes en el éxito del objetivo rehabilitador. La salud de las personas privadas de la libertad depende de una serie de servicios y condiciones que, al no ser adecuadamente atendidos, comprometen el respeto a sus derechos humanos y la función rehabilitadora de los centros penitenciarios. Ante el deterioro de la salud de la población reclusa, es urgente implementar acciones que aborden los determinantes de salud en este contexto, cambiando de un enfoque curativo a uno preventivo e integral. Este cambio debe basarse en la evaluación de la calidad de los servicios penitenciarios que impactan el bienestar diario de los internos.

CONCLUSIONES. Los hallazgos de esta investigación evidencian que los determinantes sociales de la salud en los centros penitenciarios del Estado de Michoacán, al igual que en las poblaciones libres, son elementos clave que condicionan la calidad de vida y el bienestar de las personas privadas de la libertad. Determinantes como la atención médica, la educación en salud, la infraestructura, el saneamiento básico y la alimentación juegan un papel fundamental en el proceso de salud-enfermedad dentro de estos espacios. La ausencia e insuficiencia se ha documentado en los centros penitenciarios evaluados, lo que visibiliza un entorno que vulnera los derechos humanos y contraviene los principios de rehabilitación y reinserción social. A partir de este estudio, resulta evidente la necesidad de profundizar en la investigación sobre la salud penitenciaria, integrando un enfoque más robusto que abarque los determinantes sociales de la salud y su interacción con las condiciones particulares de los centros de reclusión. Generar más estudios al respecto permitirá no solo una mayor comprensión de las dinámicas que influyen en la salud de las personas privadas de la libertad, sino también la formulación de políticas públicas, fortalecidas por teorías de bienestar que permitan acciones efectivas y justas. La inclusión

de estos aspectos en la agenda de salud pública es crucial para avanzar hacia un sistema penitenciario más humano y comprometido con la dignidad y el bienestar de las personas.

REFERENCIAS.

1. Comisión Nacional de Derechos Humanos. (2004). Informe Especial de la CNDH sobre la Situación de los Derechos Humanos en los Centros de Reclusión de la República Mexicana, dependientes de Gobiernos Locales y Municipales. Consultado el 02 de enero 2023, recuperado de: https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/Informes/Especiales/creclus/index.htm
2. Foucault, M. (1975) Vigilar y Castigar. Nacimiento de la prisión. México: Editorial Siglo XXI.
3. Lamas, E. (2023). La sobrepoblación en las cárceles y la necesidad de reformas estructurales. [Estudio sobre la crisis de sobrepoblación en los centros penitenciarios].
4. Lamas, S. (2023). “Análisis de la situación penitenciaria en México y su inmine nte transformación restaurativa”. Novum Jus 17, núm. 1 (2023): 283-309. https://doi.org/10.14718/NovumJus.2023.17.1.12
5. Baratta, A. (1986). Criminología crítica y crítica del derecho penal: Introducción a la sociología jurídico-penal. Siglo XXI Editores.
6. Ley Nacional de Ejecución Penal (2016) Diario Oficial de la Federación 16-06-2016, recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNEP_090518.pdf
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2009). Comisión sobre Determinantes Sociales de la Salud. https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/A62/A62_9-sp.pdf
8. Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2023). Análisis de los Programas de Rehabilitación y Reinserción en el Sistema Penitenciario Mexicano.
9. INEGI (2023). Estadísticas sobre el sistema penitenciario en México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 9: Resiliencia, Prosperidad Urbana, Desarrollo Humano, Educación de Calidad y Acceso a la Salud

Octubre, 2024

ID: CP0924124

CHATGPT COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA DE DATOS APLICADA AL LABORATORIO DE FÍSICA

Adrián Alonso López[1], Alfredo Raya Montaño[2], Jennifer López Chacón[3]
1Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2014865a@umich.mx
2Instituto de Física y Matemáticas Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alfredo.raya@umich.mx
3Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jennifer.lopez@umich.mx

Palabras Clave: ChatGPT, Laboratorio de Física, Análisis de datos.

RESUMEN. La inteligencia artificial tiene un gran potencial para transformar la educación. Este estudio explora el uso de ChatGPT como herramienta educativa en laboratorios de física para la enseñanza de ciencia de datos. Se presentan ejemplos donde ChatGPT asiste en el análisis estadístico, la visualización de resultados y la personalización del aprendizaje, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades en programación y análisis de datos. Los resultados preliminares sugieren que ChatGPT puede fortalecer la enseñanza práctica de la ciencia de datos en laboratorios, en particular en los de física, con potencial para expandirse a otras áreas de la educación científica.

INTRODUCCIÓN. La ciencia de datos combina métodos matemáticos, estadísticos y computacionales para analizar grandes volúmenes de información, identificar patrones y extraer datos relevantes (Cichy & Kaiser, 2019). En los laboratorios de física, su uso es crucial para interpretar fenómenos complejos, facilitando simulaciones, modelos predictivos y visualización avanzada. Además de mejorar el análisis experimental, la ciencia de datos permite realizar simulaciones y desarrollar modelos predictivos en áreas como la física de partículas y de materiales, optimizando los procedimientos experimentales (Carleo et al., 2019). La incorporación de estas técnicas en laboratorios de física transforma el análisis de resultados, ayudando a descubrir relaciones entre variables y mejorar la precisión de los hallazgos. El uso de algoritmos de aprendizaje automático, como los descritos por McKinney (2011), facilita la gestión de grandes datos y abre nuevas oportunidades de investigación. Este trabajo propone el uso de ChatGPT como herramienta educativa para enseñar a los estudiantes cómo aplicar la ciencia de datos en el análisis de resultados experimentales. Usando Python y sus librerías especializadas, se busca integrar estas técnicas en la enseñanza de la física experimental, fomentando habilidades clave en el manejo de grandes datos.

ANTECEDENTES. La ciencia de datos se ha vuelto esencial en diversas áreas, incluida la física, debido a la gran cantidad de datos experimentales que se generan en los laboratorios. Estas herramientas permiten un análisis eficiente, la identificación de patrones complejos y la implementación de simulaciones que mejoran la precisión experimental (Carleo et al., 2019). Python ha sido clave en este avance por su conjunto de bibliotecas,

como NumPy y Pandas para el manejo de datos, y Matplotlib y Seaborn para visualización. Además, SciPy y scikit-learn proporcionan algoritmos avanzados de análisis estadístico y aprendizaje automático, lo que facilita el modelado predictivo en física (Van Rossum & Drake, 2014). La integración de Python en la ciencia de datos ha transformado el trabajo experimental en física, agilizando el procesamiento de datos y permitiendo simulaciones de fenómenos físicos, lo cual ha revolucionado tanto la investigación como la enseñanza (Virtanen et al., 2020).

OBJETIVO. Demostrar cómo ChatGPT puede asistir en el análisis estadístico de datos experimentales, la visualización e interpretación de resultados del laboratorio de física.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para este estudio, se trabajó con un grupo de estudiantes de física, quienes realizaron experimentos en un laboratorio para recolectar datos experimentales sobre distintos fenómenos físicos (por ejemplo, la oscilación de un péndulo simple y la caída libre). Posteriormente, los estudiantes utilizaron ChatGPT como asistente para el análisis de dichos datos. El proceso incluyó:

Generación de Código: Con la asistencia de ChatGPT, los estudiantes desarrollaron un código para analizar datos experimentales de laboratorio, empleando bibliotecas como Pandas, NumPy y Matplotlib. Un ejemplo de esto fue el análisis de un experimento de caída libre, en el cual los estudiantes midieron tiempos de caída de un cuerpo desde distintas alturas. Con ayuda de ChatGPT, crearon un DataFrame de Pandas para organizar los datos, calcular la velocidad media y generar una gráfica de velocidad frente a tiempo, como se muestra en la Fig. 1.

```python
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Cargar los datos experimentales en un DataFrame
data = {'Altura (m)': [1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0],
        'Tiempo (s)': [0.45, 0.64, 0.77, 0.90, 1.02]}
df = pd.DataFrame(data)

# Calcular la velocidad media
df['Velocidad (m/s)'] = df['Altura (m)'] / df['Tiempo (s)']

# Graficar los datos
plt.plot(df['Tiempo (s)'], df['Velocidad (m/s)'], marker='o')
plt.xlabel('Tiempo (s)')
plt.ylabel('Velocidad (m/s)')
plt.title('Velocidad vs Tiempo en la Caída Libre')
plt.show()
```

***Figura 1**. Ejemplo de código para analizar una serie de datos en el experimento de caída libre.*

Análisis Estadístico: A partir de los datos procesados, los estudiantes realizaron análisis

estadísticos avanzados con la ayuda de ChatGPT. Un caso particular fue el uso de la regresión lineal para ajustar la relación entre la altura y el cuadrado del tiempo en experimentos de caída libre, lo que permite verificar la validez de la segunda ley de Newton en el contexto de la aceleración constante. ChatGPT proporcionó código utilizando scikit-learn para calcular la recta de mejor ajuste y determinar el coeficiente de correlación, ayudando a los estudiantes a interpretar los resultados y evaluar la precisión del experimento. Además, se calcularon las incertidumbres asociadas con las mediciones, proporcionando una evaluación cuantitativa de los errores experimentales. En la Fig. 2 se muestra un código ejemplo obtenido mediante el uso de ChatGPT.

```python
from sklearn.linear_model import LinearRegression

# Datos para la regresión: Altura vs Tiempo^2
X = df['Altura (m)'].values.reshape(-1, 1)
y = df['Tiempo (s)']**2

# Crear y ajustar el modelo de regresión lineal
model = LinearRegression()
model.fit(X, y)

# Predicción y coeficiente de correlación
y_pred = model.predict(X)
r_squared = model.score(X, y)

# Mostrar los resultados
print(f'Coeficiente de correlación: {r_squared}')

# Graficar los datos y la recta de mejor ajuste
plt.scatter(X, y, label='Datos experimentales')
plt.plot(X, y_pred, color='red', label='Recta de ajuste')
plt.xlabel('Altura (m)')
plt.ylabel('Tiempo^2 (s^2)')
plt.title('Regresión Lineal: Altura vs Tiempo^2')
plt.legend()
plt.show()
```

Figura 2. *Ejemplo de código para realizar una regresión lineal con Python.*

Visualización de Resultados: Una vez que los datos fueron procesados y analizados, ChatGPT asistió a los estudiantes en la creación de visualizaciones claras y comprensibles que representaran los resultados experimentales. Por ejemplo, en un experimento sobre la oscilación de un péndulo, los estudiantes midieron los periodos de oscilación para distintas longitudes de cuerda. Con ChatGPT, generaron gráficos que mostraban la relación entre el periodo y la longitud, destacando cómo las variaciones en la longitud afectan el tiempo de oscilación, esto se muestra en la Fig. 3. Estas visualizaciones no solo ayudaron a interpretar

los resultados de manera más eficiente, sino que también permitieron que los estudiantes comparen sus resultados experimentales con modelos teóricos.

```
# Datos del péndulo
data_pendulo = {'Longitud (m)': [0.5, 1.0, 1.5, 2.0],
                'Periodo (s)': [1.41, 2.01, 2.45, 2.83]}
df_pendulo = pd.DataFrame(data_pendulo)

# Graficar la relación entre Longitud y Periodo
plt.plot(df_pendulo['Longitud (m)'], df_pendulo['Periodo (s)'], marker='o')
plt.xlabel('Longitud (m)')
plt.ylabel('Periodo (s)')
plt.title('Relación entre Longitud y Periodo del Péndulo')
plt.show()
```

Figura 3. *Ejemplo de código en Python para visualizar los datos obtenidos de forma experimental para un péndulo.*

Automatización de Procesos: ChatGPT también fue utilizado para automatizar partes del flujo de trabajo en el laboratorio, como la generación automática de reportes y gráficos de resultados. Esto permitió que los estudiantes optimizaran el tiempo invertido en tareas operativas, como realizar cálculos repetitivos o crear gráficos individuales para cada conjunto de datos.
Las interacciones con ChatGPT se evaluaron en términos de su efectividad para resolver dudas en tiempo real, la claridad del código generado y la precisión de los resultados obtenidos.

RESULTADOS. Los resultados mostraron que ChatGPT fue una herramienta efectiva para asistir a los estudiantes en la generación de código y el análisis de datos experimentales. Los estudiantes reportaron que la herramienta facilitó la resolución de dudas técnicas, especialmente en la escritura de código para análisis complejos, lo que les permitió avanzar de manera más fluida en sus proyectos de laboratorio. La capacidad de ChatGPT para generar código y proporcionar asistencia inmediata mejoró la comprensión de los conceptos físicos, ya que los estudiantes pudieron centrarse en el análisis crítico en lugar de en los aspectos técnicos del procesamiento de datos. El análisis estadístico y la visualización de resultados fueron áreas donde ChatGPT demostró un impacto positivo. Los estudiantes, con la ayuda del modelo, pudieron realizar análisis estadísticos complejos y obtener visualizaciones claras que les permitieron interpretar con mayor precisión los resultados de sus experimentos. La herramienta también fue eficaz en la automatización de procesos, permitiendo la generación automática de reportes y gráficos, lo que redujo significativamente el tiempo dedicado a tareas operativas. En términos de personalización del aprendizaje, ChatGPT permitió que cada estudiante trabajara a su propio ritmo y recibiera respuestas adaptadas a sus necesidades individuales, lo que fomentó un entorno de aprendizaje más dinámico e interactivo.

CONCLUSIONES. La implementación de ChatGPT como herramienta educativa en los laboratorios de física, utilizando datos experimentales reales, ha demostrado ser efectiva

para asistir a los estudiantes en la generación de código, el análisis estadístico y la visualización de resultados. Este enfoque ha mejorado la comprensión de conceptos físicos complejos, desarrollado habilidades técnicas en programación y ciencia de datos, y ha promovido un entorno de aprendizaje más personalizado y adaptativo. Los beneficios de ChatGPT, como la automatización de tareas y la resolución de dudas en tiempo real, sugieren que tiene un gran potencial para revolucionar la enseñanza de la ciencia de datos en el contexto de laboratorios de física.

REFERENCIAS.

1. Carleo, G., Cirac, I., Cranmer, K., Daudet, L., Schuld, M., Tishby, N., ... & Zdeborová, L. (2019). Machine learning and the physical sciences. Reviews of Modern Physics, 91(4), 045002.
2. Cichy, R. M., & Kaiser, D. (2019). Deep neural networks as scientific models. Trends in cognitive sciences, 23(4), 305-317.
3. McKinney, W. (2011). pandas: a foundational Python library for data analysis and statistics. Python for high performance and scientific computing, 14(9), 1-9.
4. Van Rossum, G., & Drake Jr, F. L. (2014). The python language reference. Python Software Foundation: Wilmington, DE, USA.
5. Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., … & Van Mulbregt, P. (2020). SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. Nature methods, 17(3), 261-272.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024101

INNOVACIONES SOCIO TECNOLÓGICAS EN PRODUCTORES AGROALIMENTARIOS DE LA REGIÓN ORIENTE DE MICHOACÁN, REFLEXIONES DESDE LAS ECONOMÍAS ALTERNATIVAS

Jarintzi Hernández Castro, Yaayé Arellanes Cancino, Dante Ariel Ayala Ortiz3
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0468537x@umich.mx2
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yaaye.arellanes@umich.mx
3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; dante.ayala@umich.mx

Palabras Clave: Innovaciones socio tecnológicas, Productores agroalimentarios, Economía Social Solidaria.

RESUMEN. Como es bien sabido las innovaciones se relacionan con procesos de aprendizaje que buscan un cambio en el conocimiento, así las innovaciones socio-tecnológicas tienen un carácter epistemológico que permite entender los cambios desde diferentes perspectivas. En la presente investigación se plantea la necesidad de buscar enfoques económicos alternativos como lo es la economía social solidaria que busca el bien común bajo prácticas y valores como la solidaridad, el trueque y la construcción de relaciones entre las personas poniendo en el centro la reproducción de la vida. En este apartado se propone como objetivo general la identificación de innovaciones socio-tecnológicas dentro del territorio con la finalidad de visibilizar las prácticas de economía social solidaria en la región, así se articulan los resultados obtenidos de entrevistas a profundidad y de talleres relacionados con las innovaciones socio- tecnológicas realizados a productores agroalimentarios de Zitácuaro, Michoacán que forman parte de una tesis doctoral en economía social solidaria. Las categorías expuestas corresponden a las siguientes categorías: a) conocimiento, ciencia, tecnología e innovación, b) participación, ciudadanía y democracia y c) educación y relevancia social, como resultado se identificó la importancia de las redes familiares como principales formadores de acción en las innovaciones, también la pluriactividad de los productores agro alimentarios a través de prácticas agroecológicas que priorizan la vida antes que el capital y el empoderamiento colectivo resultante de estas actividades.

INTRODUCCIÓN. El concepto de innovación tiene su origen en el campo de la tecnología y la técnica, las tecnologías desempeñan un papel central en el papel en los procesos de cambio social que facilitan o dificultan su resolución (Thomas, 2012). Sin embargo la necesidad de dar respuesta a las problemáticas actuales hace necesaria una nueva contextualización del término (Vuotto, 2011). Avances conceptuales realizados en el campo aportan nuevos elementos para abordar la problemática desde puntos de vista más deterministas, tecnológicos o sociales. Desde esta perspectiva surgen tecnologías para la inclusión social que desarrollan, implementan y diseñan tecnologías orientadas a resolver problemas sociales y ambientales (Thomas, 2012).

ANTECEDENTES. El proceso de innovación tecnológica persigue los intereses de grupos específicos que se vinculan con fuerzas políticas y de instituciones en la lógica orientada por las ganancias. Las diversas crisis sociales y ecológicas son resultado de un sistema monopólico dominante que antepone el capital antes que el trabajo (Coraggio, 2011). Sin embargo, esta no siempre resuelve los retos y problemas sociales que aquejan a los territorios como la pobreza, exclusión, desigualdad, pérdida de empleos, de biodiversidad y contaminación. Por ello es necesaria la implementación y conocimiento de innovaciones igual de importantes como la innovación social que actualmente se considera uno de los pilares más importantes de transformación en los territorios (García-Flores y Palma, 2019). La innovación social tiene como objetivo promover desde la educación, el desarrollo sostenible, la democratización del conocimiento, valoración, acompañamiento técnico y superación de la pobreza involucrando la participación ciudadana y apropiación social del conocimiento (Ortega et al., 2019). Dentro de las innovaciones sociales podemos encontrar formas tangibles relacionadas con puestos de trabajo, productos, mejoramiento de las condiciones de vida e intangibles como la generación de vínculos de confianza, información y desarrollo de capacidades propias (Richer, 2005). Así pues son varias las formas como la ESS juega un papel importante dentro de la ciencia, tecnología e innovación, por ejemplo siempre se ha pensado que las innovaciones necesariamente son de forma tecnológica y que van de la mano de la ciencia sin embargo, en el caso de las ciencias sociales las innovaciones surgen desde sectores sociales de bajos recursos (Ortega et al., 2019). Así se pueden formar asociaciones que trabajen de forma solidaria y cooperativa teniendo un campo abierto a la innovación ya que dentro de ella se desarrollan nuevas formas de cooperación e interacción entre los individuos, además de que dentro de su estudio se incluyen diversos valores y prácticas que al no estar relacionados de forma directa con la economía convencional representan nuevas de concebir la reproducción de la vida (Ortega et al., 2019).

OBJETIVO. Identificar las innovaciones socios tecnológicos realizados por los productores agroalimentarios de Zitácuaro con base en: a) conocimiento, ciencia, tecnología e innovación, b) participación, ciudadanía y democracia y c) educación y relevancia social.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente proyecto forma parte de la tesis doctoral relacionada con prácticas y valores de la economía social solidaria en productores agroalimentarios de Zitácuaro. En este apartado se articula solo la categoría de innovaciones socio tecnológicas cuya identificación se dio en Zitácuaro, Michoacán entre el 2020 y 2023 a través de diagnósticos rápidos participativos, folletos, entrevistas formales y de oportunidad, así como dos talleres de innovación socio tecnológica en trabajo colaborativo con asociaciones civiles e instituciones educativas de la región. Los resultados que se presentan corresponden a productores de baja y mediana escala cuyas actividades y puntos de venta se encontraron en mercados locales e instituciones educativas. La metodología utilizada tiene sus fundamentos en la investigación acción participativa con el involucramientos de los productores agroalimentarios dentro de la investigación como sujetos actores en la creación de espacios económicos alternativos y cuyos resultados se mostrarán en posteriores documentos. Así mismo para la identificación de las innovaciones socio tecnológicas se desarrollaron categorías y dimensiones modificadas a lo propuesto por Delgado, 2007. Toda la información se registró en Word y el análisis de la información se hizo a través del programa Atlas.ti.

RESULTADOS. En este apartado se reflejan los resultados obtenidos de entrevistas a profundidad y dos talleres relacionados con las innovaciones socio tecnológicas realizas a productores agroalimentarios de Zitácuaro, Michoacán. Una de las características principales que resaltan al iniciar una innovación es el objetivo con el cual se relacionan, así algunas de las innovaciones socio tecnológicas surgen a partir de problemáticas relacionadas con la inseguridad y cuyo objetivo además de la necesidad es el economizar los gastos "Yo creo que también surgen la innovaciones como parte de una necesidad por ejemplo allá donde yo vivo hay muchos camiones y casi siempre los andan robando entonces un compañero vio una necesidad de ponerle como un tipo alarma a un tornillo en donde cada vez que se lo quieren robar se activa" (K.R., comunicación personal, enero de 2024). Otro punto importante son las problemáticas dentro de sus sistemas de producción con las cuales surgen actividades innovadoras que hacen frente a un sistema de mercado obligandolos a buscar alternativas a bajo costo y más sustentables "Le ponemos ácido fólico a la zarzamora antes de que saque la flor, un día nos acordamos que a las mamás les dan calcio para que retengan al bebé y dijimos pues hay que calarle a ver si funciona" (G.H., comunicación personal, diciembre de 2022). Las diferentes actividades en la región se reflejan en la pluriactividad de los productores en donde combinan negocios propios con actividades campesinas dentro de los cuales se transforma los productos derivados del campo. Con esta necesidad se utilizan como materias primas tintes de origen vegetal que además de facilitar el acceso a materiales a bajo costo disminuye el impacto en el ambiente, considerándose una permanente transformación en la producción que hace frente al sistema capitalista "Yo quiero integrar tintes naturales, yo sé que también ya otras personas lo hacen pero al menos aquí en la región yo no he visto tanto la incorporación de tintes" (J.G., comunicación personal, enero de 2024).

Los resultados de esta innovación se ven en la realización de artesanías con productos derivados del huerto y cuyo surgimiento se da desde una perspectiva afectiva y una necesidad relacionada con los hijos y la familia que provocan cambios en las relaciones comunitarias. Este proceso también existe dentro del sistema de producción en donde los grupos transforman los alimentos utilizándolos posteriormente para su comercialización a través de los cuales se crean vínculos entre los miembros de las familias, generando un proceso de aprendizaje y de cuidado que se comparte entre las familias y los clientes. Dentro de la pluriactividad se encuentran las cocineras tradicionales cuya innovación se refleja dentro de los espacios públicos de venta en donde se utilizan materiales sustentables en estufas hechas por ellas mismas de ladrillos, cemento para pegar los comales y leña para cocinar. Con respecto a la participación del estado ningún productor manifestó haber recibido atención en la generación de estas, evidenciando una necesidad de crear alianzas entre los actores sociales y el estado que visibilice e involucre la participación activa de las comunidades para la generación de innovaciones socio tecnológicas debido a que en ellas se abordan procesos económicos y sociales que reflejan el inexistente diálogo entre el estado actual y los actores de la economía social solidaria.

En la categoría de metodología participativa se considera importante la asociación entre los amigos y familiares con los que se hacen vínculos afectivos y solidarios que visibilizan los valores de la economía social solidaria, observándose la participación de las mujeres al crear alianzas en el proceso de innovación, por ejemplo se realizan diálogos de saberes con las tías que posteriormente ayudan en la comercialización de los productos. En el caso de los productores a mediana escala las innovaciones surgen en conjunto con la familia en

donde dentro del sistema de producción se observa la implementación de productos orgánicos que ayudan en el proceso de crecimiento de plantas de zarzamora. Esta remembranza hace alusión a los temas ambientales y su relación con la agroecología que constituye una propuesta del buen vivir iniciando un proceso innovador. En este marco los productos nuevos se generan con material natural del cual no se reconoce el valor por la comunidad y del cual sus usos tienen usos medicinales que son aprovechados por los productores locales. En el caso de los productores de mediana escala compartir el conocimiento obtenido también es un proceso generacional que se replica dentro del sistema de producción como un proceso pedagógico al valorar el esfuerzo realizado por los abuelos combinándose con nuevos aprendizajes tecnológicos. Esta combinación de saberes hace la necesidad de reflexionar sobre la generación de innovaciones en las que intervengan los conocimientos ancestrales de una forma objetiva sobre las prácticas monopólicas actuales de la región. De este modo existe un proceso pedagógico que se vincula con una forma de apropiación del conocimiento como forma de empoderamiento. Al realizar las innovaciones en repetidas ocasiones se verifica la eficiencia del mismo y se apropian del conocimiento, vinculación que se asocia con el trabajo en equipo que les permite enriquecerse de forma conjunta con los miembros más cercanos de la familia o amigos

CONCLUSIONES. El análisis de las innovaciones socio tecnológicas se hace necesario en la construcción de las economías alternativas, desde esta investigación se reflejan las necesidades en el surgimiento de estas. Desde el enfoque de la economía social solidaria es importante considerar las redes con las cuales surgen entre ellas las relaciones entre hijos, familias y amigos, de esta forma una innovación socio tecnológica no se plantea como una necesidad económica sino desde las necesidades de los sujetos que buscan resolver necesidades concretas y realistas más relacionadas con su realidad y territorios. Así se sugiere la búsqueda y análisis de otras formas de hacer economías y en donde se ponga en el centro a los sujetos haciéndolos participes de la investigación así como la retribución de los resultados obtenidos para que puedan ocurrir los procesos de empoderamiento colectivo en la construcción de las economías alternativas.

REFERENCIAS.

1. Coraggio, J. L. (2011). Economía Social y Solidaria: El trabajo antes que el capital. Editorial Abya-Yala.
2. Delgado (2007). Uma Metodologia de Análise das Tecnologias Sociais. Trabalho apresentado no XII Seminario LatinoIberoamericano de Gestión Tecnológica. Buenos Aires, Argentina
3. García-Flores, V., y Palma, M. L. (2019). Innovación social: Factores claves para su desarrollo en los territorios.
4. Ortega, H.A.J. Marín, V.K. (2019). La innovación social como herramienta para la transformación social de comunidades rurales. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 57, 87-99.
5. Richer, M. (2005). Innovación social y desarrollo local en un municipio andino. Cayapa. Revista Venezolana de Economía Social,5(9), 50-64.
6. Thomas, H. (2012). Tecnologías para la inclusión social en América Latina: de las tecnologías apropiadas a los sistemas tecnológicos sociales. Problemas conceptuales y soluciones estratégicas. G. Santos, y M. Fressoli (Eds.). Tecnología, desarrollo y democracia. Nueve estudios sobre dinámicas sociotécnicas de exclusión/inclusión social, 25-78
7. Vuotto M. (2011). La contribución de la investigación a las innovaciones el caso de las organizaciones de economía solidaria en Innovación y economía social solidaria, retos y aprendizajes de una gestión diferenciada.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024102

ANÁLISIS DE LA ESTRATIFICACIÓN ECONÓMICA EN MÉXICO: IMPACTO DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA EN LAS REGIONES NORTE, CENTRO Y SUR, EN EL CONTEXTO LIBERALISTA DE LA ECONOMÍA MEXICANA

Emiliano Villalobos Mejía1, Oscar Olivera Reyes2
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1628565a@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; osacar.olivera@umich.mx

Palabras Clave: Estratificación, Políticas, Apertura.

RESUMEN. El texto aborda la compleja estratificación económica en México, influenciada por la apertura comercial y las políticas públicas. A pesar de transformaciones significativas en décadas recientes, persiste la disparidad entre los estados y las regiones del país. La desigualdad económica, representada por la distribución desigual de ingresos, es una preocupación global, y en México, algunas regiones enfrentan mayores desigualdades que otras. La Inversión Extranjera Directa (IED), concentrada en el centro y norte del país, contribuye a esta estratificación económica y afecta la calidad de vida de la sociedad. Las políticas de liberalización comercial y financiera, iniciadas en la década de 1980, llevaron a una mayor apertura y atrajeron IED. Aunque se buscaba estabilidad macroeconómica, México experimentó fluctuaciones económicas, incluyendo crisis de deuda externa y financieras. La firma del Tratado de Libre Comercio con América del Norte en 1994 incentivó la IED y marcó un hito en la relación comercial con Estados Unidos y Canadá. Así la Inversión Extranjera Directa, experimentó un crecimiento significativo desde la firma del tratado, especialmente en sectores específicos y regiones como el norte de México, que se convirtió en parte de la cadena de valor de Estados Unidos.

INTRODUCCIÓN. La estratificación económica en México presenta unas complejas redes dinámicas que se extienden desde las regiones del norte hasta el sur, influenciados por factores clave como la apertura comercial, el desarrollo regional y las políticas públicas. A lo largo de las últimas décadas, México ha experimentado transformaciones significativas en su estructura económica, pero la disparidad entre las distintas regiones del país ha persistido. La desigualdad económica es representada por la distribución desigual de los ingresos siendo esta una de las principales problemáticas que aqueja a la población mundial, dentro de nuestro país las regiones que lo conforman presentan desigualdades de ingreso en unas regiones más que en otras. A partir de la apertura económica del país y tomando en cuenta el incremento de la IED la cual se concentra más en la región centro y norte, se ocasiona una estratificación económica la cual tiene una repercusión en la sociedad ya que la vuelve más vulnerable a desigualdades en cuanto a su calidad de vida. Por lo tanto la existencia de inversión extranjera directa incentiva la dinámica económica, y en cuestiones de desarrollo, cumple con la primera fase en la búsqueda del desarrollo

económico vinculado al crecimiento económico, mediante el uso del aparato estatal para su utilización de manera más ampliada, así una de las herramientas utilizadas por el gobierno mexicano que es la IED, para generar crecimiento económico a corto plazo desde las políticas de apertura y liberalización comercial y financiera.

ANTECEDENTES. En el año de 1986 debido a la integración de la economía mexicana en el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), con el principal objetivo de realizar el proceso de apertura comercial más específico, derivado de las políticas de carácter estructural, que influyeron principalmente en el aspecto financiero y comercial, aunque México ya había dado por iniciado hacia el año de 1980, continuó con su política de apertura comercial y financiera. Aunque se buscaba la estabilidad, México experimentó fluctuaciones económicas durante este período, incluida la crisis de la deuda externa en la década de 1980 y la crisis financiera de 1982, que llevaron a la implementación de reformas económicas y programas de ajuste estructural. La política comercial derivada de la imposición del nuevo modelo estructural para México, resultó en la adopción de una política de promoción de exportaciones para aumentar su presencia en los mercados internacionales, sin embargo no existía el sustento de dichas exportaciones por lo que la apertura financiera trajo consigo el inicio de una Inversión Extranjera Directa a gran escala ofreciendo incentivos a las empresas exportadoras, cambiando totalmente la política de incentivos a empresas nacionales para la satisfacción de demanda interna y consecuentemente de demanda externa, solo se centraba en mantener una presencia en el mercado internacional con los productos y bienes producidos en México. La configuración del aparato productivo, se vio afectado en gran manera, desarrollando territorios de especialización estableciendo zonas económicas especiales, esto explica la fuerte inversión en industria manufacturera que se realizó a finales de los años 90´s y principios de los 00´s. Esto reconfiguró el aparato productivo nacional como lo explica Pacheco P. (2004): La industria local ha sido destruida por la competencia derivada del uso de IED e insumos importados pues el alto contenido de insumos importados de los productos para la exportación ha interrumpido el funcionamiento de las cadenas productivas internas al desplazar y eliminar las empresas que producían para el mercado local, pero imposibilitadas para competir. México firmó el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá (TLCAN) en 1988, que entraría en vigor en 1994.Sin embargo, el Tratado de Libre Comercio con América del Norte, marcó un hito importante en la relación comercial de México con sus países vecinos y tuvo un impacto significativo en la economía mexicana además de incentivar la IED de manera impresionante. “El TLCAN se relaciona más con la atracción de IED y el acceso de Estados Unidos a los mercados financieros de México que al comercio internacional per se”. Pacheco P. (2004). Desde un punto de vista más generalizado, la IED, comenzó a crecer de manera importante a partir de la firma del tratado de libre comercio, es por ello que más allá de las políticas de liberalización comercial, influían de manera casi inmediata en aspectos financieros, pues hacia el año de 1993 antes de la firma del TLCAN, se había registrado un total 4,388.8 millones de dólares de Inversión Extranjera Directa, mientras que en el año de su firma en 1994, esta cifra se duplicó, con un total de 10,972.5 millones de dólares, según datos del Banco de México, es aquí el punto de inflexión de la Inversión Extranjera Directa en México. Además, se comenzó con la inversión en ciertos sectores específicos, y que configuraron regiones de cadena productiva con inversiones extranjeras, como lo es el norte de México, que continúa siendo una cadena de valor de los Estados Unidos.

OBJETIVO. El objetivo principal de la investigación es analizar la relación entre Inversión Extranjera Directa y la Estratificación Económica en México, considerando los factores de apertura comercial, desarrollo regional y políticas públicas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar los patrones de inversión extranjera directa en México y su distribución geográfica, en las diferentes regiones del país. Evaluar el impacto de la apertura comercial y las políticas de liberalización en la atracción de inversión extranjera directa y su efecto en la estratificación económica. Explicar la efectividad de las políticas públicas promoción de la inversión extranjera y la reducción de la desigualdad económica.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para comprobar las afectaciones que la IED, tiene en una economía abierta como lo es México, se tomaron 4 indicadores principales que utiliza el Instituto Mexicano para la Competencia mediante el índice de la competitividad regional, comparando cada Estado de la República y por consecuencia, cada región, en comparación con las demás. Según el Instituto Mexicano de la Competitividad, el Índice de Competitividad Regional (ICR) mide la capacidad de las zonas económicas para generar, atraer y retener talento e inversión. Una región competitiva es aquella que consistentemente resulta atractiva para el talento y la inversión, lo que se traduce en mayor productividad y bienestar para sus habitantes. Para medir esto, el Índice evalúa tres regiones a través de 34 indicadores categorizados en cuatro temas. Además, se señala el desempeño de cada región de acuerdo con su posición en cada una de las métricas con respeto al resto de las zonas: Calidad de vida, Gestión Gubernamental, Desarrollo Sostenible: Infraestructura y Seguridad. De acuerdo con el Instituto mexicano para la competencia (IMCO) (), la regionalización de México de áreas de oportunidad para su crecimiento y desarrollo, se divide en tres regiones: Norte, Centro y Sur. Las cuales están Comprendidas, de la siguiente manera. Región Norte: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Zacatecas. Región Centro: Aguascalientes, CDMX, Colima, Edomex, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro. Región Sur: Campeche, Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán.

RESULTADOS. Durante el periodo comprendido entre el año de 1999 y 2023, se invirtió en el país de inversión extranjera directa por $708,850,230,217.87 millones de dólares. Lo que representa un porcentaje 2.64% en promedio respecto a su participación en el PIB, durante el mismo periodo comprendido. Desde el periodo comprendido entre 1999 al 2023, de la inversión extranjera que se ha destinado al país con un total de $708,850,230,000.00 de dólares, se ha concentrado en la región centro con un total de $343,425,810,000.00 de dólares; después la región Norte, captando $273,668,920,000.00 de dólares; siendo la región sur, quien recibe menor inversión extranjera directa con $91,755,500,000.00 de dólares. Por entidad federativa, en el año 2023, el 35.21% del total se registró en la Ciudad de México, seguido por Nuevo León (9.62%), Baja California (5.04%), Jalisco (4.79%) y Estado de México (4.528%), siendo los estados más representativos, certificándose en el Centro-Norte del país según la Secretaría de Economía.

Regiones con mejores y peores. Resultados sobre el tema 2022. De acuerdo al IMCO, el análisis de gestión de inversión extranjera, concuerda con los resultados que se

proyectaban, las regiones que reciben mayor inversión, presentan una mejor calidad de vida, y los factores que rodean dichas regiones son más estables que en regiones donde es menor esta inversión.



Tema	Mejor región	Peor región
Calidad de vida	Centro	Sur
Gestión gubernamental	Norte	Sur
Desarrollo sostenible	Norte	Sur
Infraestructura y seguridad	Norte	Sur

Figura 1

Como se puede observar (fig. 1), la región Centro presenta la mejor calidad de vida, pues es la que recibe mayor inversión extranjera directa, que como ya se mencionó con anterioridad promueve una mejor dinámica económica, y así puede acercarse al desarrollo de un estado o de una región. Mientras que los factores de desarrollo sostenible, gubernamental y de infraestructura, se quedan con la región Norte, donde se presenta una gran concentración de IED, y la región Sur, que recibe menor inversión, es la peor en todos los indicadores.

CONCLUSIONES. La idea de atraer Inversión Extranjera Directa, se ha convertido en un tema de moda en la actualidad para México, ya se demostró que esta tiene un gran impacto sobre la cadena productiva y de valor de los estados y de las regiones de México, sin embargo, cabe resaltar que esto se convierte en un tema cada vez más agudo, pues, las políticas públicas y las políticas económicas así como de ajuste macroeconómico, tienden a volver a México cada vez más dependiente de gestores y administradores extranjeros, mientras que la política interna está cada vez más olvidada en un marco más liberalista y aperturista, consecuencia de los años de ajuste estructural de los años 80´s y 90´s. Como menciona Carbaugh R. (1999), “La apertura hace a una economía nacional, vulnerable, a las perturbaciones originadas en el exterior”. Los estados y regiones más competitivas resultan ser pues influenciadas por la Inversión Extranjera, que en todo caso son aquellos lugares donde mejor convenga para la firma trasnacional, el problema radica en que el Estado Mexicano, no está haciendo nada para contrarrestar esta parte en cuanto a los estados que no reciben más IED, aunado a que la política interna de México es totalmente inadecuada. Según De la Cruz et. al. (2006), “el proceso de apertura e integración económica ha implicado una mayor dependencia de la economía mexicana hacia los ciclos económicos y flujos financieros del exterior, particularmente de Estados Unidos”. Por lo tanto expresar que las políticas de apertura comercial y financiera incentivaron de manera impresionante la IED, y que consecuentemente, volvieron dependiente el sistema productivo mexicano. Además, esto solo recalca la idea que la política pública, necesita

pensar de manera más objetiva en cuanto al desarrollo de los estados y de las regiones para reducir la estratificación que provoca el incentivar con inversión solo una región o sólo un estado.

REFERENCIAS.

1. Pacheco P. (2004: 86) Liberalización de la política comercial y crecimiento económico de México, Disponible en: (PDF) Liberalización de la política comercial y crecimiento económico de México (researchgate.net).
2. Pacheco P. (2004: 90) Liberalización de la política comercial y crecimiento económico de México, Disponible en: (PDF) Liberalización de la política comercial y crecimiento económico de México (researchgate.net).
3. Banco de México (2023). Recuperado de https://www.banxico.org.mx
4. Instituto Mexicano para la Competencia (IMCO) (2022: 01). COMPETITIVIDAD REGIONAL: IMPULSANDO EL DESARROLLO DEL PAÍS. Recuperado de: https://imco.org.mx/indice-de competitividad-estatal-2022
5. Instituto Mexicano para la Competencia IMCO (2023). Recuperado De: https://imco.org.mx
6. Secretaría de Economía (2023). Recuperado de: https://e.economía.gob.mx
7. Carbaught R. (1999: 5), Economía Internacional, Internacional Thompson Editores, (6).
8. De la Cruz, J., Núñez, J. (2006), Comercio internacional, crecimiento económico e inversión extranjera directa: evidencias de causalidad para México, Revista de Economía Mundial, (núm. 15), 181-202.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024108

ELABORACIÓN DE UN PAN DE CAJA COMO ALIMENTO FUNCIONAL ENRIQUECIDO CON JÍCAMA *(Pachyrhizus erosus)*

Yolanda Patricia García Aguirre
1Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia; yolanda.ga2@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Viabilidad técnica, alimentos funcionales, jícama, pan de caja.

RESUMEN. El presente trabajo presenta un estudio de viabilidad técnica para una planta productora de pan de caja enriquecido con jícama, siendo innovador dentro del desarrollo regional. Este proyecto se basa en la creciente demanda de productos nutritivos, particularmente alimentos funcionales, que tienen impacto positivo en la salud por reducir el riesgo de enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión y obesidad. Para que un alimento sea considerado funcional, es fundamental modificar su composición mediante la reducción, adición o eliminación de ciertos componentes, en este caso a través del enriquecimiento con jícama (Pachyrhizus erosus), una fuente natural de fructooligosacáridos (FOS) e inulina, ambos conocidos por sus propiedades prebióticas.
El objetivo de esta investigación es aprovechar el jarabe y la harina de jícama como sustitutos parciales del azúcar y la harina de trigo en la elaboración de pan de caja, transformándolo en un alimento funcional. La metodología empleada incluye extracción de jugo de jícama, seguido de filtración y evaporación para concentrar los azúcares hasta 70-72° Brix. Paralelamente, se obtiene la harina mediante el secado y molienda del bagazo residual. Estos ingredientes se integran en la preparación del pan siguiendo operaciones como la molienda, mezclado de polvos, amasado, moldeo, refrigeración, corte; y procesos químicos como la fermentación y la cocción. La adición de jarabe y harina de jícama es en proporciones optimizadas. Los resultados indicaron que una relación de 9:1 entre harina de trigo y harina de jícama mejora tanto el proceso de fabricación como la aceptación sensorial del producto. Este proyecto no solo demuestra la factibilidad técnica de la propuesta, sino que también subraya su potencial para fomentar el desarrollo tecnológico y económico en el Estado de Michoacán, al ofrecer un producto alineado con las normativas nacionales y capaz de abastecer al mercado local con un alimento de calidad y valor añadido.

INTRODUCCIÓN. El desarrollo de alimentos funcionales ha ganado relevancia en la industria alimentaria, debido a la creciente demanda de productos que, además de aportar nutrientes esenciales, ofrecen beneficios adicionales para la salud. Un ingrediente destacado en este ámbito es la jícama (Pachyrhizus erosus), un tubérculo rico en fibra dietética y compuestos bioactivos, especialmente fructooligosacáridos (FOS) e inulina, los cuales promueven efectos prebióticos en el organismo (Aguirre et al., 2018). La inclusión de jícama en productos horneados como el pan de caja responde a la necesidad de diversificar las fuentes de fibra y prebióticos en la dieta, en conformidad con la NOM-247-SSA1-2008, que regula la calidad sanitaria y nutricional de los productos derivados de

cereales. La jícama es una fuente natural de fructanos, como los FOS, que no solo mejoran la salud intestinal al estimular el crecimiento de bacterias benéficas, sino que también reducen el índice glucémico de los alimentos (Gómez & Costell, 2019). Estos compuestos son cruciales en alimentos funcionales, ya que facilitan la absorción de minerales como calcio y magnesio, y previenen enfermedades metabólicas como la diabetes tipo 2 y la obesidad (Slavin, 2013). Además, la jícama contiene antioxidantes y vitaminas que refuerzan sus propiedades nutricionales, convirtiéndola en un ingrediente ideal para mejorar la calidad de productos horneados. Este estudio evaluó la viabilidad de usar harina de jícama como sustituto parcial de la harina de trigo y jarabe de jícama como reemplazo total del azúcar en pan de caja, buscando optimizar sus propiedades funcionales sin comprometer las organolépticas. La sustitución parcial de harina de trigo por harina de jícama enriquece el pan con fibra dietética y mejora la sostenibilidad, aprovechando subproductos como el bagazo de jícama (Noriega et al., 2020). El jarabe de jícama, con bajo índice glucémico, es ideal para consumidores preocupados por regular sus niveles de glucosa en sangre (Martínez-Gutiérrez & Pérez-Lizaur, 2021). Se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y bromatológicos para asegurar que el pan cumpla con los estándares de calidad. Las propiedades sensoriales, como sabor, textura y color, fueron evaluadas en pruebas de degustación, asegurando la aceptación del producto en comparación con panes tradicionales, maximizando su viabilidad comercial (Velázquez et al., 2022).

ANTECEDENTES. La investigación sobre la jícama (Pachyrhizus erosus) ha demostrado su capacidad para mejorar las propiedades nutricionales y organolépticas en diversas formulaciones alimentarias. Ortiz (2014) desarrolló un caramelo dietético utilizando fructooligosacáridos (FOS) de la jícama, resaltando su bajo contenido calórico, ideal para personas con diabetes. Colcha (2015) empleó harina de jícama en galletas, logrando un aumento en el contenido de vitamina C sin alterar las propiedades sensoriales. Zura (2016) evaluó el jarabe de jícama como sustituto del azúcar en yogurt de fresa, encontrando que un reemplazo del 75% mejoró el valor nutricional y la apariencia. Enríquez (2018) sustituyó el azúcar con jarabe de jícama en leche condensada, logrando un mayor contenido de fibra, aunque con menor aceptación sensorial. Puetate (2019) caracterizó una pasta con un 15% y 25% de harina de jícama, mejorando los valores nutricionales sin afectar las propiedades organolépticas. Estos estudios respaldan el uso de la jícama en alimentos funcionales, evidenciando que puede mejorar la calidad nutricional y mantener las expectativas sensoriales del consumidor, lo que justifica su aplicación en el desarrollo de un pan de caja enriquecido con este ingrediente.

OBJETIVO. El objetivo general de este estudio fue desarrollar un pan de caja como alimento funcional, enriquecido con jícama (Pachyrhizus erosus), utilizando harina de jícama como sustituto parcial de la harina de trigo y jarabe de jícama como sustituto total del azúcar, con el fin de mejorar las propiedades nutricionales y funcionales del producto final. Se efectuó un análisis logístico para ubicar la planta de producción en Michoacán, junto a un estudio de mercado para identificar las preferencias del consumidor. Se implementó un proceso de producción industrial seleccionando a los equipos idóneos que permitieran la elaboración del producto cumpliendo con la normativa de productos de panificación. El jarabe de jícama se obtuvo mediante extracción y condensación, mientras que la harina provino del bagazo desecado y molido, logrando su integración en

formulaciones enriquecidas con fructooligosacáridos (FOS) e inulina. Se realizaron pruebas nutricionales para cumplir con normativas de alimentos funcionales, y un panel de degustación verificó la calidad sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un estudio de mercado en el Estado de Michoacán mediante una encuesta estructurada en formato digital para identificar las preferencias de los consumidores en relación con un pan de caja enriquecido con jícama (Pachyrhizus erosus). El cuestionario incluía preguntas sobre datos demográficos, como sexo y edad, así como hábitos de consumo, frecuencia semanal de compra y preferencia entre pan industrial o casero. También se investigó el interés en la revisión de etiquetas, búsqueda de beneficios nutrimentales, lugares de compra habituales, preferencia de sabor, tamaño del producto (260 g), precio y la aceptación de un pan sin azúcares añadidos con sustitución parcial de harina de trigo por jícama.
Elección de la ubicación óptima para la planta de producción. Para la localización óptima de la planta productiva del pan enriquecido con jícama en el Estado de Michoacán, se empleó el modelo de ponderación de factores de Fishbein, basado en la variación de Brown y Gibson, método mencionado por Carro y González (2012). Se evaluaron tres posibles ubicaciones: Morelia, Uruapan del Progreso y Apatzingán de la Constitución, seleccionadas por sus características económicas, proximidad a proveedores y potenciales mercados. Los factores considerados incluyen proximidad al mercado potencial, cercanía a los proveedores de jícama, costos de materias primas, costos de instalación, transporte, legislación medioambiental y calidad de vida. A cada sitio se le asigna una puntuación ponderada según la ecuación propuesta, obteniendo así una valoración global para cada ubicación.
Propuesta de diseño del proceso de producción a escala industrial. Para la logística de la toma de decisiones óptimas de la selección de los equipos industriales para elaborar el producto, se consideraron las operaciones unitarias y procesos químicos requeridos (Geankoplis, 2000), siendo los principales: extracción de jugo de jícama, concentración de jarabe en función de los azúcares, pesado, mezclado, amasado, cortado, transporte, moldeado, fermentación, adhesión de hierbas de cobertura, horneado, refrigeración, acondicionado de producto en piezas individuales, transporte para distribución a venta.
Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, bromatológicas y organolépticas del producto. En el rubro de evaluar la calidad del producto se siguieron los métodos de prueba, disposiciones para harinas y productos de panificación dados por la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008.

RESULTADOS. Los resultados de la encuesta **del estudio de mercado**, aplicada a una muestra representativa de consumidores del Estado de Michoacán, con un total de 1,200 encuestados, revelaron varias preferencias claves para el desarrollo del producto. La mayoría de los respondientes fueron mujeres (67%) y personas entre los 20 y 29 años. El 32% consume pan de caja 2-3 veces por semana, prefiriendo productos elaborados de manera artesanal (31%). Además, el 69% indicó que revisa los ingredientes, mientras que el 64% desconoce los beneficios nutricionales de la jícama. Sin embargo, el 79% mostró interés en adquirir un pan con jícama. El sabor preferido fue con toque de hierbas (37%) y el tamaño más solicitado fue de 260 g (52%), con un precio preferido de $30-35 (60%).
La **elección de la localización óptima para la planta productiva** del pan funcional enriquecido con jícama se realizó mediante el modelo de Fishbein con variación de Brown

y Gibson, aplicando una ponderación a los factores clave. Los sitios evaluados fueron Morelia, Uruapan y Apatzingán. De acuerdo con los resultados obtenidos, Morelia obtuvo la mayor puntuación global (3.85), destacándose por su cercanía al mercado potencial y a los proveedores, lo que reduce los costos de transporte y garantiza el suministro de materia prima. Apatzingán obtuvo un puntaje cercano (3.8), mientras que Uruapan se ubicó en tercer lugar con 3.38.

La **selección de los equipos industriales para la producción de pan** se realizó mediante una evaluación técnica de las operaciones unitarias involucradas. En la Fig. 1 se muestra la transformación de las materias primas hasta la obtención del producto terminado.



Figura 1. *Elaboración del pan de caja enriquecido con jícama (todos los derechos)*

Para la extracción del jugo de jícama, se optó por un extractor de prensado hidráulico, asegurando una alta eficiencia. El concentrado de jarabe se lleva a cabo en evaporadores de circulación forzada, logrando concentraciones de 70-72° Brix. Los equipos de pesado, mezclado y amasado, como las mezcladoras planetarias y amasadoras de doble brazo, fueron elegidos por su capacidad de producción continua. El corte y transporte de la masa se efectúan mediante guillotinas automáticas y cintas transportadoras. Para moldeado y fermentación, se seleccionaron moldes de acero inoxidable y cámaras controladas. El horneado se realizará en hornos de túnel, y las etapas finales de enfriamiento y acondicionamiento se ejecutarán en cámaras de enfriamiento rápido y selladoras al vacío, asegurando la preservación y homogeneidad del producto.

En la evaluación de calidad, la formulación con una proporción de 9:1 entre harina de trigo y harina de jícama mostró las mejores **características fisicoquímicas y organolépticas.** El pan conservó una textura esponjosa, miga uniforme, sabor fresco y aroma a pan recién horneado. Su elasticidad permitió recuperar la forma tras ser comprimido, reteniendo la humedad sin volverse seco. Además, presentó una cohesividad adecuada para evitar que se desmoronara y una masticabilidad suave pero firme. Los parámetros bromatológicos y microbiológicos muestran que, en comparación con un pan patrón, el pan funcional presenta menores niveles de sodio, grasas, mayores cantidades de fibra, y reducción en la cantidad de carbohidratos, azúcares y aporte energético. Estos resultados se detallan en la tabla 1.

Parámetro	Pan blanco patrón	Pan de caja con jícama
Contenido energético (kcal/100g)	251	213.7
Proteínas (g/100g)	8.9	7.5
Grasas (g/100g)	2.9	2.4
Carbohidratos (g/100g)	47.3	40.6
Azúcares (g/100g)	10.2	8.7
Fibra (g/100g)	2.3	3.0
Sodio (mg/100g)	470	386.3
Mesófilos aerobios, coliformes totales	Cumple	Cumple

Tabla 1. *Parámetros bromatológicos y microbiológicos*

CONCLUSIONES. Los resultados del estudio de mercado mostraron un alto interés en el pan enriquecido con jícama, especialmente entre mujeres jóvenes y consumidores de productos artesanales. Morelia se identificó como la ubicación óptima para la planta productiva, por su cercanía al mercado y proveedores, lo que reduce costos y asegura un suministro constante. Los equipos seleccionados garantizan eficiencia y calidad en la producción. La formulación de pan con una proporción de 9:1 entre harina de trigo y harina de jícama presentó excelentes características fisicoquímicas y organolépticas, destacando por su textura, sabor y valor nutricional mejorado. El pan funcional mostró beneficios significativos, como menores niveles de sodio y grasas, y mayores cantidades de fibra, cumpliendo con los objetivos del desarrollo de alimentos funcionales.

REFERENCIAS.

1. Aguirre, J., Martínez, R., & Rodríguez, F. (2018). Potencial prebiótico de los fructooligosacáridos en alimentos funcionales. Revista de Nutrición Clínica, 29(2), 123-135.
2. Carro, R. y González, D. (2012). Localización de Instalaciones. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.
3. Colcha, M. (2015). Utilización de la harina de jícama para la elaboración de galletas.
4. Enríquez, P. (2018). Evaluación de jarabe de jícama como sustituto total de azúcar en leche condensada.
5. Geankoplis, CJ (2000). Procesos de transporte y operaciones unitarias (3ra ed.). CECSA.
6. Gómez, E., & Costell, E. (2019). Fibra dietética en productos horneados: Un enfoque desde los prebióticos. Revista de ciencia de los alimentos, 84(3), 757-767.
7. Martínez-Gutiérrez, L., & Pérez-Lizaur, M. (2021). El impacto de los edulcorantes naturales en el índice glucémico de alimentos funcionales. Nutrición Hoy, 45(1), 30-38.
8. Noriega, G., Mejía, S., & Ramírez, P. (2020). Aprovechamiento de subproductos de la jícama en la industria alimentaria: Un enfoque de sostenibilidad. Innovación y Desarrollo Alimentario, 32(4), 210-220.
9. Ortíz, F. (2014). Diseño de un proceso para la obtención de un caramelo dietético a partir de la jícama (Smallanthus sonchifolia).
10. PROFECO. (2024, abril). Estudios de calidad: Pan de caja. Revista del consumidor.
11. Puetate, J. (2019). Caracterización fisicoquímica y nutricional de una pasta elaborada con harina de jícama (Smallanthus sonchifolius) como sustituto de la harina de trigo.
12. Secretaría de Salud. (2009). NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o sémolas. Alimentos a base de cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o sémolas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutricionales. Métodos de prueba. https://www.dof.gob
13. Slavin, J. (2013). Fibra dietética y regulación del peso corporal. Nutrition, 29(3), 1-4.
14. Velázquez, D., López, A., & Hernández, M. (2022). Evaluación sensorial de alimentos funcionales enriquecidos con jícama: Un estudio de aceptación del consumidor. Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 41(2), 180-189.
15. Zura, G. (2016). Uso de jarabe de jícama (Smallanthus sonchifolius) como sustituto parcial y total del azúcar en la elaboración de yogurt de fresa.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024109

RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL MANGO (MANGIFERA INDICA L.) DE MANEJO ESPECIAL

Jaquelin Tovar Escobedo, José Apolinar Cortes
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1717033d@umich.mx2
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.apolinar@umich.mx

Palabras Clave: Mango, Residuo, Manejo Especial, Lineamientos.

RESUMEN. El mango (Mangifera indica L) es uno de los frutos tropicales más importantes en el mundo. Particularmente, México se encuentra entre los cinco países de mayor producción con más de 2 millones de toneladas anuales. Entre las variedades más cultivadas se encuentra el mango Ataulfo (30 %), Kent (15 %), Tommy Atkins (14 %), Haden (10 %), Keitt (6 %) e incluyendo otros (25 %). Anualmente, más de 320 mil toneladas de mango son destinadas a la industria para la extracción de pulpa, necesaria para la producción de jugos, mermeladas, helados y productos congelados. Recientemente se ha demostrado que entre el 40 a 60 % de mango procesado es emitido en forma de residuo. Específicamente, en Zamora perteneciente a la Región I Lerma-Chapala del Estado de Michoacán, existe una gran problemática acerca de la generación de residuos emitidos por las industrias procesadoras de mango, detectando hasta el momento, 14 naves industriales con la capacidad de generar diariamente 207 toneladas de residuos, que de acuerdo al reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), artículo 5 fracción XXX, pertenecen a residuos de manejo especial al ser generados en cantidades superiores a 10 toneladas anuales, susceptibles de una valorización. En conclusión, estos materiales poseen un alto potencial de aprovechamiento en la industria de celulosa al presentar estructuras lignocelulósicas resistentes a la degradación y presentar un elevado contenido de humedad.

INTRODUCCIÓN. El mango es un fruto tropical de interés comercial, su estructura está compuesta por cáscara, pulpa, endocarpio y semilla (Figura 1) (SIAP, 2018).



Figura 1. *Estructura el mango.*

Particularmente, el endocarpio de mango posee una estructura compuesta por los tres biopolímeros más abundantes de la naturaleza; celulosas, hemicelulosas y lignina (Cortés-Ortiz, 2014), resistentes a la degradación, dificultando su descomposición y por consecuencia, reduciendo la capacidad de confinamiento de los rellenos sanitarios.

ANTECEDENTES. El Mango es un fruto tropical originario de la India que actualmente es posible encontrar en más de 70 países (Galán-Saúco, 2009), su producción global supera 50 millones de toneladas anuales; entre las principales regiones de mayor producción se encuentra India, Indonesia y México con 45.1 %, 6.6 % y 4.3 %, respectivamente, aportando el 56.1 % de la producción mundial (Bastida-Cañada, 2023). Particularmente, México produce más de 2,180,000 de toneladas de mango anualmente, en 23 estados de la república (SADER, 2020), los estados de mayor producción son Guerrero (19 %), Sinaloa (18.7 %), Nayarit (15.6 %), Chiapas (12.6 %), Oaxaca (9,9 %) y Michoacán (8.8 %), entre otros (SIAP, 2022). Entre las variedades más cultivadas se encuentra el mango Ataulfo (30 %), Kent (15 %), Tommy Atkins (14 %), Haden (10 %), Keitt (6 %) e incluyendo otros (25 %), lo que permite contar con una producción la mayor parte del año (EMEX, 2019).
Actualmente, más de 480 mil toneladas anuales de mango son destinadas al mercado internacional, mientras que, 320 mil toneladas son industrializadas para la obtención de pulpas, generando entre un 40 a 60 % de residuos (Pacheco-Jiménez et al., 2022), que, de acuerdo al reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, artículo 5 fracción XXX son clasificados como de manejo especial al ser generados en cantidades superiores a 10 toneladas anuales, tal como lo señala la NOM-161-SEMARNAT-2011.
Particularmente, en Zamora perteneciente a la Región I Lerma-Chapala del Estado de Michoacán, existe una gran problemática acerca de la generación de residuos emitidos por las industrias procesadoras de mango, detectando hasta el momento, 14 naves industriales con la capacidad de generar diariamente 207 toneladas de residuos (López-Sosa et al., 2024), dificultando su disposición en rellenos sanitarios. A diferencia de la cáscara, pulpa y semilla, el endocarpio de mango presenta una estructura lignocelulósica (Fadeyi & Akiode, 2023), resistente a la degradación enzimática, misma característica que promueve su lenta degradación (Lan et al., 2024) y, a consecuencia, los rellenos sanitarios utilizados para su confinamiento pierden volúmenes significativos de espacio destinado al almacenamiento permanente de residuos.

OBJETIVO. Demostrar el potencial de los residuos de mango como materias primas de segunda generación, mediante la extracción química de pulpa celulósica a partir del endocarpio de mango.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se colectaron endocarpios de mango en sitios encargados del aprovechamiento de pulpas, se determinó su contenido de humedad y cenizas de acuerdo a las normas ISO-18134-1:2022 e ISO-18122:2022. El proceso de extracción química de pulpa celulósica utilizó exclusivamente la etapa de pulpeo y enjuague. La cuantificación del rendimiento se realizó mediante un análisis gravimétrico y para determinar la cantidad de lignina residual se utilizó la norma TAPPI T 236 cm-99 1999.

RESULTADOS. Después de la digestión realizada en condiciones ácidas, se obtuvo un rendimiento de obtención de fibra superior al 50 %, la pulpa celulósica obtenida presentó

una coloración blanquecina (Figura 2), de reducido contenido de lignina, inferior a un número de Kappa 3.



Figura 2. *Pulpa celulósica obtenida del proceso de digestión en medio ácido.*

CONCLUSIONES. Los residuos agroindustriales de mango son materiales clasificados como de manejo especial, de acuerdo a la LGPGIR, estos materiales son susceptibles de una valorización. El endocarpio de mango es un material de estructura lignocelulósica con potencial de aprovechamiento para la industria de pulpa y papel.

REFERENCIAS.

1. Bastida Cañada, O. A. (2023, 14 diciembre). Estadísticas mundiales de producción de mango. Blog Agricultura. https://blogagricultura.com/estadisticas-mango-produccion/
2. Cortes-Ortiz, W. G. (2014). Tratamientos Aplicables a Materiales Lignocelulósicos para la Obtención de Etanol y Productos Químicos. Revista de tecnología, 13(1), 39-44. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6041572.pdf
3. EMEX, A. (2019). Temporadas y tipos de mango en México. https://www.mangoemex.com/temporadas-tipos-de-mango-mexico/.
4. Fadeyi, A. E., & Akiode, S. O. (2023). Analysis and characterization of lignocellulosic biomass extracted from selected agricultural wastes. En IntechOpen eBooks. https://doi.org/10.5772/intechopen.112954
5. Galán-Saúco, V. (2009). El cultivo del mango (2ª ed). Mundi-prensa. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=y-ZDfynZQwkC&oi=fnd&pg=PP1&dq=mango+fruto+tropical&ots=QDxVeaEHOT&sig=pUaCX01W5FjIxrURrEwyoezohFg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
6. ISO 18122:2022 Solid biofuels — Determination of ash content. https://www.csagroup.org/store/product/iso_083190/
7. ISO 18134-1:2022. Solid biofuels — Determination of moisture content. https://iso.org/standard/83191.html
8. Lan, X., Fu, S., Song, J., Leu, S., Shen, J., Kong, Y., Kang, S., Yuan, X., & Líu, H. (2024). Structural changes of hemicellulose during pulping process and its interaction with nanocellulose. International Journal of Biological Macromolecules, 255, 127772. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127772
9. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos [LGPGIR]. 2003. Reformada, Diario Oficial de la Federación (DOF), l 8 de octubre, (México).
10. López-Sosa, L. B., Santibáñez-Rocha, G. A., Morales-Máximo, M., González-Carabes, R., Rutiaga-Quiñones, J. G., Bustamante, C. A. G., Pintor-Ibarra, L. F., Ramos, I. S., Reyes, C. I. V., Del Carmen Rodríguez Magallón, M., & Trujillo, S. L. H. (2024). Evaluation of the Energy Potential of Agro-industrial Waste from Mangifera indica L. in Zamora, Mexico: Perspectives for the Management of Solid and Liquid Biofuels. BioEnergy Research. https://doi.org/10.1007/s12155-024-10774-z
11. NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para
12. clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuales estan sujetos a
13. plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusion o
14. exclusion a dicho listado; asi como los elementos y procedimientos para la
15. formulacion de los planes de manejo. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

16. Pacheco-Jiménez, A. A., Heredia, J. B., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Quintana-Obregón, E. A., & Muy-Rangel, D. (2022). Potencial industrial de la cáscara de mango (Mangifera indica L.) para la obtención de pectina en México. Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas, 25. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.419
17. SADER. (2020). El rey de las frutas tropicales: Mango. gob.mx. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-rey-de-las-frutas-tropicales-mango
18. SIAP (2018). Semilla o hueso: ¿es lo mismo?. gob.mx. Recuperado 24 de enero de 2023, de: https://www.gob.mx/siap/articulos/semilla-o-hueso-es-lo-mismo?idiom=es
19. SIAP (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. gob.mx. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
20. TAPPI T 236 cm-99 (1999). “Kappa number of pulp,” TAPPI Press, Atlanta, GA.Villamizar-Vargas, R., Quiceno-Gómez, C., & Giraldo, G. U. (2019). Comportamiento de características fisicoquímicas durante la maduración del mango Tommy Atkins luego de cosechado. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica, 22(1). https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1159

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024112

TEJIENDO SABERES: EDUCACIÓN RURAL E INCORPORACIÓN INDÍGENA EN EL DISTRITO DE PÁTZCUARO, 1921-1928

***Julio Alberto Rojas Rodríguez*[1]**
1Posdoctorante en la Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco; rojasalberto442@gmail.com

Palabras Clave: Políticas educativas, nacionalismo, indigenismo.

RESUMEN. Durante los años 1921 y 1928, el Distrito de Pátzcuaro, del estado de Michoacán, se convirtió en una región relevante para los esfuerzos del Gobierno federal, dirigidos a la integración al desarrollo nacional de su población indígena mediante la escuela rural. La política educativa diseñada por José Vasconcelos, primer dirigente de la Secretaría de Educación Pública (en adelante SEP), fundada en 1921, pretendía crear un sentido de identidad nacional a través de la educación. En tal sentido, la creación de escuelas rurales en áreas de población indígena, como el Distrito de Pátzcuaro, no se limitaba únicamente a la alfabetización, sino también a la propagación de valores cívicos que eran considerados fundamentales para el proceso de modernización del país. En esta ponencia, a través de un análisis cualitativo, se realizará un estudio sobre las actividades educativas impulsadas por los maestros rurales, orientadas no solo a la alfabetización de la población, sino también a la difusión del nacionalismo, principalmente entre los niños, así como al resto de los habitantes con lo que se proyectaba su incorporación al proyecto de nación. Este proceso de "incorporación de la población indígena" dio lugar a diversas tensiones entre las autoridades educativas, los docentes y los propios habitantes. En este contexto, surgen las siguientes interrogantes: ¿cómo reaccionaron los pobladores del Distrito de Pátzcuaro ante el proyecto educativo impulsado por Vasconcelos y promovido por los maestros rurales?, ¿cuáles fueron las principales actividades escolares diseñadas para fomentar el nacionalismo entre los niños y el resto de la población? Con base en los documentos que resguarda el Archivo Histórico de la Secretaría de Educación Pública, se busca conocer la implicación de estas acciones educativas, las cuales suponían, por un lado, la inclusión de los indígenas a la vida política y económica de la nación, pero, por otra parte, una asimilación forzada que a menudo, ignoraba las particularidades culturales del Distrito de Pátzcuaro. Estas políticas encontraron tanto aceptación como resistencia por parte de las comunidades locales, generando un diálogo complejo entre las tradiciones indígenas y el proyecto de nación que surgió en la posrevolución.

INTRODUCCIÓN. Como se dijo, el propósito de esta ponencia es analizar los mecanismos implementados por el magisterio michoacano, para fomentar un sentimiento de identidad nacional entre los habitantes del Distrito de Pátzcuaro por medio de la escuela, con especial énfasis en la población infantil. En las primeras décadas del siglo XX, las escuelas rurales se convirtieron en espacios clave para la difusión de valores cívicos con los cuales, se buscaba fomentar un sentido de identidad nacional. Es importante destacar que los

gobiernos surgidos de la Revolución Mexicana, se propusieron articular un nuevo proyecto nacional, cuyo objetivo principal, entre otros, era superar las fracturas sociales y políticas derivadas del conflicto armado de 1910. El objetivo principal era consolidar una nación social y culturalmente homogénea, capaz de integrar a todos los habitantes del país en el proceso de desarrollo nacional dado que, desde la perspectiva del Estado mexicano, los grupos indígenas representaban uno de los obstáculos más evidentes para esta nueva configuración de la nación. En este contexto, el Distrito de Pátzcuaro fue identificado como una de las regiones menos desarrolladas de Michoacán, con una extensión de más de 15,000 km² y una marcada diversidad étnica y lingüística, lo que complicaba la labor del magisterio en la región. Por tanto, a partir de un estudio cualitativo, se analizarán actividades escolares tales como festivales cívicos, cantos, poesías y bailables, entre otras, con el objetivo de entender cómo el gobierno federal procuró garantizar la homogeneidad social para promover un sentido de identidad nacional que facilitara la expansión del proyecto nacional. Metodológicamente, el presente estudio se estructura en tres partes. En primer lugar, se examina la implementación de la línea educativa de la SEP en el estado de Michoacán. Posteriormente, se realiza un análisis de los datos generales del Distrito de Pátzcuaro durante los años de 1921 a 1928, con el fin de obtener una visión amplia del contexto previo al desarrollo educativo promovido por el magisterio, así como de las actividades que facilitaron la integración de la población indígena en el proceso de desarrollo nacional. Adicionalmente, se destacan las principales dificultades enfrentadas en dicho proceso. Por su parte, el tercer apartado se centra en las actividades cívico-culturales promovidas por los maestros rurales, cuyo objetivo primordial fue fomentar el nacionalismo En su conjunto, el estudio busca reflexionar sobre la importancia de las políticas educativas indigenistas en un contexto de integración nacional, en el que el Estado, a través de sus instituciones, aspiraba a lograr un progreso económico, político y social.

La transformación del sistema educativo en Michoacán. La trayectoria educativa en México durante las primeras décadas del siglo XX, se caracterizó por la presencia de un Estado en reconstrucción que, a partir de la lucha armada y haciendo frente a todas sus secuelas sociales y económicas, pretendió posicionarse como agente fundamental del progreso del país. (Camacho, 2019, 159-180) Por consiguiente, los primeros gobiernos emanados de la Revolución, se presentaron como los encargados de cumplir con tan complejo y ambicioso propósito. Para ello, implementaron una serie de medidas de corte económico, político y cultural, siendo una de ellas la creación de un sistema educativo fuerte que permitiese la incorporación de la población al proyecto de reconstrucción nacional diseñado por los gobiernos posrevolucionarios. De esta forma, en 1921 se creó la SEP lo que permitió que el Gobierno federal pudiese afrontar el desafío de educar al pueblo. Para ello, Obregón designó a José Vasconcelos Calderón como su primer titular, quien de inmediato reconoció la necesidad de reformar el sistema de enseñanza en su contenido y en su conjunto. El primer proyecto educativo impulsado por la SEP, permitió que se crearan, además de las Casas del Pueblo, las Misiones Culturales, la Escuela Normal Rural y la Casa del Estudiante Indígena, entre otras. Este programa, en términos más específicos, se conoce como la Escuela Rural Mexicana. En consecuencia, y a decir de Alberto Arnaut, en cada estado del país, se estableció un sistema educativo dual que se integró entre el subsistema estatal (dependiente de cada estado) y el sistema federal (subordinado a las autoridades educativas federales). (Arnaut, 1998, 147). Con el inicio de la construcción de escuelas, especialmente en las áreas rurales, se procedió a la formación masiva de maestros y maestras oficiales para atender los nuevos espacios que se incrementaron de

manera continua bajo la responsabilidad del Gobierno federal en colaboración con las entidades federativas. De este modo, la creación de escuelas en el campo y para el campo, en las cuales no solo se impartiría educación a la niñez, sino a toda la población, era el objetivo primordial de las nuevas políticas educativas propuestas por Vasconcelos. (Reyes, 1993, 24). En Michoacán, la gubernatura de Francisco J. Múgica, estableció los objetivos del nuevo proyecto educativo tras la firma de un convenio de federalización de la educación, pactado entre la entidad y la federación hacia el año de 1922. (Reyes, 1993, 24) Una vez que este acuerdo entró en vigencia, las autoridades educativas determinaron que: "para administrar los intereses de las escuelas federales de Michoacán, así como para imprimirles la orientación técnica conveniente, el estado fue dividido geográficamente en las siguientes zonas escolares: Morelia, Uruapan, Tacámbaro y Coalcomán." Una vez iniciado el proyecto de la Escuela Rural Mexicana y con Vasconcelos al mando, la SEP expandió el sistema escolar hasta hacer llegar la escuela a parajes olvidados; construyó y remodeló cientos de locales; realizó esfuerzos loables por hacer más flexible el sistema escolar, unificar métodos de enseñanza y poner orden en las numerosas escuelitas rurales que funcionaban bajo diferentes denominaciones. Las autoridades educativas, recogieron iniciativas anteriores y optaron por una enseñanza de carácter práctico estrechamente relacionada con la vida cotidiana, y lo más importante, se intentó convertir a la escuela en el principal puente de comunicación entre cientos de poblaciones aisladas, tal como el caso del Distrito de Pátzcuaro, el cual será abordado en las secciones subsiguientes. (Loyo, 1999, 143)

El Distrito de Pátzcuaro en la posrevolución: dinámicas sociales y culturales entre 1921 y 1928. Al igual que otras regiones del estado, el Distrito de Pátzcuaro durante los años de 1921 a 1928, se encontraba en un periodo de transición caracterizado por los esfuerzos de modernización y consolidación de un proyecto institucional nacional impulsado por los gobiernos emanados de la Revolución Mexicana el cual pugnaba por la reconstrucción del país. Por otro lado, la constitución montañosa, falta de vías de comunicación, transportes y puentes, ocasionaron un marcado estancamiento en la vida espiritual y material de sus habitantes, quiénes veían el mundo limitado por las inmutables montañas y por los variables recursos de la región. Solamente los Distritos del Norte disponían de vías de comunicación, resultandos escasos para el área del estado, los 600 kilómetros de vías férreas que atravesaban su territorio.

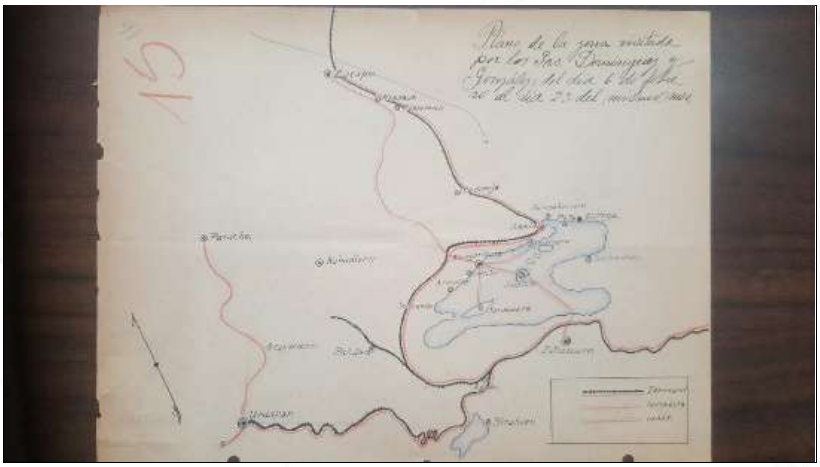


***Imagen 1**.- Distrito de Pátzcuaro.*
***Fuente:** AHSEP. Fondo Departamento de Educación y Cultura Indígena, Serie: Nombramiento, Expediente 43.2, Michoacán, 1923.*

En cuanto a la infraestructura del Distrito de Pátzcuaro, esta presentaba condiciones precarias. La escasez de caminos y vías de comunicación dificultaba tanto el comercio como la comunicación, lo que impedía una integración económica eficiente con otras regiones del estado de Michoacán. Los maestros rurales asignados a esta zona enfrentaban una serie de desafíos, tales como la existencia de enfermedades, viviendas inadecuadamente ventiladas y mal distribuidas, y la convivencia diaria con animales domésticos como cerdos, gallinas y vacas. Además, predominaba una fe exacerbada en santos e imágenes del catolicismo popular, lo cual se combinaba con preocupantes niveles de alcoholismo. A estas dificultades se sumaba, en algunas comunidades indígenas del distrito, el desconocimiento del español, la lengua nacional, lo que constituía una barrera adicional para la comunicación y el desarrollo educativo. (Calderón, 2006,3). La incipiente economía del Distrito de Pátzcuaro, estaba sustentada principalmente en la agricultura y la pesca, con cultivos como el maíz y el frijol, además de la extracción de pescado del Lago de Pátzcuaro. La actividad agrícola de subsistencia continuaba siendo predominante, con escasa diversificación económica. No obstante, algunos informes enviados a la SEP por los maestros rurales, destacaban “la admirable intuición artística y la habilidad técnica de algunos indígenas, quienes, como músicos o pintores, lograban extraordinarias creaciones de belleza en los llamados “sones vernáculos”, así como en la decoración de lacas y el trabajo en madera.” Las condiciones económicas, sociales y culturales de este distrito se pueden examinar a través de los informes elaborados por diversos inspectores y maestros rurales comisionados por la SEP en el estado de Michoacán. A partir de estos documentos, se ha configurado una visión detallada del distrito. Uno de los inspectores enviados por la federación al Distrito de Pátzcuaro fue el maestro José Lúndez Martínez quien -a decir de sus informes- “tenía la convicción de educar a los habitantes” de este lugar por medio de la apertura de nuevos centros escolares en la región toda vez que, desde su punto de vista, consideraba que: “el medio social del campesino es altamente fanatizado, ignorante y alcoholizado, consecuencia directa de la esclavitud económica de que nos tienen los terratenientes de las fincas rurales, viven en una miseria social y económica.”

Escuela rural y nacionalismo: transformaciones educativas en el Distrito de Pátzcuaro (1921-1928). De acuerdo con Marco Antonio Molgora, en las primeras décadas del siglo XX, México constituía un rompecabezas de lenguas y culturas. La creación de una nación implicaba la homogeneización de la cultura, la castellanización de los indígenas y la difusión de sentimiento de ser mexicano. (Calderón, 2006,18) Según destacados políticos, pedagogos y antropólogos, la diversidad étnica, cultural y regional imponían serios límites a la configuración de la nación mexicana. La “mexicanización,” no solo requería sustituir imágenes religiosas por héroes nacionales, sino también sustituir iglesias por escuelas. En virtud de la estrategia educativa federal, a los campesinos había que enseñarles a vivir de acuerdo a los dictados del progreso, la civilización y la cultura. En este contexto, es pertinente cuestionar ¿cuáles fueron los principales obstáculos que enfrentó el gobierno en su intento de influir en la vida espiritual de la población?

Es relevante señalar que esta iniciativa resultó desfavorable para la Iglesia Católica, que percibía los planes de estudio y programas oficiales como una amenaza contra la moral y las buenas costumbres de los fieles. En consecuencia, además de condenar dicha iniciativa, la Iglesia la prohibió enérgicamente. Para la Iglesia Católica, el catolicismo era considerado una parte integral de la identidad nacional mexicana, y cualquier acción en contra de él se veía como una afrenta a México mismo. Por el contrario, el Estado mexicano consideraba que el catolicismo había sido un elemento clave en la subordinación de los

mexicanos a intereses externos. (Pérez, 2008, 278) En consecuencia, el gobierno mexicano se planteó como objetivo erradicar el fanatismo que predominaba en el Distrito de Pátzcuaro al igual que en la mayor parte de México, con el propósito de eliminar las dimensiones espirituales y religiosas del pueblo. Estos gobiernos fundamentaron sus acciones y discursos en el nacionalismo, orientando sus esfuerzos en oposición a la Iglesia Católica (Pérez, 2008, 279)

En consecuencia, las actividades culturales y cívicas llevadas a cabo en el Distrito de Pátzcuaro, se orientaron hacia la erradicación del fanatismo y las supersticiones predominantes en la región. En su lugar, se buscaba inculcar el amor a la patria y fomentar un prototipo de ciudadano acorde con las tendencias contemporáneas, que contribuyera al desarrollo económico del país. No obstante, en diversas localidades surgieron manifestaciones de resistencia frente a la escuela pública. Pongamos por caso, Huiramangaro y Pátzcuaro, donde a las actividades cívico-culturales, no solo se les observaba como un objeto de brujería, sino que, para la mayoría de los habitantes, la escuela oficial era un motivo de molestia y un gasto inútil de dinero. El propósito perseguido por las autoridades educativas consistió en la implementación de actividades culturales con el objetivo de reemplazar las actividades religiosas. De este modo, las festividades cívicas se diversificaron, no limitándose únicamente a la conmemoración de fechas tradicionales locales, como el Día de la Independencia o la Batalla del 5 de mayo, sino que también se incluyeron otras celebraciones civiles. En 1926, un informe oficial de la Secretaría de Educación Pública especificaba que: *Para fomentar en los niños hábitos sociales y cultivar sus sentimientos cívicos, se dictaron oportunamente las órdenes para que tanto en las escuelas del Distrito Federal como en las de los Estados, se celebraran fiestas conmemorativas los días 8, 13 y 15 de septiembre, 12 de octubre y 20 de noviembre, recomendándose que los programas, sin perder su atractivo, fueran provechosos para los educandos, debiendo figurar en ellos pláticas o conferencias tendientes a inculcar en las mentes infantiles la significación de los actos. (Calderón, 2006, 34)*

Como se puede observar, el presente informe detalla con precisión la disposición de las autoridades educativas para implementar rituales cívicos que permitieran a los niños experimentar una nueva forma de concebir su realidad. Además, la circular número 8 de la Secretaría de Educación Pública sugería la celebración de festividades cívicas el 1 de mayo de 1926. En este contexto, Maximino Morales, profesor de la escuela de Janitzio, organizó una festividad en honor al trabajador, la cual, en esos años, se celebraba conjuntamente con el Día del Niño. De este modo, la escuela rural se consolidó como un medio clave para incorporar al sector rural e indígena del Distrito de Pátzcuaro al proyecto de nación delineado por los gobiernos posrevolucionarios. Por ello, es fundamental analizar la concepción de nacionalismo que se promovía, cuyo objetivo principal era fomentar en los niños un sentimiento de patriotismo que solo podía consolidarse a través de las actividades desarrolladas en las escuelas oficiales. En primer lugar, se implementó una intensa campaña dirigida a erradicar el marcado fanatismo religioso de la población en general, considerado por las autoridades educativas como uno de los principales obstáculos para el desarrollo nacional. En este contexto, se difundieron diversos volantes y folletos dirigidos al sector rural, subrayando la importancia de asistir a las escuelas oficiales y destacando los beneficios que estas ofrecían a la comunidad. Otra estrategia para implementar el nacionalismo en el Distrito de Pátzcuaro fue emprendida por inspectores y maestros rurales, quienes asumieron la tarea de recolectar diversas costumbres y danzas tradicionales con el objetivo de adaptarlas y presentarlas en las escuelas. Esta iniciativa respondía a lo

establecido en un comunicado que especificaba que: “me es grato informar a usted que después de una labor por espacio de dos meses netamente de documentación y de estudio del ambiente; he escrito una tragedia de pescadores intitulada “*La hijita de Tati Esteban*” basándome en las costumbres y el folklore de la Isla Janicho en el Lago de Pátzcuaro”. De este modo, los habitantes del estado lograrían sentirse identificados con las adaptaciones realizadas a sus danzas tradicionales.

CONCLUSIONES. Con el acuerdo de federalización llevado a cabo por el Gobierno federal y el estado de Michoacán, se establecieron las bases para que, desde 1922 hasta la actualidad, la federación asumiera la responsabilidad de la educación básica. Sin embargo, en algunas regiones de Michoacán, como el Distrito de Pátzcuaro, se presentó resistencia por parte de la Iglesia Católica al proceso de federalización educativa. A pesar de los obstáculos que enfrentó la cruzada educativa emprendida por Vasconcelos en la entidad, los planes y programas de estudio se adaptaron a las circunstancias y características predominantes en la zona y de este modo, las políticas educativas emanadas de la SEP, introdujeron cambios significativos. Además de las nuevas tendencias pedagógicas y la dirección que el Estado mexicano imprimió a la educación, esta se revitalizó y reforzó con el incremento del número de escuelas en el ámbito rural. A pesar de las adversidades, los nuevos planteles oficiales lograron insertarse de manera destacada en el medio rural y en aquellas comunidades con altos índices de población indígena, como en el caso de estudio que nos ocupa. En este contexto, el papel del magisterio resultó ser un elemento esencial para la expansión de los postulados y principios educativos posrevolucionarios, cuyo objetivo era formar un nuevo tipo de ciudadano que contribuyera al desarrollo económico y social proyectado. Como agentes sociales, los docentes promovieron actividades académicas, sociales, deportivas y recreativas, tales como el fútbol, la gimnasia y el baloncesto, las cuales, según las autoridades educativas, facilitaban la construcción de un entorno saludable y libre de prejuicios morales y religiosos. Es importante reiterar que el Gobierno federal consideraba a la Iglesia Católica como una institución responsable del atraso económico, social y cultural del país, debido a su influencia restrictiva sobre la sociedad. Con esta perspectiva, se diseñaron una serie de políticas destinadas a incorporar a la mayor parte de la población al progreso nacional. En consecuencia, el magisterio michoacano desempeñó un papel crucial en la difusión del nacionalismo a través de ceremonias cívicas, que buscaban contrarrestar las festividades religiosas. De este modo, se intentó reemplazar una tradición local arraigada en el catolicismo, el individualismo y las supersticiones por una cultura cívica nacional basada en el interés colectivo y en los conocimientos científico.

REFERENCIAS.

1. Calderón Molgora Marco A. (2006) Festivales cívicos y educación rural en México, 1920-1940. Relaciones, Estudios de Historia y Sociedad.
2. Camacho Sandoval, S. (2019). Los maestros rurales en la educación socialista. Testimonios. Historias, (17), 85–94.
3. Loyo Bravo, E. (1999). Gobiernos revolucionarios y educación popular en México, 1911-1928. El Colegio de México.
4. Pacheco, Lourdes C. (2013) Fuimos a sembrar cultura: Los maestros y la construcción de la escuela rural mexicana. Investigación y Postgrado [online]. vol.28, n.1
5. Pérez Montfort, Ricardo, (2008) Nacionalismo e Iglesia cismática. Dos casos en la difícil relación entre Iglesia Católica y Estado en México”, En: Cotidianidades, imaginarios y contextos: ensayos de historia cultural en México, 1850-1950.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024113

OPTIMIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE DOCUMENTOS DIGITALES EN LA DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y ESTADÍSTICA: IMPACTO EN LA ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SOPORTE DIGITAL

Miguel Elí Álvarez Mejía[1], Luis Miguel García Velázquez[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Administración, Archivística.

RESUMEN. Este proyecto de investigación fue solicitado por la directora de la Dirección de Planeación y Estadística de la Fiscalía del Estado de Michoacán, con el objetivo de mejorar la gestión archivística digital en la institución. Inicialmente, se realizó un diagnóstico exhaustivo para identificar las áreas clave que requerían optimización, a partir de este análisis, se delimitaron las acciones a seguir y se identificaron las áreas que necesitaban mejoras específicas. El proyecto se basó en el estudio de casos similares en otras instituciones, lo que permitió definir soluciones adaptadas a los problemas identificados, con esta información se implementaron las herramientas archivísticas necesarias para mejorar la gestión documental, enfocándose en la digitalización, seguridad y eficiencia. Finalmente, el personal de la dirección fue involucrado en una fase de aplicación y prueba, con la intención de evaluar el impacto de las nuevas prácticas archivísticas, una vez concluido el periodo de prueba, se realizará un diagnóstico final para medir el impacto de las mejoras implementadas y determinar su efectividad en el funcionamiento diario de la dirección.

INTRODUCCIÓN. El presente proyecto en la Dirección de Planeación y Estadística se centra en la optimización y mejora de los procesos documentales mediante la implementación de una herramienta integral de archivística, abordando la gestión documental y administración de estas mismas, el objetivo principal es abordar las dificultades actuales en el manejo de la información digital, que impactan negativamente en la toma de decisiones y en la calidad del servicio brindado, para comprender el alcance del problema, se llevó a cabo un análisis detallado del contexto institucional, identificando las causas subyacentes y los efectos que estas generan en la operación diaria. Mediante la construcción de un árbol de problemas, se profundizó en la relación entre las diversas causas y subcausas, permitiendo una visualización clara de las áreas críticas que requieren intervención. La pregunta de investigación se orientó a determinar las mejores prácticas y tecnologías que pueden ser implementadas para garantizar la seguridad, integridad y accesibilidad de la información, para abordar esta pregunta, se estableció un encuadre teórico robusto que sustenta la hipótesis de que la integración de tecnologías avanzadas en la gestión documental puede mejorar significativamente la eficiencia organizacional. La

metodología adoptada se basa en un enfoque cualitativo, complementado con técnicas cuantitativas, para asegurar una recolección de datos exhaustiva y representativa, se definieron claramente la población y la muestra, así como los instrumentos de recolección de información, que incluyen encuestas, entrevistas y análisis documental, el procedimiento de recolección de datos fue diseñado para minimizar sesgos y garantizar la validez de los resultados. El diseño de investigación sigue un esquema riguroso que contempla consideraciones éticas, limitaciones metodológicas y justificaciones que respaldan la elección de las técnicas utilizadas, además se estableció un cronograma detallado para la ejecución del proyecto, asegurando que todas las etapas se cumplieran en tiempo y forma. Finalmente, el proyecto busca no sólo solucionar las problemáticas identificadas, sino también establecer un marco de referencia que permita a la Dirección de Planeación y Estadística adaptarse de manera continua a los avances tecnológicos y a las nuevas necesidades organizacionales en el campo de la archivística.

ANTECEDENTES. La Fiscalía General del Estado de Michoacán se ubica en Periférico, “Paseo de la República” #5000, Sentimientos de la Nación, con el código postal de 58170 Morelia, Mich. Esta institución es responsable de la procuración de justicia en el estado y tiene jurisdicción sobre la investigación y persecución de delitos en la entidad. La elección de la Fiscalía General del Estado de Michoacán como lugar para llevar a cabo la investigación se basa en su relevancia en el ámbito de la justicia y su papel fundamental en el sistema legal del estado.
Por cuestiones de la gran cantidad de instituciones vinculadas, departamentos, áreas y direcciones, no abordaré la totalidad de lo que se conoce como la Fiscalía solamente las que competen al proyecto y de igual forma una vez trabajando dentro de Dirección de Planeación y Estadística se podrá refinar la información actualmente presentada. En cuanto la Dirección General de Tecnologías de la Información, Planeación y Estadística donde proviene la Dirección de Planeación y Estadística, tiene como misión facilitar la gobernanza digital a través de la supervisión y guía de las actividades relacionadas con tecnología de la información, la planeación estratégica y estadística. Por lo tanto es necesario que establezcan directrices, coordinando la recopilación de datos, proponiendo innovaciones tecnológicas y garantizando la calidad de la información, para mejorar el desempeño de la Fiscalía.



Fig. 1 *Miguel Elí "Organigrama de DPE" 2023*
Organigrama resumiendo las direcciones que se encarga de regular la Dirección de Planeación y Estadística, y en qué dirección de la fiscalía se origina.

OBJETIVO. Objetivo general: Incidir en la optimización de la estructura digital de la Dirección de Planeación y Estadística mediante un diagnóstico exhaustivo pero factible y la formulación de directrices de gestión documental, considerando los requisitos legales, con el fin de seleccionar una estrategia funcional para su comunicación y aplicación efectiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:
Diagnóstico: Realizar un análisis íntegro pero viable de la situación actual de la organización en relación con la gestión documental; implica identificar las prácticas actuales, las deficiencias y las áreas de mejora en la gestión de documentos digitales y físicos.
Criterios legales que aplican: Investigar y comprender los requisitos legales, regulaciones y normativas que se aplican a la organización en cuanto a la gestión y preservación de documentos, esto garantiza que la metodología propuesta cumpla con los estándares legales y regulatorios.
Generar parámetros: Establecer parámetros y directrices claras para la gestión documental, incluyendo la clasificación, nomenclatura, conservación y acceso a documentos, estos parámetros servirán como base para una gestión documental eficiente y consistente.
Propuesta de técnica: Desarrollar un procedimiento detallado que aborde las áreas identificadas en el diagnóstico. Incluirá pasos específicos, roles y responsabilidades, herramientas y sistemas recomendados, y un enfoque general para la gestión documental.
Diseño de estrategia: Se propone la siguiente metodología para acoplarse adecuadamente a las actividades y disponibilidad de la DPE, en orden del más probable que se realice de acuerdo con las autorizaciones de acceso a la información y disposición, dentro de cronograma de actividades se pueden ver los tiempos y los posibles acuerdos de temporalidad de las actividades programadas.
Protocolo de organización y nomenclatura documental: Un protocolo es un conjunto de procedimientos o reglas específicas que se siguen para llevar a cabo una tarea o proceso particular, es altamente detallado y específico en cuanto a las acciones que deben tomarse en situaciones particulares. Los protocolos a menudo se aplican a situaciones específicas o tareas concretas, se suelen utilizar como guías de seguridad, emergencias médicas, procedimientos de laboratorios, etc. Los protocolos suelen ser muy inflexibles ya que lo que se busca es que se siga al pie de la letra para garantizar un resultado en específico, las instrucciones son tan precisas que tienen cada paso del procedimiento.
Las consideraciones para elegir como solución el protocolo incluyen encontrar las siguientes características al término de la evaluación:
Necesidad de reorganización o reglamentación de la organización y descripción documental para mejorar la eficiencia del trabajo.
Falta de procedimiento de digitalización, gestión de metadatos y preservación de documentación digital.
Se conoce y se practica la metodología archivística, lo suficiente como para ser funcional en la dirección.
No existe un peligro de un incumplimiento legal o de transparencia.
Los flujos del trabajo no están siendo específicos para los trabajadores.
Capacitación y formación específica: Proporciona capacitación sobre la metodología a todos los miembros del departamento, ofreciendo material de apoyo, como guías rápidas o

tutoriales, para consultas posteriores. Se debe de involucrar a todo el personal en un tiempo en específico para así ayudar y resolver los problemas con una retroalimentación constructiva, puede llegar a intervenir con las actividades del personal por lo que se necesitará agendar los días disponibles para la capacitación.
Las consideraciones antes de tomar como solución el protocolo es cuando al momento de terminar la evaluación se presentan las siguientes características:
No existe una necesidad de preservación y conservación digital documental.
Se tiene conocimiento y práctica sobre la metodología archivística.
Las responsabilidades laborales son bien sabidas por los trabajadores.
Necesidad de conocimiento de organización y gestión de la documentación digital o electrónica.
Disponibilidad de tiempo y flexibilidad para asistir a las capacitaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS. El enfoque de estudio que se realizará dentro de este proyecto será de carácter cualitativo.
Un estudio cualitativo es una investigación que se centra en comprender y explorar fenómenos sociales, humanos o culturales desde una perspectiva descriptiva e interpretativa. A diferencia de los estudios cuantitativos que se basan en la recopilación de datos numéricos y el análisis estadístico, los estudios cualitativos se basan en la obtención de datos no numéricos, como observaciones, entrevistas, documentos y narrativas, para obtener una comprensión más profunda y contextualizada de los temas investigados.
Se utiliza el enfoque cualitativo ya que el proyecto cumple con las siguientes características:
Naturaleza descriptiva: Se centrará en interpretar contextos, significados y perspectivas del conocimiento de los trabajadores de la DPE, en el campo de la archivística.
Muestra no Representativa: Se hace una muestra pequeña de manera selectiva para profundizar en el estudio profundo de un grupo de personas, fenómeno específico o contexto especial. La dirección muestra un trabajo específico en la Fiscalía, en la que su escala abarca otros departamentos en una función recopilatoria.
Recopilación de Datos Cualitativos: Los datos en los estudios cualitativos se obtienen a través de técnicas como entrevistas abiertas, observación participante, análisis de contenido, análisis temáticos, grupos de discusión y revisión de documentos. Como anteriormente se mencionó se realizará un diagnóstico en forma de encuesta para después obtener la información suficiente de las actividades de organización documental.
Flexibilidad y Adaptabilidad: Los investigadores son flexibles y adaptables al cambio de enfoques o preguntas a medida que se va avanzando la investigación. Pero al mismo tiempo tengo que acatar las restricciones que apliquen al momento de trabajar en la DPE.
La investigación será de tipo descriptiva, que tiene como objetivo principal describir un fenómeno o situación particular de manera detallada, sin necesariamente profundizar en la búsqueda de relaciones causales o explicaciones subyacentes. Tendrá como enfoque la descripción completa y sistemática de los procedimientos y pasos necesarios para lograr generar las herramientas necesarias para este proyecto. De igual forma, como es relativamente un tema nuevo por el tema del ordenamiento digital de carpetas, tendrá de igual forma un carácter de investigación exploratorio, al investigar las mejores prácticas existentes en organización digital o explorar las necesidades y desafíos específicos de la organización en cuestión.
Con la intención de complementar la recuperación de información, análisis y procesamiento, en algunos casos se aplicarán también encuestas exploratorias, sobre las que se analizarán

frecuencias y tendencias con la intención de identificar líneas que requerirán indagación con otros instrumentos. De esta forma, la metodología se enriquecerá con uso de algunas técnicas cuantitativas que puedan ser de utilidad para la profundización en la descripción.

El enfoque de estudio que se realizará dentro de este proyecto será de carácter cualitativo. Un estudio cualitativo es una investigación que se centra en comprender y explorar fenómenos sociales, humanos o culturales desde una perspectiva descriptiva e interpretativa. A diferencia de los estudios cuantitativos que se basan en la recopilación de datos numéricos y el análisis estadístico, los estudios cualitativos se basan en la obtención de datos no numéricos, como observaciones, entrevistas, documentos y narrativas, para obtener una comprensión más profunda y contextualizada de los temas investigados.
Se utiliza el enfoque cualitativo ya que el proyecto cumple con las siguientes características:
Naturaleza descriptiva: Se centrará en interpretar contextos, significados y perspectivas del conocimiento de los trabajadores de la DPE, en el campo de la archivística.
Muestra no Representativa: Se hace una muestra pequeña de manera selectiva para profundizar en el estudio profundo de un grupo de personas, fenómeno específico o contexto especial. La dirección muestra un trabajo específico en la Fiscalía, en la que su escala abarca otros departamentos en una función recopilatoria.
Recopilación de Datos Cualitativos: Los datos en los estudios cualitativos se obtienen a través de técnicas como entrevistas abiertas, observación participante, análisis de contenido, análisis temáticos, grupos de discusión y revisión de documentos. Como anteriormente se mencionó se realizará un diagnóstico en forma de encuesta para después obtener la información suficiente de las actividades de organización documental.
Flexibilidad y Adaptabilidad: Los investigadores son flexibles y adaptables al cambio de enfoques o preguntas a medida que se va avanzando la investigación. Pero al mismo tiempo tengo que acatar las restricciones que apliquen al momento de trabajar en la DPE.
La investigación será de tipo descriptiva, que tiene como objetivo principal describir un fenómeno o situación particular de manera detallada, sin necesariamente profundizar en la búsqueda de relaciones causales o explicaciones subyacentes. Tendrá como enfoque la descripción completa y sistemática de los procedimientos y pasos necesarios para lograr generar las herramientas necesarias para este proyecto. De igual forma, como es relativamente un tema nuevo por el tema del ordenamiento digital de carpetas, tendrá de igual forma un carácter de investigación exploratorio, al investigar las mejores prácticas existentes en organización digital o explorar las necesidades y desafíos específicos de la organización en cuestión.
Con la intención de complementar la recuperación de información, análisis y procesamiento, en algunos casos se aplicarán también encuestas exploratorias, sobre las que se analizarán frecuencias y tendencias con la intención de identificar líneas que requerirán indagación con otros instrumentos. De esta forma, la metodología se enriquecerá con uso de algunas técnicas cuantitativas que puedan ser de utilidad para la profundización en la descripción.

Encuesta: Un diagnóstico FODA es una herramienta de planificación estratégica utilizada en los negocios y otros contextos para evaluar la situación actual de una organización o proyecto. FODA es un acrónimo que se deriva de las palabras Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, que son los cuatro elementos principales que se analizan en este proceso. Aquí brevemente cada uno de estos componentes:
Fortalezas
Oportunidades

Debilidades
Amenazas
El análisis FODA se utiliza para identificar y comprender estos cuatro componentes con el objetivo de desarrollar estrategias que capitalicen las fortalezas, aprovechen las oportunidades, mitiguen las debilidades y enfrenten las amenazas. No se considera en sí como una metodología sino como una herramienta auxiliar que ayudará en la toma de decisiones, desarrollo de herramientas, etc.
En este proyecto se está analizando de manera primordial, cinco apartados en los cuales se analizan en la primera encuesta del análisis FODA, donde sirve la información para justificar y planificar mejor la estrategia de solución al encontrar el problema, los apartados son los siguientes:
Viabilidad organizacional: Se analiza la estructura organizacional, el tipo de lógica de organización del personal, los recursos que cuentan para cumplir con sus actividades de gestión y administración de documentos. Se abordan temas como la aplicación de técnicas archivísticas, la evaluación de sistemas de gestión de archivos digitales, la documentación de metodologías, la selección de sistemas de control, la gestión de documentos en diferentes formatos, la promoción de políticas de gestión de documentos y archivos, la asignación de responsabilidades, y la capacitación del personal en competencias digitales, estas preguntas buscan evaluar la efectividad y eficiencia de la gestión documental en la dirección.
Experiencia y capacitación: Se exploran temas como la capacitación en metodología archivística, la descripción de documentos, la valoración de documentos de archivo de concentración e históricos, la existencia de un protocolo de valoración, la presencia de un comité de valoración de documentos, la documentación de procesos archivísticos, la comunicación con directivos responsables de la valoración documental, la existencia de políticas y procedimientos, la construcción de información eliminada, la adaptación del cuadro de clasificación y el conocimiento de los trabajadores sobre la importancia de la gestión documental. Estas preguntas buscan evaluar la eficacia y la implementación de las prácticas de gestión de documentos en la Fiscalía.
Bases legales: Estas preguntas buscan evaluar la eficacia y el cumplimiento de las políticas y procedimientos relacionados con la gestión de datos digitales en la organización. Se exploran temas como el desarrollo de políticas según las necesidades, la incorporación de protocolos para la transmisión de información por Internet, la asistencia a auditorías y capacitaciones en sistemas de información archivística, la validación de procedimientos de organización y valoración documental, la identificación de documentos a ser transferidos, los recursos legales y humanos disponibles para proteger derechos y responsabilidades legales, las tendencias emergentes en normativa legal y ética, las tecnologías emergentes para mejorar la seguridad y el cumplimiento legal en la gestión de datos digitales, las áreas donde se experimentan dificultades para garantizar la privacidad y la seguridad de los datos digitales, y los riesgos potenciales de litigios o sanciones legales relacionados con la gestión de datos digitales.
Capacidad tecnológica: Este apartado se centra en la gestión de documentos y la preservación digitales en una organización. Se abordan temas como la automatización de procesos con software, los recursos tecnológicos para acceso y consulta, los riesgos en seguridad de la información, la asociación de documentos digitales al cuadro de clasificación, la validación y control de metadatos, la normativa utilizada para descripción documental, la responsabilidad de archivar documentos digitales, la localización de información para informes históricos, el uso de etiquetas y búsquedas, la gestión de

permisos y duplicados, la realización de copias de seguridad, la lógica de ubicación de archivos, la planificación de preservación digital, el uso de tecnologías de autenticación y firma digital, las estrategias de preservación digital avanzada, la capacitación del personal, la autenticidad de registros digitales y la posible pérdida de información debido a falta de metadatos adecuados. Estas preguntas buscan evaluar la eficacia y el cumplimiento de políticas y procedimientos relacionados con la gestión de documentos digitales y la preservación de la información en la organización.
Organización de procesos: Esta sección se refiere a la gestión documental en la organización, incluyendo la clasificación de archivos, el nombre de carpetas, el ordenamiento de documentos, las fechas de archivos de trámite, la descripción documental, el respaldo de documentos, la identificación de documentos para respaldo, protocolos de transferencia documental, manuales de procedimientos, digitalización de documentos, control de directrices, revisión de políticas, planificación estratégica y el manejo de archivos adjuntos en el correo. Estas preguntas buscan obtener información sobre las prácticas de gestión documental en la Dirección de Planeación y Estadística (DPE).

Se realizaron dos tipos de formularios ya que no muchas de las preguntas corresponden contestar al personal de la dirección pues no manejan esta información detallada que obtiene la directora en su área, debido a su responsabilidad, toma de decisiones que se realizan, la planificación estratégica, la gestión de recursos del presupuesto, comunicación externa con información precisa y sus responsabilidades legales. En total las preguntas que tendrá que contestar la directora o el personal encargado de archivos será de 129 preguntas, en donde tuvo una duración de 64 minutos aproximadamente teniendo en cuenta que mucha de la información. El total de preguntas del formulario para el personal de la dirección es de 87, por lo que la duración de la encuesta fue de 40 minutos mínimo y máximo 110 minutos por lo que se consideró este tiempo no intervino con las actividades del personal.
Tabla de captura de datos: Formato en el que se recopilan y registran datos específicos de interés, son comunes en una amplia variedad de contextos, desde la investigación científica hasta la gestión de proyectos y la recopilación de información en empresas y organizaciones. Su propósito principal es organizar y presentar datos de una manera clara y estructurada para su posterior análisis o referencia, son herramientas esenciales para la recopilación sistemática y organización de información.

Se realizará un diseño de investigación de tipo documental, es decir se centrará en la recopilación, organización y presentación de información en forma de documentos o manuales, la creación de un documento que describa de manera detallada los procedimientos y pasos necesarios para llevar a cabo la organización digital; implica también la planificación y creación de documentos claros y efectivos que sean útiles para el propósito previsto. Estas actividades pueden requerir la recopilación de datos o información, pero no necesariamente implican un análisis de datos en el sentido tradicional. Los pasos principales de la investigación fueron la recopilación de información, la revisión de las mejores prácticas, la identificación de necesidades específicas de organización digital (FODA), etc. En lo que se reitera que se busca un enfoque en el que se pueda generar un documento básico para la dirección como es el manual, protocolo o guías de procedimientos, por lo que recopilan información de forma proporcional orientada de forma a la dirección en una determinada área de sus actividades.

Arqueo de fuentes: en la que se recopila la información relacionada con el tema de forma general al tema central, en la que pueden entrar datos, documentos, fuentes escritas, registros, o cualquier tipo de información relevante para una investigación. En el caso del DPE se recopila información ya generada de forma interna como de forma externa entendiéndose como la información que se relaciona con la Fiscalía, como las normas que regulan las actividades dentro de esta, las tablas de valoración archivística del archivo de la Fiscalía, así como otro tipo de información regulatoria para la dirección.
Revisión: Descartamiento de información recolectada que no tenga información relacionada con el objetivo de la investigación, ya sean datos o documentos, para vincular la información de acuerdo con lo que se busca realizar en el proyecto. Imagina que estás investigando sobre las tendencias de consumo de alimentos saludables en una comunidad, durante tu revisión de datos, encuentras información sobre la historia económica de la comunidad que no tiene relación con tu investigación. En este caso, descartamos esa información para centrarte en los datos relevantes para tu estudio sobre hábitos alimenticios saludables.
Cotejo: Comparación de información y organización de material obtenido para sustentar las interpretaciones, teorías, argumentos y decisiones tomadas para la solución del problema. En este caso se tomará la decisión del tipo de solución del problema de organización documental digital de acuerdo con las necesidades que se presenten en el diagnóstico, ya sea el manual de procedimientos, protocolo y capacitación
Interpretación: Análisis de toda la información obtenida y elaboración del procedimiento de la mejor propuesta de solución aplicable, de acuerdo con la interpretación o deducción del investigador.

Árbol de problemas
Un árbol de problemas es una herramienta gráfica utilizada para analizar y visualizar las causas y efectos de un problema particular, tiene la función de identificar tanto la esencia como el contexto de la situación problemática que se busca abordar mediante diversas estrategias, programas o proyectos. Durante su proceso de elaboración, se exploran en detalle tanto las raíces que generan el problema como las ramificaciones directas e indirectas que surgen en el corto y largo plazo. Este proceso de identificación de problemas se llevó a cabo mediante un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), el cual se realizó a través de un cuestionario dirigido a los trabajadores de la Dirección, este enfoque permitió identificar los problemas y determinar las soluciones más adecuadas para abordarlos.
El problema central se centra en la falta de una metodología digital y una organización estandarizada para la documentación en la Dirección de Planeación y Estadística de la Fiscalía General del Estado de Michoacán, esta carencia ha resultado en incertidumbre y una ralentización significativa en los procesos de administración de documentos digitales. Por ende, se hace imperativo desarrollar una metodología confiable y eficiente que permita la correcta ordenación y clasificación dentro de la Dirección de Planeación y Estadística. La implementación de esta metodología no solo garantizará una optimización integral de los procesos dentro de la Fiscalía, sino que también contribuirá a mejorar la eficacia y eficiencia en la gestión de la información en un contexto digital.
Causas y subcausas:

1. Escasa formación en gestión documental digital: Falta de capacitación y conocimientos en técnicas modernas de gestión documental entre el personal de la DPE.

a. Ausencia de recursos formativos y materiales de referencia para aprender sobre técnicas modernas de organización.
2. Ausencia de herramientas digitales: Falta de herramientas y sistemas digitales adecuados para la organización y clasificación eficiente de documentos.
a. Falta de presupuesto asignado para la adquisición e implementación de software de gestión documental.
a. Carencia de conocimiento técnico para seleccionar y adoptar las herramientas adecuadas.
2. Falta de metodología clara: Ausencia de políticas y pautas claras para la estandarización de nombres de documentos y carpetas.
a. Ausencia de estándares metodológicos archivísticos para establecer y mantener nomenclatura y organización.
b. Falta de contexto sobre las políticas y procedimientos de gestión documental digital.
3. Falta de práctica en la archivística: Falta de conocimiento archivístico comprometido con la implementación y seguimiento de procesos de gestión documental eficientes.
a. Menos conocimiento del beneficio de las técnicas archivísticas.
Efectos:
1. **Incertidumbre en la localización de documentos:** La falta de organización provoca dificultades para encontrar documentos necesarios de manera rápida y efectiva.
a. Desorden documental: Si los documentos no están organizados de manera adecuada, encontrar los documentos necesarios para la validación puede ser un proceso lento y propenso a errores.
i. Información desactualizada: Cuando los documentos no están organizados de manera eficiente, es más probable que se utilicen versiones antiguas o desactualizadas de documentos.
2. Riesgo de pérdida de documentación clave: La pérdida de estos documentos puede tener consecuencias graves para la organización, incluyendo disputas legales o la imposibilidad de cumplir con compromisos contractuales
a. Documentación no clasificada: Si los documentos no se clasifican, puede ser complicado encontrar la información que se necesita cuando se requiere, esto puede llevar a pérdidas de tiempo y a una menor eficiencia en el trabajo
i. En algunos sectores, como el legal, no clasificar documentos adecuadamente puede llevar a incumplimientos normativos y legales.
3. **Ralentización de los procesos**: La carencia de una estructura organizada ralentiza los procesos de administración de documentos y la toma de decisiones.
a. Bajo rendimiento profesional: Los retrasos y las dificultades para acceder a la información necesaria pueden llevar a un rendimiento profesional deficiente, ya que se dificulta cumplir con las responsabilidades laborales de manera efectiva.
i. Se produce cuando los empleados no cumplen con sus objetivos y metas profesionales debido a diversas razones, como la falta de eficiencia en el trabajo, ambiente laboral, etc.
4. **Riesgo de merma de información**: La falta de orden puede llevar a la pérdida de documentos importantes, afectando la integridad de la información.
a. Riesgo de merma de información: Cuando los documentos no se gestionan de manera eficiente y se corre el riesgo de perder información vital, la ausencia de copias de seguridad adecuadas agrava aún más la situación.
2. **Falta de eficiencia en la colaboración**: La falta de una metodología unificada entorpece a la colaboración entre los miembros del equipo.

a. Comunicación deficiente: Cuando la información no se comparte de manera efectiva, se producen malentendidos, retrasos en la toma de decisiones y dificultades en la coordinación de tareas.

i. Cuando una organización decide adoptar múltiples metodologías de organización documental, es posible que se implementen nuevos sistemas, políticas y prácticas en diferentes áreas de la entidad

3. Sobrecarga de trabajo: Si no se gestiona adecuadamente, la adopción de múltiples metodologías puede llevar a una sobrecarga de trabajo para el personal, ya que deben cumplir con las exigencias de cada metodología y garantizar la coherencia en la gestión documental.

a. Esto puede resultar en una disminución de la capacidad de cumplir con las obligaciones y tareas asignadas de manera efectiva, lo que puede llevar a violaciones o incumplimientos de las políticas y estándares de la organización.

2. **Ausencia de copias de seguridad adecuadas:** Para que las copias de seguridad sean viables, la información en ellas debe ser precisa y fiable.

A. Si no se realiza una copia de seguridad de documentos clave, existe el riesgo de perder información valiosa en caso de un fallo en el dispositivo de almacenamiento, un accidente, o un error humano. La recuperación de datos perdidos o la recreación de documentos puede ser costosa en términos de tiempo y recursos, esto puede afectar la productividad y los costos operativos.

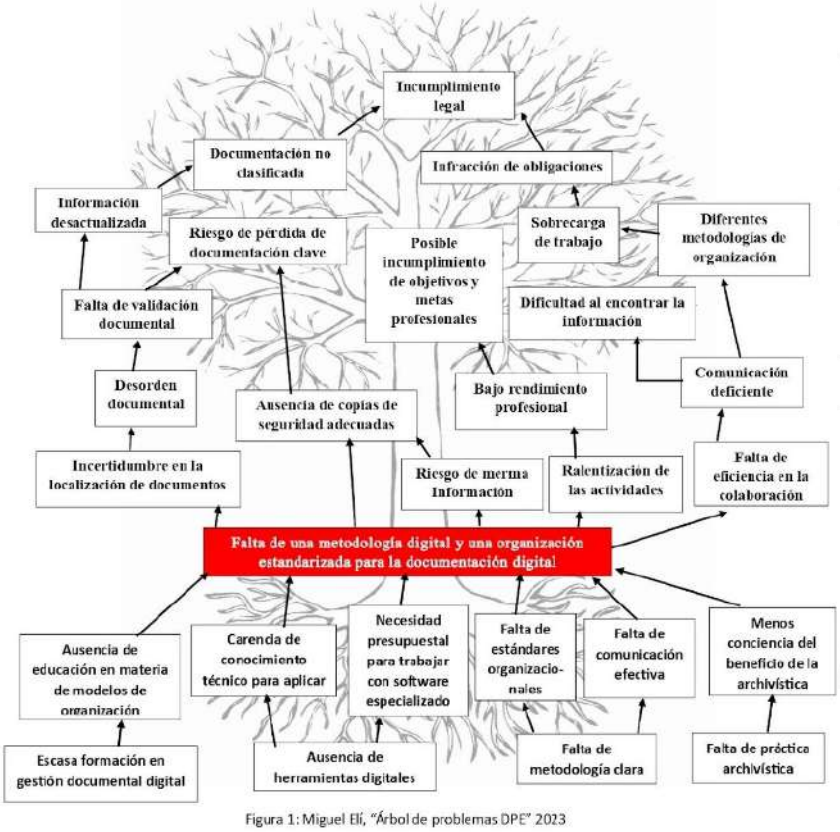


Figura 1: Miguel Elí, "Árbol de problemas DPE" 2023

Figura 2; Miguel Elí, "Árbol de problemas DPE" 2023. *Árbol de problemas donde las raíces representan los problemas y las ramas las posibles consecuencias.*

La presentación de casos similares a este proyecto es beneficiosa para brindar el contexto necesario para entender el problema, justificación y marco conceptual de la investigación, también demostrar los hallazgos relacionados con el tema en cuestión en las cuales brindan una nueva perspectiva de los estudios. Al momento de comparar estos proyectos con el nuestro puedo especificar claramente las diferencias y similitudes, lo que ayuda a delimitar el alcance de la investigación, de igual forma al revisar cómo se llevaron a cabo otros proyectos similares, pueden servir de base de técnicas bien aplicadas en el campo de investigación similar a este proyecto. Se dividió en dos secciones de internacional y nacional para hacer notar de cierta forma la diferencia de avance por parte de otros países en el tema de organización digital y la evaluación en archivística, fueron seleccionados igualmente con relación con el tema o la estrategia de solución, propuesta que está más adelante en principales fases y actividades. La presentación de los antecedentes está dividida en: país, título de la investigación, objetivo de la investigación, el alcance, el contexto, logros alcanzados, las estrategias de solución del problema y la conexión con el actual proyecto.

Internacionales:

1. **Colombia**:

Modelo teórico para realizar diagnóstico a los archivos físicos y electrónicos producidos en Colombia: análisis comparativo. Universidad de la Salle Bogotá

Objetivo: Elaborar un modelo teórico, para realizar el proceso de diagnóstico archivístico, en archivos físicos y electrónicos.

Alcance: El método utilizado para recolectar la información fue la investigación documental se accedió a bases de datos especializadas, garantizando el acceso a fuentes de información de calidad y con respaldo científico o institucional y luego realizando un análisis y sistematización de esta información que se incorporó como marco teórico de la investigación, situación que permitió que de forma paralela se realizará la descripción en la matriz comparativa de los pormenores del proceso de diagnóstico archivístico, en los países de México, Colombia y Costa Rica

Contexto: La investigación que fue utilizada para desarrollar este trabajo de Analítica y Comparativa. Se utilizó la comparación para identificar las buenas prácticas, políticas, normativas y herramientas tecnológicas empleadas en los tres países objeto de estudio para realizar los diagnósticos archivísticos a documentos físicos y electrónicos y a partir de esa construcción explicar la realidad de este proceso para formular acciones de mejora y generar un modelo con el objeto de aplicarlo en las entidades públicas y privadas en Colombia.

Logros: Se generó una propuesta de Modelo teórico para realizar diagnóstico a los archivos físicos y electrónicos producidos en Colombia

Estrategias de solución:

Las estrategias que se propusieron fueron:

- Implementar instrumentos de descripción de archivística básicos tales como el formato único de inventario documental FUID y aplicarlo a los fondos documentales de archivos físicos y electrónicos.
- Analizar la claridad de la política archivística en las fases de Planeación de documentos y producción de documentos de archivo.

Conexión: Se analizó de manera general las normativas que tienen que ver con el diagnóstico archivístico de los documentos físicos y electrónicos. Se generaron estrategias y herramientas para el mejoramiento de las oportunidades y calidad de la información generada en la entidad productora.

Del mismo modo, en el Departamento de Planificación Estratégica (DPE), es esencial llevar a cabo una evaluación minuciosa y un análisis detenido del estado actual de la gestión de documentos electrónicos en la dirección. Esto permitirá la creación de estrategias y herramientas específicas para abordar el problema de la organización de la documentación electrónica. Estas estrategias y herramientas se diseñarán y planificará de manera que se integren de manera efectiva en el proyecto en curso

1. **Ecuador**:

Los procesos técnicos archivísticos y organización digital de documentos: manual de procedimientos en gestión documental.

Objetivo: Definir la importancia de los procesos técnicos archivísticos en la organización digital de los documentos, mediante un estudio bibliográfico, estadístico y de campo, para la elaboración de un manual de procedimientos en gestión documental.

Alcance: A partir de una exhaustiva revisión bibliográfica de casos exitosos en el ámbito de los procesos técnicos archivísticos y la gestión digital de documentos, tanto a nivel nacional como regional, se ha llevado a cabo un proceso sistemático y continuo con el propósito de identificar las mejores prácticas a través del benchmarking. En otras palabras, se ha realizado una evaluación metódica de productos, servicios y procedimientos de organizaciones reconocidas. En este contexto, se han seleccionado estas experiencias como ejemplos destacados con el fin de generar nuevas ideas, mediante la comparación de aspectos significativos que puedan añadir valor al proceso de gestión documental en la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP.

Contexto: En este proyecto, nuestro objetivo es crear e implementar un Manual de Procedimientos en Gestión Documental para la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP, una empresa eléctrica pública en Ecuador, para alcanzar este objetivo, estamos utilizando las leyes vigentes en Ecuador como referencia. Para lograrlo, estamos estudiando ejemplos exitosos tanto a nivel nacional como regional, que nos ofrecen las mejores prácticas para desarrollar un modelo de gestión documental y archivística en el área que supervisa la Secretaría General de la empresa.

Esta propuesta proporciona un desglose de las directrices que deben ser seguidas en la Corporación en relación con la estructuración, preservación y eliminación de documentos, ya sean en formato físico o digital. Además, se establece claramente qué documentos deben ser considerados como parte integral del archivo institucional, por último, se incorporan indicadores destinados a supervisar y dar seguimiento al desarrollo de este proceso.

Logros:

En el marco de este proyecto, se lograron avances significativos en varias áreas clave, se estableció un diagrama de flujo para el procedimiento, lo que permitió una mayor claridad y eficiencia en la gestión documental. Además, se desarrolló un modelo para la codificación de archivos, lo que facilitó la organización y recuperación de la información de manera más efectiva.

El proyecto también implementó un registro detallado para la correspondencia externa e interna, así como para la transferencia de documentos, esto ayudó a mejorar la trazabilidad y el control de los registros y la información. En cuanto a la administración de préstamos de documentos originales, se implementó un sistema de control que garantiza un seguimiento adecuado y evita pérdidas o confusiones.

El proyecto también se centró en la estandarización de etiquetas, con modelos para biblioratos y cajas contenedoras de archivos, lo que simplificó la identificación y clasificación de los documentos. Además, se creó una guía de archivos y se establecieron lineamientos

generales para la protección y conservación de los archivos, lo que contribuyó a preservar la integridad de la documentación a lo largo del tiempo.

Estrategias de solución:

- El Manual de Procedimientos de Gestión Documental representa una herramienta institucional esencial que, entre otros aspectos, tiene la capacidad de estructurar la información registrada en diversas formas (ya sea textual, gráfica o electrónica) y en distintos medios (tanto en papel como en formato magnético), sin importar la fecha de su emisión o recepción. Esto se aplica a todos los elementos generados por la actividad económica principal de CNELEP. Además, el manual también nos brinda la capacidad de identificar, examinar y evaluar todas las series de documentos, lo que nos permite determinar los plazos de retención y orientarnos hacia la transferencia o eliminación de documentos, de acuerdo con lo establecido en la propuesta a través de la creación de un Manual de Procedimientos de Gestión Documental.

Conexión: El proyecto empezó evaluando el personal para poder llevar a cabo el plan necesario para mejorar el rendimiento y acatar lo que legalmente lo que les corresponde, con las herramientas que necesitan para brindar la transparencia a sus servicios públicos.
El DPE ya sigue su cumplimiento legal archivístico gracias al departamento de archivos de la Fiscalía de Michoacán, solamente se busca el mejoramiento de manera más concreta en la dirección, en donde igualmente pasará por las fases de evaluación y recolección de información para identificar las necesidades y las posibles soluciones
La metodología propuesta para la organización digital de las carpetas de investigación de la Dirección de Planeación y Estadística se justifica en base a la necesidad de estandarizar y mejorar significativamente la gestión de documentos digitales en esta área. Como se ha mencionado previamente, la implementación de esta metodología se basa en experiencias exitosas de proyectos similares que han logrado resolver problemas y optimizar el funcionamiento de instituciones relacionadas.
Esta propuesta se respalda en la evidencia de que las herramientas y enfoques utilizados en proyectos similares han demostrado ser efectivos en la estandarización y administración de documentos digitales: la optimización de los procesos de trabajo es un objetivo clave, y se ha observado que tales enfoques han tenido un impacto positivo en otras instituciones. La necesidad de una gestión eficiente de documentos digitales es esencial en un entorno donde la información es valiosa y abundante, además esta metodología se alinea con los estándares y las mejores prácticas en el campo de la gestión documental, lo que garantiza que la Dirección de Planeación y Estadística esté alineada con las normativas y pueda mejorar la accesibilidad y la seguridad de su información.
Las propuestas de este proyecto eran protocolo, manual y capacitación, por lo que de acuerdo con el análisis de los problemas que aborda la dirección, se propuso una estrategia que sea factible en el tiempo límite acordado, para atender adecuadamente las necesidades de la Dirección. Como se mencionó anteriormente, los manuales tenían como objetivo proporcionar un marco general y una guía detallada sobre cómo gestionar la documentación de manera eficiente y segura, así como establecer estándares para la producción documental y la preservación digital. Dado que la dirección contaba con la Dirección de Tecnologías de la Información, su propósito, de acuerdo con su reglamento en el artículo 91, era sugerir a la Dirección General de Tecnologías alternativas tecnológicas para la gestión de documentos electrónicos, desarrollar protocolos y directrices, establecer medidas de seguridad informática, ofrecer orientación en el uso de tecnologías y en la gestión de datos, y asegurar la calidad de acuerdo con los estándares establecidos.

Se optó por hacer únicamente recomendaciones en términos tecnológicos y digitales para la DGTI, que podrían mejorar o implementar dentro del departamento. Esto, ya que la implementación de una herramienta informática no autorizada podría verse como una vulnerabilidad para la Dirección al no saber qué tipo de herramienta podría ser incompatible con los estándares de la Fiscalía; además, la validación de una herramienta informática podría retrasar el proyecto más allá de lo planeado debido a la validación burocrática de dicha herramienta.

La herramienta que se propuso implementar fue un híbrido entre protocolo y capacitación, ya que proporcionaba instrucciones específicas y detalladas para abordar situaciones concretas, lo que permitía una implementación más efectiva de las políticas y procedimientos. La realización de sesiones de capacitación requirió menos recursos y fue más fácilmente gestionable en comparación con la elaboración de un manual completo, lo que lo hizo más viable desde el punto de vista logístico y financiero.

CAME. El análisis CAME es una herramienta de planificación estratégica que se utiliza para complementar el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Mientras que el análisis FODA se centra en identificar y comprender los factores internos y externos que afectan a una organización, el análisis CAME se utiliza para desarrollar estrategias específicas para abordar estos factores. Donde las siglas significan:

C: Corregir las debilidades con estrategias de supervivencia.

Se busca identificar y abordar las debilidades internas con estrategias diseñadas para fortalecer la posición de la organización, estas estrategias pueden incluir medidas correctivas destinadas a mejorar áreas deficientes y garantizar la supervivencia y el éxito a largo plazo.

A: Afrontar las amenazas con retroalimentación

Implica reconocer y enfrentar directamente las amenazas externas mediante la retroalimentación y la adaptación continua, se puede incluir el desarrollo de medidas proactivas para contrarrestar las amenazas y minimizar su impacto negativo en la organización.

M: Mantener las fortalezas con ofensivas.

Se trata de preservar y fortalecer las fortalezas internas de la organización mediante la implementación de estrategias ofensivas, implica aprovechar al máximo las fortalezas existentes y mantener una ventaja competitiva sólida en el mercado.

E: Explorar las oportunidades aplicando defensas.

Se trata de identificar y capitalizar las oportunidades de crecimiento y desarrollo mediante la aplicación de estrategias defensivas, implica proteger y maximizar el potencial de las oportunidades identificadas, asegurando un crecimiento sostenible y una ventaja competitiva continua.

Para no citar todas las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas sólo se tomarán en cuenta en esta parte del texto las que influyeron para la aplicación del protocolo y la capacitación.

- Debilidades y correcciones:
- No se consultan políticas o herramientas archivísticas. Se puede corregir a través de un programa de capacitación que eduque al personal sobre la importancia de consultar y seguir las políticas y herramientas archivísticas disponibles.
- Dificultad de manejo de documentación digital. Se puede ofrecer capacitación específica sobre cómo manejar adecuadamente la documentación digital, incluyendo el uso de herramientas y mejores prácticas.

- Falta de administración de accesos. Se puede proporcionar capacitación sobre la importancia de una adecuada gestión de accesos y cómo implementarla de manera efectiva en el entorno digital.
- No se implementan metadatos. Se puede establecer un protocolo para la creación y el uso de metadatos en los documentos digitales, incluyendo estándares y directrices para su aplicación consistente.
- Diferentes métodos de manejos de los documentos duplicados y nombramiento documental. Establecer estándares de nombramiento y manejo de documentos duplicados en un protocolo accesible a toda la dirección, para facilitar el trabajo en conjunto con los demás trabajadores.
- Falta de plan de preservación digital. Se podría establecer un protocolo para el desarrollo y mantenimiento de un plan de preservación digital, que incluya la identificación de los activos digitales críticos, los métodos de preservación adecuados y los procedimientos para la migración de formatos de archivo obsoletos.
    - Amenazas y formas de afrontarlas:
    - No existe un plan de preservación digital. Proporcionar capacitación especializada sobre la importancia del plan de preservación digital y cómo implementarlo correctamente en la organización sin meterse en las responsabilidades administrativas de otro departamento.
    - No se abordan temas archivísticos en las capacitaciones aplicadas. Incorporar sesiones de capacitación práctica y ejercicios que permitan al personal adquirir habilidades concretas relacionadas con la archivística.
- Fortalezas y formas de mantenerlas:
- Pautas claras sobre la duración de los documentos. Desarrollar un protocolo que establezca pautas claras para la duración de los documentos y los métodos de consulta de información pública, asegurando la consistencia y el cumplimiento con los requisitos legales y regulatorios.
- Se conoce las funciones de producción. Ofrecer capacitación específica sobre las funciones de producción relevantes para que el personal involucrado esté al tanto de sus funciones o actividades vigentes.
- Se toma en cuenta la planificación estratégica para la gestión documental. Incorporar esta planificación en los protocolos y procesos existentes ayuda a alinear las actividades diarias con los objetivos estratégicos de la organización, lo que contribuye a una gestión documental más efectiva y centrada en los resultados.
- Existe un proceso de transferencia documental. Un repaso o mención dentro de la capacitación o protocolo sobre esta herramienta ya existente en la dirección, proporcionará procesos claros para la transferencia de documentos entre departamentos o áreas dentro de la organización. Esto ayudará a garantizar que los documentos se transfieran de manera segura y eficiente, evitando la pérdida o el acceso no autorizado a la información confidencial.
    - Oportunidades a explorar y defender:
- Mejorar las prácticas de gestión de datos digitales. Desarrollar un protocolo detallado para la gestión de datos digitales que incluya procedimientos para la recolección, almacenamiento, procesamiento y protección de los datos. Ofrecer capacitación sobre las mejores prácticas en la gestión de datos digitales, incluyendo técnicas de organización, seguridad y preservación.

- Capacitación para establecer una cultura de gestión de la información. Incluir sesiones de capacitación sobre los riesgos asociados con la mala gestión de la información y cómo mitigarlos a través de prácticas adecuadas.
- Seguridad y Cumplimiento Normativo. Establecer un protocolo de seguridad de la información que garantice el cumplimiento de las regulaciones y normativas aplicables a la gestión de datos. Proporcionar capacitación sobre las políticas de seguridad de la información y los procedimientos de cumplimiento normativo, asegurando que el personal esté al tanto de sus responsabilidades y las medidas necesarias para proteger los datos.
- Control de Acceso y Confidencialidad. Implementar un protocolo de control de acceso que establezca niveles de autorización adecuados para acceder a la información confidencial, junto con procedimientos para gestionar y auditar el acceso. Proporcionar capacitación sobre el uso adecuado de los controles de acceso y la importancia de mantener la confidencialidad de la información, asegurando que el personal esté capacitado para proteger la información confidencial de manera efectiva.

Respecto a la capacitación y su enfoque pedagógico, se propusieron estrategias informativas y de aprendizaje activo, que permitieron homologar los conocimientos básicos de tecnologías entre todos los trabajadores, al poner en práctica toda la teoría expuesta durante la capacitación. De acuerdo con la Ley Federal del Trabajo, se impartió la capacitación dentro de las horas laborales, salvo acuerdo entre los trabajadores y el patrón para realizarla fuera de este horario, situación en la que se me notificó para ajustar el plan de aplicación a sus horarios. El desarrollo de las herramientas implementadas en este proyecto pasó por un proceso de verificación por parte de la Directora, con el fin de cumplir con los estándares legales establecidos, una vez aprobadas, se comenzó a aplicar la capacitación a los trabajadores, de acuerdo con la fecha y el material solicitados, algunas de las estrategias aplicadas fueron:

Despliegue gradual: Tras la capacitación y finalización de las asesorías de migración documental, se brindó apoyo continuo al personal junto con el protocolo en formato digital, facilitando el proceso de aprendizaje y adaptación a las nuevas estrategias.
Reportes de incidentes: Tras finalizar el periodo de capacitación, se estableció un periodo de prueba de 4 a 6 semanas, o el tiempo aprobado por la Directora, para que el personal pusiera en práctica lo aprendido. Dado que no se me otorgó acceso a las carpetas de Drive ni a los documentos, solo en caso de emergencia se notificó tanto a la Directora como al asesor del proyecto.
Revisión de documentación: Después de completar el periodo de prueba, se realizó una revisión de la documentación del personal capacitado, con el fin de asegurar que los procedimientos establecidos en el protocolo archivístico se estuvieran siguiendo correctamente. Esta revisión tuvo como propósito garantizar el cumplimiento de las políticas y prácticas, así como identificar áreas de mejora o no conformidades.
Acercamiento: Se evaluó de manera efectiva el conocimiento y la comprensión del personal sobre los procedimientos archivísticos establecidos, proporcionando una evaluación objetiva de su nivel de competencia en la gestión documental.
Encuesta de investigación: Se aplicó la encuesta de investigación al personal para medir el impacto y la eficiencia que tuvieron las herramientas implementadas, con el punto de vista de los trabajadores que solicitaron la asesoría y que asistieron a la mayoría de los días de capacitación, sin realizar una evaluación formal con fines de calificación profesional.

RESULTADOS. Para comprender plenamente los resultados de esta investigación, es importante reconocer y considerar algunas limitaciones inherentes a la metodología cualitativa utilizada en este estudio, estas limitaciones se presentan como desafíos que podrían influir en la interpretación de los hallazgos y en la aplicabilidad de los resultados en un contexto más amplio. En un estudio de investigación, es común enumerar y discutir las limitaciones para que los resultados se interpreten adecuadamente y se reconozca el contexto en el que se obtuvieron, esto refuerza la integridad y la credibilidad del trabajo de investigación.

Algunas limitantes que se prevén en el estudio del enfoque cualitativo son las siguientes:

Son las muestras pequeñas: En este caso sí se considera como una muestra pequeña por lo que no se puede ser aplicada o replicada a otros proyectos similares, ya que, al momento de generar un hallazgo de organización se limitará únicamente a la población estudiada para representar adecuadamente al estudio en un estado poblacional de interés.

Sesgo del investigador: Es muy común en estudios de carácter cualitativo ya que, al momento de realizar las preguntas, pueden estar encaminadas hacia un solo resultado sin brindar un campo de visión más allá de lo que el investigador quiere saber. Esto también se presta para interpretación de datos, la presentación de resultados, limitar la capacidad de medir el impacto y dificultad de replicar exactamente los mismos resultados en diferentes situaciones.

Dificultad de consenso: Al momento de generar este análisis FODA se puede llegar a ver como una fortaleza puede verse percibida como una debilidad. Esto puede dificultar la obtención de un consenso claro en los hallazgos.

Tiempo y recursos requeridos: La recopilación y análisis de datos cualitativos puede ser un proceso laborioso y que consume tiempo, puede requerir una inversión significativa de recursos en términos de tiempo, personal y financiamiento.

límite legal: Dado que cualquier herramienta o protocolo desarrollado para la Dirección de Planeación y Estadística carece del peso normativo necesario, existe el riesgo de que estos nuevos requisitos no sean aceptados ni seguidos adecuadamente por los empleados. La falta de una base legal puede reducir la motivación y el compromiso de los trabajadores para adoptar y aplicar las nuevas prácticas, afectando así la efectividad de la implementación del sistema de organización digital.

Las limitantes de la naturaleza descriptiva:

Limitada al contexto presente: No puede proporcionar información sobre tendencias o proyecciones a largo plazo, ya que se está recopilando información de un momento específico y único.

No busca el porqué: Es decir no explora las razones del fenómeno ya que puede ser difícil determinar si la característica existía antes del factor principal o es solo un síntoma.

Dependencia de la calidad de los datos: La precisión y confiabilidad de los resultados en un estudio descriptivo dependen en gran medida de la calidad de los datos recopilados. Errores en la recopilación de datos y limitantes de captura de información, pueden afectar la validez de los hallazgos o del mismo proyecto.

Las desventajas de la muestra no representativa:

No representativa: Como dice el nombre se analiza un caso de forma específica, por lo cual limita la validez externa de los hallazgos y su aplicabilidad en contextos más amplios.

Dificultad en la toma de decisiones: Los resultados basados en una muestra no representativa pueden llevar a decisiones erróneas o subóptimas si se utilizan para informar políticas, estrategias o acciones.

Mayor incertidumbre: Los resultados basados en una muestra no representativa pueden ser menos confiables y estar acompañados de una mayor incertidumbre debido a la falta de representatividad y la posibilidad de que los resultados no reflejen con precisión la realidad. El hecho de que el personal haya recibido capacitación específica y activa sobre el uso de las nuevas herramientas y protocolos archivísticos asegura que puedan adaptarse con mayor facilidad a los cambios y seguir las mejores prácticas para el manejo documental, este proceso de formación continua genera confianza en el uso de tecnologías, lo que impactará en la productividad general de la dirección. Pero al momento de no ver un resultado rápido de las herramientas implementadas, pueden llegar abandonar las actividades propuestas en el protocolo y la capacitación, ya que también no existe un beneficio instantáneo al aplicarlo o un castigo al no usar estos métodos.

CONCLUSIONES. Hasta el momento, el desarrollo de este proyecto ha permitido la identificación de áreas críticas en la gestión documental de la Dirección de Planeación y Estadística de la Fiscalía del Estado de Michoacán, la implementación de nuevas herramientas tecnológicas y la capacitación del personal han sido pasos esenciales para mejorar la seguridad, eficiencia y accesibilidad de los documentos, aunque los resultados finales aún están en fase de evaluación, las primeras fases de diagnóstico y ejecución sugieren que la dirección está en un proceso de mejora continuo. Se espera que, una vez que se finalice la fase de prueba y se recojan todos los datos, el impacto de las medidas adoptadas confirme el éxito de la optimización de la administración documental digital.
El siguiente paso será realizar un análisis detallado de los datos obtenidos en el periodo de implementación, lo que permitirá medir con precisión el impacto real de las acciones aplicadas y ajustar cualquier aspecto necesario, la expectativa es que estas iniciativas contribuyan significativamente al fortalecimiento de los procesos internos de la dirección. Es importante destacar que, debido a la limitación de los permisos de uso y obtención de documentación, así como por razones de privacidad, no es posible compartir detalles específicos sobre el uso de plataformas, servidores, estrategias de encriptación, o errores mayores identificados en el diagnóstico. No obstante, el análisis general y las soluciones propuestas están fundamentadas en las mejores prácticas y en el marco normativo aplicable, asegurando que los procesos implementados se alinean con los objetivos de mejora de la Dirección.

REFERENCIAS.

1. Constantino Tancara, Q. “La Investigación Documental.” Instituto de Investigaciones Sociológicas Mauricio Lefebvre (IDIS), La Paz: Bolivia, 1993. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008.
2. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. “Árbol de problemas - CONEVAL.” Consultado el 30 de agosto de 2023. https://www.coneval.org.mx/Informes/boletin_coneval/boletin_monitoreo_01_2013/nota3.html.
3. Gobierno de México. “Los Orígenes del Ministerio Público.” PDF. Consultado el 26 de febrero de 2023. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/341893/I._OR_GENES_DEL_MINISTERIO_P_BLICO.pdf#:~:text=En%201527%2C%20el%20rey%20Felipe%20II%20orden%C3%B3%20que,del%20pueblo%20cuyo%20representante%20era%20el%20Soberano.%2011.
4. Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado, y Lucio Pilar Baptista. “Metodología de la Investigación.” Cuarta edición, abril de 2006. Iztapalapa, México D. F.: Editora de Desarrollo, Marcela L Rocha Martinez. ISBN 970-10-5753-8. http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodología%20de%20la%20Investigación%20SAMPIERI.pdf.
5. Marichal, Carlos. “Los Orígenes del Sistema Fiscal en México: Del Imperio Azteca al Imperio Español, Siglos XVI-XVIII.” En *Crónica Gráfica de los Impuestos en México, Siglos XVI-XX*, Sistema de Administración

Tributaria, México, 2003, pp. 17-50. Consultado el 26 de febrero de 2023. https://carlosmarichal.colmex.mx/finanzas-coloniales/Origenes%20del%20sistema%20fiscal.pdf.
6. Martínez Salgado, Carolina. "El Muestreo en Investigación Cualitativa: Principios Básicos y Algunas Controversias." Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana (Xochimilco), 23 de marzo de 2013. https://www.scielo.br/j/csc/a/VgFnXGmqhGHNMBsv4h76tyg/?lang=es#:~:text=En%20el%20%C3%A1mbito%20de%20la,no%20aparecen%20ya%20otros%20elementos.
7. Montoya Barbosa, L. P. "Modelo Teórico para Realizar Diagnóstico a los Archivos Físicos y Electrónicos Producidos en Colombia: Análisis Comparativo." Consultado el 9 de octubre de 2022. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_gestion_documental/78.
8. Ponce Talancón, H. "La Matriz FODA: Una Alternativa para Realizar Diagnósticos y Determinar Estrategias de Intervención en las Organizaciones Productivas y Sociales." *Contribuciones a la Economía*, septiembre de 2006. Texto completo en https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00290.pdf.
9. Suprema Corte de Justicia de la Nación. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Reforma del 5 de febrero de 1857. Centro de Documentación y Análisis, Archivos y Compilación de Leyes. Publicado: 2017. Consultado el 26 de febrero de 2023. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf.
10. Villamar Barahona, Gabriel Alonso. "Los Procesos Técnicos Archivísticos y Organización Digital de Documentos." Universidad de Guayaquil, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, 2018. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32779.
11. Yuly Andrea Agudelo Puerta. "Descripción Archivística, un Instrumento Fundamental de Búsqueda y Consulta del Patrimonio Documental." Subdirección de Gestión del Patrimonio Documental del Archivo de Bogotá, 2022. Consultado el 10 de septiembre de 2023. https://archivobogota.secretariageneral.gov.co/noticias/descripci%C3%B3n-archiv%C3%ADstica-instrumento-fundamental-b%C3%BAsqueda-y-consulta-del-patrimonio#:~:text=Hacer%20la%20descripci%C3%B3n%20con%20base%20en%20el%20contexto,rescatan%207%20%C3%A1reas%20y%20se%20diligencias%2026%20campos.
12. "976/2022|Por Cuarto Año Consecutivo, Recibe Fiscalía General, Premio Internacional 'u-gob 22' por Proyecto de Innovación Pública." Consultado el 31 de agosto de 2023. https://comunicacion.fiscaliamichoacan.gob.mx/articulos/20220511-9762022por-cuarto-ano-consecutivo-recibe-fiscalia-general-premio-internacional-u-gob-22-por-proyecto-de-innovacion-publica.
13. "Recibe Fiscalía General, Premio 'LAS MÁS INNOVADORAS 2022'." Comunicado de Prensa, 14 de diciembre de 2022. Consultado el 29 de agosto de 2023. https://comunicacion.fiscaliamichoacan.gob.mx/articulos/20220511-9762022por-cuarto-ano-consecutivo-recibe-fiscalia-general-premio-internacional-u-gob-22-por-proyecto-de-innovacion-publica.
14. deChile.net. "Fiscal." Última actualización: 27 de febrero de 2023. Consultado el 27 de febrero de 2023. http://etimologias.dechile.net/?fiscal#:~:text=La%20palabra%20"fiscal"%20viene%20del,-al%20(relativo%20a).
15. Reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado de Michoacán, 2023. "Reglamento de la Ley Orgánica de la Fiscalía General del Estado de Michoacán" Reformas y adiciones publicadas en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo, capítulo 2, sección 1, página 94. https://juridico.fiscaliamichoacan.gob.mx/plataformanormativa/normativa/originales/3291_Reglamento%20FGE.pdf
16. Calderón Mofad Mariana (4/4/24) "Taller de planeación estratégica con el contexto archivístico", ENES Morelia UNAM.
17. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2024). Ley Federal del Trabajo. Artículo 153-A. Capítulo III BIS. Título cuarto: Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y de los Patrones. Consultado el 27 de febrero de 2024.
18. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFT.pdf
19. Miguel Elí Alvarez Mejía & Luis Miguel García Velázquez: "Propuesta de solución DPE" "Proyecto Dirección de planeación y estadística", "Reporte del diagnóstico de la dirección"," Resultados de diagnóstico"
20. https://docs.google.com/document/d/1kw5PQJjUfcCT8acnM7Rgn2Qi6mfWeEkttFIWaNhG4vI/edit?usp=sharing
21. https://docs.google.com/document/d/1MNg2rGgIdU7AhEH3mq2Yx2m6CDwwF5j4wRTdP5WwXoI/edit?usp=sharing
22. https://docs.google.com/document/d/1Vm6U1xCP0T11WrNKsRGEnc7x-JuJZzH-5TPVZaP9_Rs/edit?usp=sharing
23. https://docs.google.com/document/d/1Vm6U1xCP0T11WrNKsRGEnc7x-JuJZzH-5TPVZaP9_Rs/edit?usp=sharing

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024116

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS DE: MAGNETITA (FE_3O_4), CARBOXIMETILCELULOSA Y QUITOSANO, PARA SU USO COMO MATERIAL ANTIMICROBIANO EN EL ÁREA BIOMÉDICA

Frida Guadalupe Gómez Valencia[1], José Francisco Medina Sandoval[2]
1Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, N21030453@itsch.edu.mx
2Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo N21030438@itsch.edu.mx

Palabras Clave: Magnetita, quitosano, carboximetilcelulosa, método hidrotermal, propiedades antimicrobianas, caracterización, resistencia bacteriana.

RESUMEN. Este proyecto se centra en la síntesis y caracterización de un material compuesto antimicrobiano formado por magnetita (Fe_3O_4), quitosano y carboximetilcelulosa, con aplicaciones en el área biomédica para combatir infecciones bacterianas. La magnetita aporta propiedades magnéticas y biocompatibilidad, el quitosano, derivado de la quitina, ofrece capacidades antibacterianas, mientras que la carboximetilcelulosa refuerza las propiedades mecánicas del material. Se sintetizaron nanopartículas de magnetita mediante el método hidrotermal, que luego se combinaron con quitosano y carboximetilcelulosa. La caracterización del material se realizó mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y difracción de rayos X (DRX), y se evaluó su capacidad antibacteriana frente a Escherichia coli y Staphylococcus aureus utilizando el método Kirby-Bauer. Los resultados indicaron una inhibición bacteriana limitada para las nanopartículas de magnetita combinadas con quitosano y carboximetilcelulosa, mientras que la magnetita pura no mostró actividad significativa. Este estudio destaca el potencial de estos materiales en la lucha contra infecciones bacterianas resistentes a antibióticos y su posible aplicación en el desarrollo de materiales médicos innovadores.

INTRODUCCIÓN. La resistencia a los antibióticos es un desafío global urgente, responsable de más de 1,2 millones de muertes anuales (Cassini et al., 2019). Para hacer frente a esta problemática, se han desarrollado estrategias basadas en materiales compuestos con propiedades antimicrobianas. Los compuestos de magnetita, quitosano y carboximetilcelulosa sobresalen por su biocompatibilidad y su capacidad para inhibir el crecimiento bacteriano. El quitosano, un polímero derivado de la quitina de crustáceos, es conocido por sus propiedades antibacterianas y biodegradables, mientras que la carboximetilcelulosa refuerza las propiedades mecánicas del material. La magnetita, además de sus propiedades magnéticas, es biocompatible, lo que la convierte en un componente ideal para su uso en aplicaciones médicas. La síntesis controlada de nanopartículas mediante el método hidrotermal juega un papel clave en la obtención de materiales con características óptimas para aplicaciones biomédicas. En este trabajo, se

explora cómo la combinación de magnetita, quitosano y carboximetilcelulosa puede ofrecer nuevas soluciones para combatir bacterias como Escherichia coli y Staphylococcus aureus.

ANTECEDENTES. Problemática de las infecciones resistentes a antibióticos: En 2019, se estimó que más de 1,2 millones de personas fallecieron debido a infecciones causadas por bacterias resistentes a los antibióticos (Cassini et al., 2019). Desarrollo de materiales con propiedades antibacterianas: Debido a la creciente resistencia bacteriana, se están investigando materiales compuestos con propiedades antibacterianas, como Fe_3O_4, quitosano y carboximetilcelulosa, que podrían prevenir la propagación de infecciones. Propiedades de los polímeros naturales: Se ha demostrado que el quitosano (derivado de la quitina) es un polímero natural con biocompatibilidad, biodegradabilidad y propiedades antibacterianas (Kim & Park, 2017), características que lo hacen atractivo para el desarrollo de materiales biomédicos. Además, facilita la funcionalización de nanopartículas, lo que lo convierte en un material versátil en aplicaciones médicas (González et al., 2022). Carboximetilcelulosa: Otro polímero natural ampliamente disponible y biocompatible, que mejora las propiedades mecánicas de los materiales, lo que es clave para su durabilidad y aplicación en entornos biomédicos (Martínez & López, 2023). Magnetita (Fe_3O_4): Este compuesto aporta biocompatibilidad y propiedades magnéticas al material, lo que podría abrir nuevas aplicaciones en medicina y diagnóstico.

OBJETIVO. Sintetizar y caracterizar un material compuesto de quitosano, carboximetilcelulosa y Fe_3O_4 para su posible uso como material antimicrobiano en el área biomédica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Sintetizar nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) mediante el método hidrotermal. Elaborar un material compuesto utilizando nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) recubiertas con quitosano y carboximetilcelulosa. Caracterizar las Nps y el material compuesto utilizando técnicas de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) y Difracción de Rayos X (DRX). 4. Evaluar la inhibición del material compuesto de carboximetilcelulosa, quitosano y magnetita (Fe_3O_4) en las bacterias *Escherichia coli y Staphylococcus aureus* mediante la técnica de *Kirby Bauer.*

MATERIALES Y MÉTODOS.
Material y equipo: micropipeta, puntas de micropipeta, matraz Erlenmeyer de 500 mL, matraz Erlenmeyer de 50 mL, agitador magnético, termómetro, vasos de precipitados de 50 mL, vidrios de reloj, espátula, cajas Petri, tubos de ensayo, isopos, asa bacteriológica, liofilizador, parrilla de calentamiento, incubadora, autoclave, horno de secado.
Síntesis de nanopartículas de magnetita. Las nanopartículas de magnetita se prepararon mediante el método hidrotermal como se muestra en la Fig1. Se mezclaron 0.1 M de $FeSO_4$ (1.5162 g en 100 ml de agua destilada) y 0.2 M de $Fe_2(SO_4)_3$ (7.9965 g en 100 ml de agua destilada), agregando 25 ml de cada solución a un vaso de precipitado. La mezcla se agitó magnéticamente a 700 rpm y se calentó hasta 80°C (utilizando una parrilla de calentamiento y un agitador magnético) Al alcanzar la temperatura, se añadieron 20 ml de hidróxido de amonio mediante goteo, retirando luego el calentamiento. La agitación magnética continuó durante 3 horas antes de transferir la mezcla a una autoclave por 16 horas.

Material compuesto. Se preparó un material compuesto de quitosano, carboximetilcelulosa y magnetita (Fe_3O_4) mezclando 0.5 g de quitosano, 0.5 g de carboximetilcelulosa y 0.15 g de magnetita molida en un mortero, como se muestra en la Fig2. Esta mezcla se añadió a un vaso de precipitados. Luego, se disolvieron 2.5 g de ácido cítrico en 100 ml de agua en un matraz aforado, obteniendo una solución homogénea. La solución de ácido cítrico se vertió en un vaso de precipitados con agitación magnética a 700 rpm y calentamiento hasta menos de 80°C. Se añadió lentamente la mezcla de polímeros, manteniendo la agitación y el calentamiento durante 2 horas y 30 minutos. Finalmente, la mezcla se vertió en dos cajas Petri y en seguida fueron llevadas al liofilizador a una temperatura de -90°c durante 72 horas.
Se preparó un material compuesto de carboximetilcelulosa, quitosano y magnetita (Fe_3O_4) mezclando 0.5 g de quitosano, 0.5 g de carboximetilcelulosa y 0.15 g de magnetita molida en un mortero, como se muestra en la Fig2. Esta mezcla se añadió a un vaso de precipitados. Luego, se disolvieron 2.5 g de ácido cítrico en 100 ml de agua en un matraz aforado, obteniendo una solución homogénea. La solución de ácido cítrico se vertió en un vaso de precipitados con agitación magnética a 700 rpm y calentamiento hasta menos de 80°C. Se añadió lentamente la mezcla de polímeros, manteniendo la agitación y el calentamiento durante 2 horas y 30 minutos. Finalmente, la mezcla se vertió en dos cajas Petri y en seguida fueron llevadas al liofilizador a una temperatura de -90°c durante 72 horas.
Preparación del agar Mueller Hinton para pruebas de citotoxicidad. Disolver 19 g de agar en 100 ml de agua destilada con agitación magnética. Añadir 400 ml de agua destilada y ajustar el pH a 7.5 con hidróxido de amonio. Calentar hasta ebullición, tapar y esterilizar en autoclave a 160°C por 12 horas. Vaciar en cajas Petri esterilizadas e incubar para verificar la ausencia de contaminación. Método *Kirby-Bauer*: Preparar una suspensión bacteriana con el estándar de McFarland. Inocular *Staphylococcus aureus y Escherichia coli* en placas con un hisopo esterilizado. Probar 5 muestras: nPs en polvo, nPs con Tween 20, quitosano, carboximetilcelulosa, quitosano-carboximetilcelulosa-magnetita y gentamicina, el procedimiento se hizo por duplicado.
Las pruebas antimicrobianas se realizaron en dos fases la primera en los materiales por separado en la cual se dividió en seis cuadrantes, donde se encuentran: a) nanopartículas de magnetita en polvo, b) una mezcla de las nanopartículas (nPs) con carboximetilcelulosa y quitosano, c) nPs con Tween 20, d) solución de quitosano con ácido cítrico, e) solución de carboximetilcelulosa con ácido cítrico y f) antibióticos. La segunda en el material compuesto, donde se encuentran: a) material compuesto con menor volumen, b) material compuesto con menor volumen y c) antibióticos.

RESULTADOS.

Obtención de material compuesto. En el material compuesto obtenido se observan dos variantes distintas debido a su volumen. Una de las matrices presenta un mayor volumen y se ve más arrugada, tiene mayor grosor por lo tanto es más manejable, en cambio la otra se observa el mismo material a un volumen menor por lo tanto tiene una consistencia poco firme, pegajosa y difícil de manejar debido a la humedad que aun conserva.



Fig 1. *El material compuesto (1) tiene un volumen mayor, por lo que es grueso, fácil de manejar y rugoso, en cambio el material con un volumen menor (2), presenta menos grosor y mayor dificultad para manejarlo.*

Evaluación del comportamiento antimicrobiano. Las diferencias en los halos de inhibición entre las bacterias se atribuyen a sus estructuras y mecanismos de resistencia. Las Fig 5,6 muestran los resultados en *S. aureus* (ATCC25923) en *E. coli* (ATCC25922). Las nanopartículas en polvo no mostraron inhibición, ya que la magnetita pura no es antibacteriana. Al combinarse con quitosano y carboximetilcelulosa, la inhibición fue mínima, posiblemente porque la magnetita disminuye la efectividad del quitosano. El Tween 20 no mostró inhibición, ya que no es antimicrobiano y puede interferir con las nPs. El quitosano sí presentó inhibición debido a su capacidad de alterar las membranas bacterianas, mientras que la carboximetilcelulosa no mostró actividad antimicrobiana.

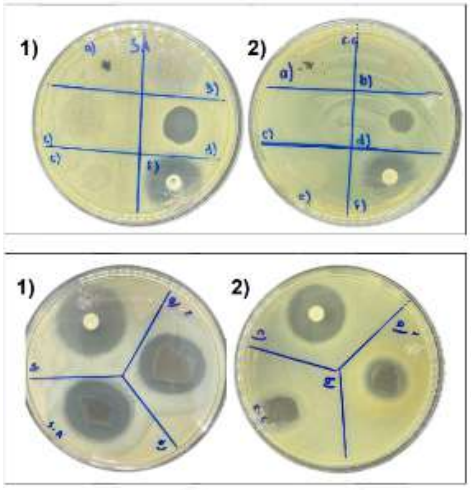


Fig 3*. Resultados de la inhibición de los distintos materiales en dos cepas de bacteria distintas, (1) cepa ATCC25923, (2) cepa ATCC25922.*

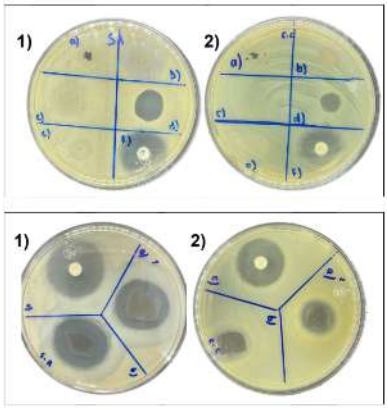


Fig 4. Resultados de la inhibición del material compuesto en dos cepas de bacteria distintas (1) cepa ATCC25923, (2) cepa ATCC25922.

Caracterización

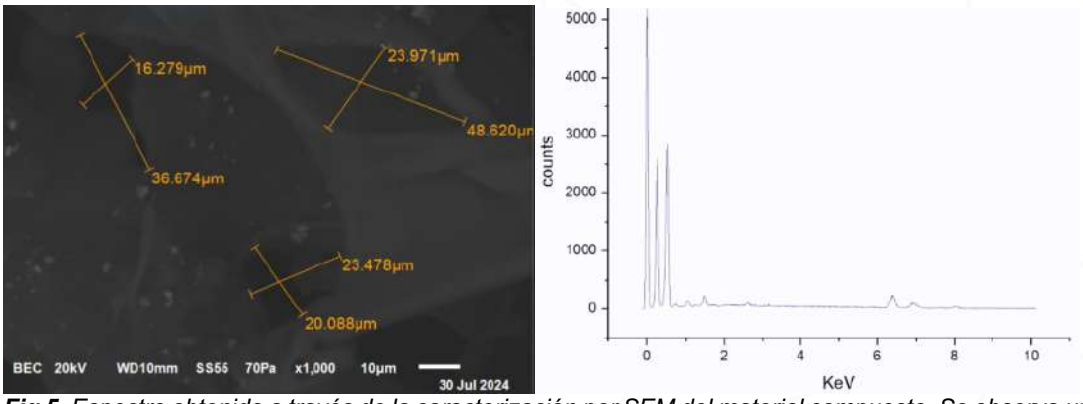


Fig 5. *Espectro obtenido a través de la caracterización por SEM del material compuesto. Se observa un material poroso con poros de 16 a 40 micrómetros.*

El tamaño de poros observado en la figura 5 es importante, los materiales porosos facilitan la colonización de células lo que es beneficioso para su posible aplicación como material antimicrobiano .

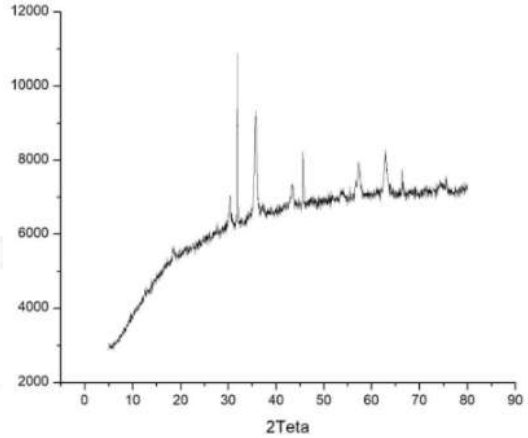


Fig 6. *Espectro obtenido a través de DRX del material compuesto después de ser liofilizado.*

CONCLUSIONES. Se obtuvo y caracterizó el material compuesto de carboximetilcelulosa, quitosano y magnetita (Fe_3O_4) con potencial antimicrobiano. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones en el campo de los materiales antimicrobianos y abre la puerta a aplicaciones prácticas en la industria y la salud.

REFERENCIAS.

1. Alvear, D., Galeas, S., Guerrero, V. H., & Debut, A. (2023). Síntesis y caracterización de nanopartículas de magnetita. Revista Politécnica, 39(2), 61-75. http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v39n2/2477-8990-rpolit-39-02-00061.pdf
2. Rojas Silva, C. E. (2017). Síntesis y caracterización de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) para un estudio en la remoción de metales pesados (Zn, Pb, Cr) presentes en el agua. Universidad de Pamplona. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4940/1/Rojas_2017_TG.pdf
3. Llamedo González, A. (2019). Síntesis y caracterización de micropartículas magnéticas con recubrimiento de quitosano. Universidad de Oviedo. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/51704/TFM_AlejandroLlamedoGonzalez.pdf?sequence=4
4. Cassini, A., Högberg, L. D., Plachouras, D., Quattrocchi, A., Hoxha, A., Simonsen, G. S., … & Suetens, C. (2019). Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. The Lancet Infectious Diseases, 19(1), 56-66.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024118

MÁQUINA DE RESISTENCIA A LA FATIGA EN PERFILES ALARES

Aarón Arcos Paredes[1], Daniel Cahue Díaz[2], Silvia Betzabee Alemán Córdoba[3], José Jorge Tena Martinez[4]

1Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus 1 Morelia; aaronapgg@gmail.com

2Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus 1 Morelia; daniel.cd@morelia.tecnm.mx

3Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus 1 Morelia; silvia.ac@morelia.tecnm.mx

4Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus 1 Morelia; jose.tm@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Máquina, Fatiga, Perfiles Alares.

RESUMEN. En el presente trabajo, se hace el diseño y desarrollo de una máquina que genera cargas cíclicas para fatigar prototipos de perfiles alares a escala. El principio de funcionamiento es, la generación de cargas a través de un mecanismo y obtención de las magnitudes de las cargas a través de una galga extensométrica y de las deflexiones a través de un sensor láser. Los movimientos que genera la celda son flexiones de distintitas magnitudes la cuales varían en función de la posición del soporte del prototipo, aumentando o reduciendo las cargas de flexión.

INTRODUCCIÓN. Las aleaciones de aluminio toman una mayor relevancia en el área automotriz y sobre todo aeronáutica con cada investigación realizada sobre las mismas, esto gracias a su relación resistencia/peso, además de que es posible maquinarlas y troquelarlas por sus atractivas propiedades mecánicas [1]. Las aleaciones de aluminio cubren la estructura de los aviones comerciales a través del fuselaje. Estos aviones vuelan en sitios como desiertos, mares, ciudades con demasiada contaminación, etc., siendo expuestos a NaCl, SO2, NO2, HCl, entre otros agentes oxidantes que generan corrosión en diferentes elementos mecánicos [2].

Aunque existen múltiples tipos de corrosión: por frotamiento, por picadura, por exfoliación, etc., la que se presenta en este tipo de aplicaciones es la corrosión por exfoliación, la cual gracias a su acción galvánica suele generarse en huecos donde diferentes materiales se encuentran en contacto como los pernos y remaches del perfil alar. [3,4].

La corrosión es un factor que acelera el efecto de la fatiga aumentando la posibilidad de que estos elementos fallen, es por ello por lo que en la industria se gasta una cuantiosa cantidad de dinero en mantenimiento preventivo [4, 5]. La combinación de la aparición de corrosión en los perfiles alares, con las cargas cíclicas a las cuales están sometidos durante su operación durante un vuelo, genera un entorno el cuál acelera el efecto de la fatiga en el material, lo que aumenta las probabilidades de fallas en el mismo [6].

Las aleaciones más utilizadas en esta aplicación son: 7079-T6, 7075-T6 y 2024-T3, las cuales se usan en los recubrimientos estructurales de las alas. Varios experimentos relacionados a la acción de esfuerzos y corrosión de manera simultánea han demostrado que el 90% de las fallas en el elemento han sido provocadas por estos factores [7].

La dinámica de fluidos computacional también ha sido una herramienta importante para estimar el coeficiente de arrastre en condiciones de vuelo y para obtener el centro de presión del perfil aerodinámico [8].
Existen otros trabajos que han generado modelos numéricos que combinan el efecto que generan la interacción de cargas cíclicas con la presencia de ambientes corrosivos. Representando las picaduras en el elemento alterando las propiedades del material dentro del software [9].

ANTECEDENTES. En el estado del arte, se encontró que Merati (2005), reporta el desarrollo de un método para incluir la corrosión en el análisis de durabilidad y tolerancia al daño en las estructuras de aeronaves, considerando inicialmente el crecimiento de grieta para dicho análisis y un estado de discontinuidad inicial (10S) [10]. Para dicho estudio se analizaron tres partes, El análisis microestructural, prueba de fatiga y análisis después de la fatiga. Los especímenes de prueba se tomaron de paneles de fuselaje de aviones retirados recientemente, se cortaron láminas de 1.6 mm (0.063 pulgadas) (delgado) y hojas de 4 mm (0.16 pulgadas) (grueso) de aluminio 2024 sin revestimiento T3. La hoja utilizada en el estudio de 1.6 mm 2024-T3 con ambos costados revestidos, había sido retirado del fuselaje de un C-130. Para el procedimiento metalográfico, se usaron procedimientos estándar de preparación de los especímenes, realizando pulido, para realizar microscopia electrónica de barrido (SEM) y así medir el tamaño y la distribución de partículas constituyentes. Para la etapa de fatiga, se realizaron pruebas de tracción bajo carga de amplitud constante, por lo que las relaciones de tensión se mantuvieron controladas por fuerza axial, con frecuencia cíclica de 10 Hz bajo ambientes de humedad relativa controlada, una mayor al 98% y otra menor del 2% de humedad relativa (HR). Aunque en cuestión de pruebas mecánicas, sería realista realizar pruebas de fatiga en dos o más direcciones a la vez, de esta forma el resultado podría asimilarse más a los movimientos oscilatorios que ocurren en un avión en vuelo; para solucionar esto se aprovecha el hecho de que se está utilizando un material de un avión que ya estuvo en el aire y ya recibió cierta fatiga por esas cargas cíclicas originalmente.

OBJETIVO. Evaluar la resistencia del material en función del ciclaje o número de ciclos a través de una celda de carga instrumentada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Caracterizar mecánicamente el material que será utilizado para las pruebas. Fabricar los modelos de prueba de los perfiles alares. Crear una celda de corrosión que replique flujos dinámicos sobre el perfil alar. Crear una celda de cargas cíclicas para provocar fatiga bajo diferentes condiciones de frecuencia. Instrumentar ambas celdas de pruebas para obtener variables que impacta directamente el desarrollo de la fatiga en el material.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Perfil de acero tubular de 1 pulgada.
- Eje cigüeñal.
- Correderas.
- Tensores.
- Sensor láser.
- Galgas extensiométricas.

La máquina va a someter a cargas cíclicas perfiles alares a escala que previamente fueron hechos y dimensionados a través de un análisis dimensional. Con este análisis, se permiten definir los parámetros de carga a los que están sometidos durante su operación de vuelo, pero a menor escala. El perfil que se monta en la máquina es un Onera 6 como se muestra en Fig. 1.
La deflexión se mide a través de un sensor láser que va conectado a un controlador que interpreta las señales analógicas en digitales y de ese modo se miden las distancias desde la base del sensor hasta la superficie del perfil alar. El sensor se muestra en la Fig. 2



Figura 1. *Perfil Onera 6 que se usará para fatigar.*

Para tener un mayor dominio de los movimientos en la celda de fatiga, se implementó un motor a pasos que permite generar los movimientos y que son transmitidos a los perfiles alares a través del mecanismo de manivela corredera implementado. El motor utilizado se muestra en la Fig. 3.

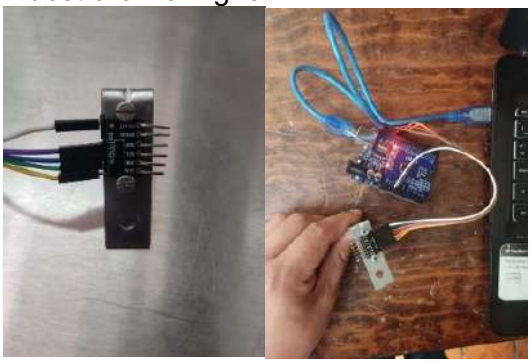


Figura 2. *Sensor láser que se usará para medir la deflexión del perfil alar.*

El motor se alimenta con 5.5 voltios y consume 1.25 Amperes durante su operación. El motor es activado por el mismo controlador que recaba la información de los sensores láser y de carga.

CONCLUSIONES. Se desarrolló una máquina generadora de cargas cíclicas que permite la obtención de deflexión, esfuerzo y número de ciclos en perfiles alares a escala. Con la presente máquina, se podrán desempeñar análisis de fatiga en perfiles alares a escala. Como trabajo futuro, se desarrollará una celda de corrosión de perfiles alares con el fin de analizar el fenómeno de fatiga – corrosión como complemento del presente trabajo.

REFERENCIAS.

1. Raja, V. S., & Shoji, T. (2011). *Stress corrosion cracking: Theory and Practice*. Woodhead Publishing.
2. Volpe, L., & Peterson, P. (1989). The atmospheric sulfidation of silver in a tubular corrosion reactor. *Corrosion Science*, *29*(10), 1179–1196. https://doi.org/10.1016/0010-938x(89)90065-6
3. Liao, M., Bellinger, N., & Komorowski, J. (2003). Modeling the effects of prior exfoliation corrosion on fatigue life of aircraft wing skins. *International Journal of Fatigue*, *25*(9–11), 1059–1067. https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2003.08.005
4. Liao, M., Renaud, G., & Bellinger, N. (2007). Fatigue modeling for aircraft structures containing natural exfoliation corrosion. *International Journal of Fatigue*, *29*(4), 677–686. https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2006.07.003
5. Uebersax, A., Huber, C., Renaud, G., Liao, M. (2009). Structural Integrity Of A Wing Upper Skin With Exfoliation Corrosion. In: Bos, M.J. (eds) ICAF 2009, Bridging the Gap between Theory and Operational Practice. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2746-7_15
6. *Treatise on Materials science and Technology | Corrosion: Aqueous Processes and Passive Films | ScienceDirect.com by Elsevier. (n.d.). https://www.sciencedirect.com/bookseries/treatise-on-materials-science-and-technology/vol/23/suppl/C*
7. Kannan, M. B., Srinivasan, P. B., & Raja, V. (2011). Stress corrosion cracking (SCC) of aluminium alloys. In Elsevier eBooks (pp. 307–340). https://doi.org/10.1533/9780857093769.3.307
8. Medina-Pérez, R., García-García, V., Ponciano-Guzmán, J., Villalobos-Brito, J., & Tena-Martínez, J. (2020). Assessment of fatigue life of a pre-corroded aircraft wing under drag alternating load. *Engineering Failure Analysis*, *115*, 104671. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104671
9. Wang, Q. Y., Pidaparti, R. M., & Palakal, M. J. (2001). Comparative study of Corrosion-Fatigue in aircraft materials. AIAA Journal, 39(2), 325–330. https://doi.org/10.2514/2.1308
10. Merati, A. (2005). A study of nucleation and fatigue behavior of an aerospace aluminum alloy 2024-T3. International Journal of Fatigue, 27(1), 33–44. https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2004.06.010

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024119

DE RESIDUO TOXICO A RECURSO BIOLOGICO RENOVABLE: LA REVALORIZACIÓN DE LA VINAZA TEQUILERA

Mauricio Suárez Sánchez[1], Sergio Arias Martínez[2], Ignacio García Ruiz[3], Ernesto Oregel Zamudio[4], Dioselina Álvarez Bernal[5], Jesús Rubén Torres García[6]

1Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, msuarezs2300@alumno.ipn.mx.

2Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, sariasm@ipn.mx.

3Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, igarciar@ipn.mx.

4Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, ernesto_oregel@hotmail.com.

5Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, dalvarezb@ipn.mx.

6Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, jrtorresg@ipn.mx.

Palabras Clave: Bioeconomía, vinaza tequilera, economía circular, sustentabilidad, bioproductos.

RESUMEN. La producción de tequila, una industria emblemática de México que genera grandes cantidades de vinaza, un residuo orgánico con alto contenido de sólidos en suspensión, sólidos volátiles, fenoles, metales pesados y un pH ácido. Aunque este subproducto tiene el potencial de ser transformado en un recurso biológico renovable, su manejo inadecuado por las tequileras representa un riesgo significativo para los ecosistemas, particularmente para el ecosistema de la región Lerma-Chapala de Michoacán de Ocampo. En este estudio, se exploran los retos y oportunidades que tiene la vinaza tequilera para transformarse de un residuo orgánico contaminante a un recurso biológico renovable, tomando como referencia la teoría de bioeconomía. Nuestro estudio se base en una revisión sistemática sobre las estrategias destinadas a mitigar los impactos ambientales de la vinaza, las cuales son aplicadas para la generación de biomasa que sustituya el uso de recursos naturales no renovables. Además, se pretende generar recomendaciones específicas para mejorar la sustentabilidad de la industria tequilera en la región, promoviendo prácticas sostenibles y facilitando la transición hacia un manejo más eficiente y ecológico de los residuos tequileros.

INTRODUCCIÓN. La historia de las bebidas destiladas mexicanas ha estado presente en celebraciones, festividades, rituales religiosos, eventos sociales o incluso como métodos medicinales. La creación y consolidación de culturas sociales con nichos locales, regionales y globales en torno a su consumo y producción, han fomentando beneficios económicos y sociales que suponen desafíos ambientales (Sánchez Santiró, 2023). Un caso de éxito son las bebidas destiladas a base de agave, en particular las elaboradas con *Agave Tequiliana* Weber var. Azul. Las cuales durante decenas de décadas han ido adoptando, desarrollando y consolidando técnicas e implementos que generan cadenas de producción especializadas en la elaboración de tequila. No obstante, también son generadoras de (Arias, 2024). Esta bebida ha generado una popularidad y consumo incrementalista en los últimos 28 años, ya

que pasó de 104.4 millones de litros en 1995 a 598.7 millones de litros en 2023, esto supone un incremento del 468.54%(*Tequila – Denominación de Origen – Consejo Regulador de Tequila*, s. f.). Esta demanda fue cubierta por los estados de Jalisco, Michoacán de Ocampo, Tamaulipas, Nayarit y Guanajuato, en los cuales además se generaron residuos orgánico contaminantes (pencas, bagazo y vinaza) (Prado & García, 2024).

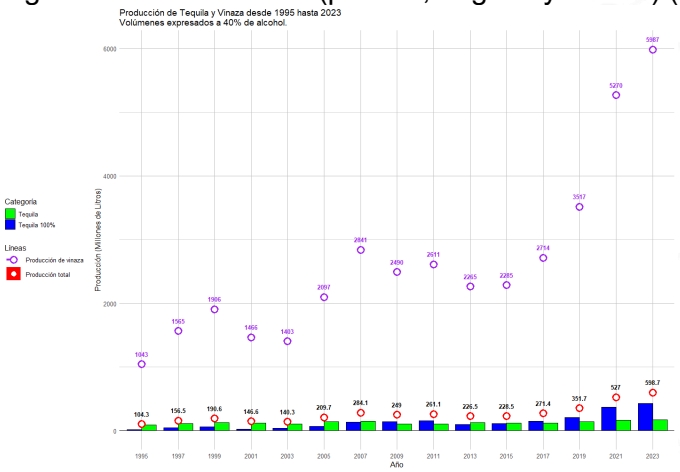


Figura 1. *Relación entre la Producción de Tequila y la Vinaza Generada (1995-2023).*
Fuente: elaboración propia con base a datos del Consejo Regulador del Tequila y del autor Arias (2024).

ANTECEDENTES. La región Lerma-Chapala se a consolidado como zona estratégica de Michoacán para producción, destilación y comercialización del Tequila y Tequila 100% *Agave Tequiliana* Weber var. Azul. Siendo los municipios de Sahuayo, Vista Hermosa, y Zamora los únicos que cuentan con agroindustrias que producen tan famosa bebida, pero que además generan residuos orgánicos contaminantes (penca, bagazo y vinaza) que suelen no ser tratados. Entre estos residuos, la vinaza destaca por sus altas concentraciones de cargas contaminantes que afectan negativamente al suelo, aire y agua de la región. La creciente demanda de recursos naturales a generado que se busquen estrategias de que remplacen la explotación de los recursos naturales no renovables

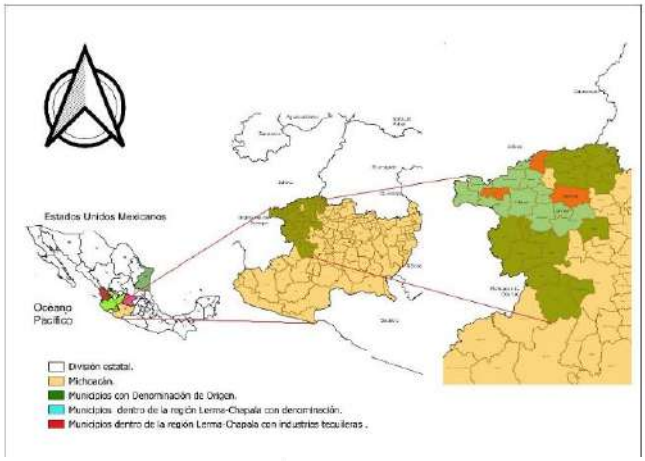


Figura 2. *Región Lerma-Chapala: Clúster Tequilero en Michoacán con Denominación de Origen.*
Fuente: Elaboración propia, con base a datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas y el Consejo regulador del Tequila.

Esto se debe principalmente a que por cada litro de tequila producido se generan diez litros de vinazas, las cuales contienen altas concentraciones de sólidos en suspensión, sólidos volátiles, fenoles, metales pesados y un pH ácido (Arias, 2024).
Sin embargo, es común que sea vertida en suelos, ríos y sistemas de drenaje municipales, provocando graves impactos ecológicos que terminan por contaminar cuerpos de agua y la salinización de suelos agrícolas (Jiménez-Ortega et al., 2024). Es por ello, que se han desarrollado tecnologías que transforman este residuo orgánico contaminante en biogás, biofertilizantes, biomasa, bioetanol, materiales de construcción, compuestos fenólicos y antioxidantes, los cuales tienen la finalidad de sustituir recursos no renovables (Skondras et al., 2024).

Método de Tratamiento	Descripción	Ventajas
Reciclaje	Reutilización de vinazas en procesos industriales o agrícolas.	Reduce la cantidad de líquido residual, ya que se aprovecha en otros procesos de la cadena de producción
Irrigación	Aplicación de vinazas como fertilizante en suelos agrícolas.	Se aprovechan los nutrientes de las vinazas para mejorar la fertilidad del suelo.
Evaporación-combustión	Concentración del líquido residual para la evaporación y combustión, con el objetivo de la generación de energía.	Reduce el volumen de residuos, los cuales se ven reflejados en la generación de bioenergías útiles.
Suplemento proteínico	Uso de vinazas como fuente de alimento animal.	Se utiliza el contenido proteínico de las vinazas, el cual puede reducir los costos de alimentación animal.
Fermentación anaerobia	Descomposición de las vinazas mediante la ausencia de oxígeno para producir biogás y efluentes tratables.	Genera energías más limpias y renovables, esto a través de la utilización de biogás.
Lagunas de tratamiento	Almacenamiento en lagunas artificiales que descomponen y sedimentan las vinazas.	Bajo costo de implementación, sencillo de operar.
Lodos activados	Tratamiento biológico mediante la mezcla de vinazas con lodos activados para degradar contaminantes.	Eficiente en la reducción de contaminantes orgánicos, mejora la calidad del efluente.
Tratamientos fisicoquímicos	Aplicación de procesos de coagulación, floculación o filtración para el tratamiento de las vinazas.	Este método resulta altamente eficiente en la eliminación de contaminantes, por lo que produce efluentes de alta calidad.

Figura 3. *Técnicas y métodos de transformación para la vinaza tequilera.*
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del autor Cedano Martínez (2010).

Este residuo orgánico contaminante a comenzado una transición a ser una materia prima valiosa, esto debido a los avances en la biotecnología y la bioeconomía (Fig. 3). La fusión de estos dos paradigmas son generadores de nuevas oportunidades para la elaboración de productos hechos a base de recursos biológicos, los cuales ayudan a la consolidación de una economía circular más sostenible y sustentable para el medio ambiente. Además,

busca reducir los niveles de contaminación generados por el mal o nulo tratamiento dado a la vinaza en las tequileras de la región.

OBJETIVO. Analizar la literatura científica y tecnológica que desarrolle estrategias de transformación para la vinaza tequilera.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se esta realizando una revisión sistemática, en la cual se aplican los 27 ítems del método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). Esto con el fin de que la investigación tenga un proceso riguroso y transparente en la identificación, selección y síntesis de estudios relacionados con la valorización de la vinaza tequilera. La búsqueda de información se concentró en Pearson, EBSCO, ScienceDirect, MDPI, Springer Link, Web of Science Group, Clarivate, SciVal, Scopus y Emerald Publishing, utilizando palabras clave específicas y criterios de inclusión que abarcan estudios entre 2019 y 2023 con resultados cuantificables sobre la transformación de la vinaza tequilera. Para el proceso de selección se utilizará el software ATLAS.ti (versión 24), en el cual se organizarán y categorizarán mediante títulos y resúmenes los estudios relevantes que serán utilizados para el análisis, asegurando así una revisión completa y bien estructurada. Por último, de discutirán los análisis realizados.

RESULTADOS. Los principales resultados esperados de esta revisión sistemática es identificar tecnologías y prácticas que incorporen principios de bioeconomía y economía circular que permitan la revalorización y transformación de la vinaza tequilera a recursos biológicos renovables que remplacen los recursos naturales no renovables. Además, se espera que puedan ser adoptadas y adaptadas en la región Lerma-Chapala, con el fin de que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y desarrollo económico local.

CONCLUSIONES. Es evidente que la revalorización de la vinaza tequilera marca una coyuntura significativa en la industria tequilera, esto debido a que se adoptan prácticas más sostenibles y responsables. Dando un giro completo al desecho perjudicial, el cual ahora se reconoce como una oportunidad para implementar productos innovadores que respeten el medio ambiente. Este cambio no solo abonó a disolver los daños ecológicos asociados a la producción de tequila, sino que también promueven el uso de economías circulares que maximizan el aprovechamiento de los recursos. En última instancia, la implementación de tecnologías avanzadas y principios de bioeconomía en la revalorización de la vinaza, ayudan a reforzar la viabilidad económica e industrial, dando así un margen de capacidad para enfrentar las transformaciones sociales, económicas y ambientales que exigen soluciones más sostenibles.

REFERENCIAS.

1. Arias, C. J. L. (2024). El El Tequila Como Fuente Económica en México. Revista de Investigación Académica Sin Frontera: Facultad Interdisciplinaria de Ciencias Económicas Administrativas-Departamento de Ciencias Económico Administrativas-Campus Navojoa, 41. https://revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx/index.php/RDIASF/article/view/661
2. Cedano Martinez, C. A. (2010). Tecnologías actuales y emergentes para el tratamiento de aguas residuales y las vinazas provenientes de la destilación del tequila. [Tesis de licenciatura inédita]. Universidad de Quintana Roo.
3. Jiménez-Ortega, L. A., Valdez-Baro, O., Bernal-Millán, M. J., Rivera-Salas, M. M., & Heredia, J. B. (2024). Agave Byproducts: As Sources of Phytochemicals with Functional Activities and Their Management for Industrial Applications. En Food Byproducts Management and Their Utilization (pp. 385-416). Apple Academic

Press. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003377801-19/agave-byproducts-sources-phytochemicals-functional-activities-management-industrial-applications-alfonso-jim%C3%A9nez-ortega-octavio-valdez-baro-manuel-bernal-mill%C3%A1n-magdalena-rivera-salas-basilio-heredia

4. Prado, P. Z., & García, U. P. (2024). Arquitectura para un futuro agrícola sostenible. Entrópico Arquitectura y Urbanismo. https://revistas.unphu.edu.do/index.php/entropico/article/view/302

5. Sánchez Santiró, E. (2023). Sobre Paulina Machuca, El vino de cocos en la Nueva España. Historia de una transculturación en el siglo XVII. Historia mexicana, 72(3), 1541-1546. https://doi.org/10.24201/hm.v72i3.4194

6. Skondras, A., Nastis, S. A., Skalidi, I., Theofilou, A., Bakousi, A., Mone, T., Tsifodimou, Z. E., Gaffey, J., Ludgate, R., O'Connor, T., Grozdanic, D., O'Dwyer, B., Pappa, E., Pantazi, K., & Stylianidis, E. (2024). Governance Strategies for Sustainable Circular Bioeconomy Development in Europe: Insights and Typologies. Sustainability, 16(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/su16125140

7. Tequila – Denominación de Origen – Consejo Regulador de Tequila. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2024, de https://www.crt.org.mx/tequila-denominacion-de-origen/

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024120

OPTIMIZACIÓN EN LA EFICIENCIA DE UN LED PARA MINIMIZAR PÉRDIDAS POR CALOR

Mario Arzate López[1], Daniel Cahue Díaz[2], Celeste Rubí Luna Becerra[3], José Nicolás Ponciano Guzmán[4]

1Instituto Tecnológico de Morelia; I21121074@morelia.tecnm.mx

2Universidad Vasco de Quiroga dcahue@uvaq.edu.mx

3Universidad Vasco de Quiroga; cluna@uvaq.edu.mx

4Instituto Tecnológico de Morelia; jose.pg@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Tecnología LED, Transferencia de calor, Disipador de calor, COB, Gap, Convección, eficiencia térmica, resistencia al contacto

RESUMEN. En el presente proyecto, se han realizado pruebas aplicando corriente a un LED de 20 Watts, cuya base se atornilla a un disipador de calor de aluminio. Para reducir la resistencia térmica al contacto entre la base del LED y el disipador de calor, (causada por una separación microscópica entre los dos componentes y sus defectos superficiales), se aplicó pasta térmica, siempre utilizando la misma cantidad en cada prueba, y de esta forma, aumentar el flujo de calor al disipador de calor para mantener el LED a una temperatura permisible de operación. En dichas pruebas se modificaba el torque de apriete los tornillos, generando una separación diferente entre el disipador y la base del LED. Utilizando tres termopares que transmitían en tiempo real la temperatura de tres puntos del sistema, se compararon las gráficas de temperatura vs tiempo y se determinó la separación con la cual el LED se estabilizaba alcanzando la menor temperatura. Esto debido a que se disipaba más calor dependiendo exclusivamente de la separación entre el disipador y la base de LED. Se llevó un registro de la separación resultante en cada prueba empleando un microscopio óptico. Hasta el momento, los resultados obtenidos han sido los esperados de acuerdo con la hipótesis planteada. Estos resultados sugieren que existe una separación ideal que optimiza la disipación de calor, haciendo del LED un producto más eficiente

INTRODUCCIÓN. La iluminación LED se caracteriza por dispositivos de alta eficiencia y amplias aplicaciones en sistemas de iluminación, como lámparas de calles exteriores, iluminación interior, la industria automotriz y fines decorativos. Sin embargo, la iluminación LED genera una cantidad significativa de calor durante su funcionamiento. El sistema puede experimentar fallos parciales o totales si este calor no se disipa adecuadamente. Según [1], solo entre el 20% y el 30% de la energía total se convierte en luz, mientras que la energía restante se disipa como calor, lo que provoca el sobrecalentamiento de dispositivos electrónicos y eléctricos. Los sistemas LED son muy sensibles a los cambios de temperatura, y las altas temperaturas pueden reducir significativamente la vida útil de los LED. La disipación de calor en los focos LED es un factor importante para su funcionamiento y vida útil. El calor puede afectar la eficacia, el funcionamiento y la vida útil de los LED. El

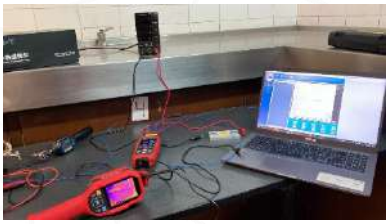
exceso de calor en los LED puede reducir drásticamente su vida útil y afectar la calidad de la luz que emiten. Para disipar el calor de manera efectiva, las tiras de LED se montan en un disipador de calor. El material más común para los disipadores de calor es el aluminio, aunque también se pueden usar perfiles de plástico. La pasta térmica puede mejorar la conductividad térmica y disminuir la resistencia térmica entre las piezas.

ANTECEDENTES. Varios estudios se centran en el disipador de calor para reducir la temperatura de los chips, aumentando el número de aletas para alcanzar una mayor superficie y mejorar la transferencia de calor [3-4]. A veces, la orientación del disipador de calor se cambia para mejorar el proceso de convección [5-9]. La configuración de la colocación de los chips sobre el COB influye drásticamente en la temperatura del COB [8]. Un estudio sobre qué espaciado es adecuado para colocar chips LED fue realizado por [9], donde concluyen que la disposición rectangular con espacio igual es la mejor opción. Se pueden emplear varios métodos para evitar el sobrecalentamiento en los dispositivos LED, incluyendo la convección forzada utilizando medios de enfriamiento como chorros de agua sobre el disipador de calor, la implementación de fluidos bombeados en conductos del disipador de calor y la convección forzada con ventiladores de aire. La elección del método de convección depende de la potencia que necesite disiparse.

OBJETIVO. Analizar el comportamiento de la resistencia térmica de contacto entre el disipador de calor y el empaquetado LED ajustando el torque de los tornillos de sujeción.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Materiales

- Disipador de calor de aluminio. LED (Chips y COB).
- Pasta térmica.
- Fuente de alimentación.
- Termopares.
- Torquímetro.
- Cámara termográfica.
- Equipo de cómputo.
- Jeringa.



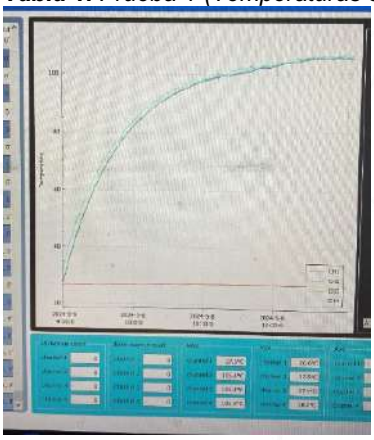
Métodos. Se perforó el disipador de aluminio con cuatro orificios para cuatro tornillos m2. Para cada prueba se aplicó pasta térmica al COB y para obtener resultados más precisos la pasta térmica se aplicaba con una jeringa que permitía poner el mismo volumen en cada prueba. Se atornilló el COB al disipador de calor con torques de 1 Kg/cm2, 3.5 Kg/cm2, 4 Kg/cm2, y 4.5 Kg/cm2, respectivamente. Con un microscopio se obtenía la separación en milímetros (gap) entre el COB y el disipador de calor. Se instrumento el COB y el disipador con 3 termopares. Posteriormente se iniciaba la prueba y se enciende el LED con una potencia de 20 Watts. Los termopares transmiten en vivo a un software la temperatura en función del tiempo en forma de gráfica. Cuando la temperatura se estabilizaba en los tres puntos se guarda la gráfica y se obtiene una imagen termográfica del sistema (COB, chips y disipador de calor). Para obtener resultados más precisos la pasta térmica se aplicaba con una jeringa que permitía poner el mismo volumen en cada prueba.



RESULTADOS.

Volts	Watts	T Máx. (°C)	Tiempo
22.5		25.7	2min
23		25.6	4min
23.5		25.6	1min
24		25.6	2min
24.5		25.6	1min
25		25.6	1min
25.5	0.382	26.0	3min
26	1.065	29.4	37min
26.5	2.278	34.9	47min
27	4.076	42.9	63min
27.5	6.213	47.6	41min
28	9.039	59.4	43min
28.5	12.56	75.3	80min
29	16.33	90.6	43min
29.5	20.48	106.7	41min
30	24.96	128.2	48min

Tabla 1. *Prueba 1 (Temperaturas en función de la potencia)*



Watts	T Max (℃)	Torque (Kg/cm2)	Gap (mm)
20	107.6	0	1.8
20	111.8	3.5	0.12
20	109.6	4	0.07
20	105.9	4.5	0.02

Tabla 2. *Prueba 2 (Temperaturas en función del torque)*

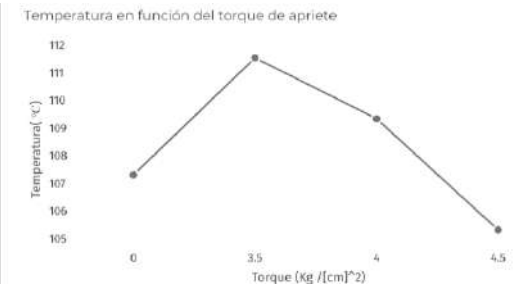


Fig. 6 *Gráfica prueba 2 (torque vs temperatura)*

REFERENCIAS.

1. H. H. Cheng, D.-S. Huang, and M.-T. Lin, “Heat dissipation design and analysis of high power led array using the finite element method,” Microelectronics Reliability, vol. 52, no. 5, pp. 905–911, 2012.
2. Y. Zou, Y. Xia, H. Ren, C. Zhang, M. Wang, X. Tang, and S. Ding, “Heat dissipation design and optimization of high-power led lamps,” Thermal Science and Engineering Progress, vol. 37, p. 101587, 2023.
3. D. Jang, S.-H. Yu, and K.-S. Lee, “Multidisciplinary optimization of a pin-fin radial heat sink for led lighting applications,” InternationalJournal of Heat and Mass Transfer, vol. 55, no. 4, pp. 515–521, 2012.
4. D.-S. Huang, T.-C. Chen, L.-T. Tsai, and M.-T. Lin, “Design of fins with a grooved heat pipe for dissipation of heat from high-powered automotive led headlights,” Energy conversion and management, vol. 180, pp. 550–558, 2019.
   B. Colaco, “Thermal modelling of multicolor led luminaire via scaling of a heat sink to aid user wellness,” Displays, vol. 74, p. 102270, 2022.
5. J. Fan, J. Cao, C. Yu, C. Qian, X. Fan, and G. Zhang, “A design and qualification of led flip chip-on-board module with tunable color temperatures,” Microelectronics reliability, vol. 84, pp. 140–148, 2018.
6. Q. Shen, D. Sun, Y. Xu, T. Jin, and X. Zhao, “Orientation effects on natural convection heat dissipation of rectangular fin heat sinks mounted on leds,” International Journal of heat and mass transfer, vol. 75, pp. 462–469, 2014.
7. K. C. Yung, H. Liem, and H. Choy, “Heat transfer analysis of a highbrightness led array on pcb under different placement configurations,” International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 53, pp. 79–86, 2014.
8. J. Petroski, “Spacing of high-brightness leds on metal substrate pcb’s for proper thermal performance,” in The Ninth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena In Electronic Systems (IEEE Cat. No. 04CH37543), vol. 2. IEEE, 2004, pp. 507–514.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10: Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CP1024122

ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE PLEUROTUS OSTREATUS EN BAGAZO DE AGAVE CUPREATA COMO SUSTRATO

Julissa Sanchez Contreras[1], Mariana Álvarez Navarrete[2], Miguel Ángel Zamudio Jaramillo[3]

1Instituto Tecnológico de Morelia; Departamento de Ingeniería Bioquímica; julisaconsan@gmail.com

2Instituto Tecnológico de Morelia; Departamento de Ingeniería Bioquímica; malvarezn@itmorelia.edu.mx

3Instituto Tecnológico de Morelia; Departamento de Ingeniería Bioquímica; mazamudio@itmorelia.edu.mx

Palabras Clave: Bagazo de agave, Pleurotus ostreatus, sustrato, crecimiento.

RESUMEN. La industria mezcalera en el estado de Michoacán, tiene una producción de 300,000 litros/año (Vargas et al., 2007; Gallardo et al., 2020). Con ello, la generación del residuo derivado de la producción de esta bebida denominado bagazo de Agave cupreata, alcanza valores de hasta 122,696 ton/año, cuyo manejo es ineficiente e impacta negativamente al ambiente al ser un contaminante fitosanitario. Estos residuos contienen una gran cantidad de azúcares, además de 43% de celulosa y 19% de hemicelulosa, que propician el crecimiento de microorganismos (Belmonte et al., 2021). Por lo que el objetivo de este proyecto fue elaborar un sustrato compuesto por bagazo de agave y analizar su eficiencia para el crecimiento fúngico de Pleurotus Ostreatus, un hongo comestible con un gran valor nutrimental y de fácil acceso para el ser humano y compararlo con el crecimiento de estos hongos en sustrato de paja de trigo que es comúnmente utilizado. Para realizarlo, se lavó, troceo y empaquetó el bagazo de agave y la paja, en bolsas de polipapel de 150g con composiciones 100/100, 75/25, 25/75 y 50/50 de ambos sustratos, luego se sometieron a esterilización y se perforaron a profundidad no mayor a 5mm para colocar el micelio inoculado en semilla de sorgo; esto se inoculó en anaerobiosis, con poca luz indirecta y a temperatura ambiente durante 4 meses; monitoreando de manera constante las variables de humedad y temperatura. Obteniendo resultados favorables de crecimiento en todas las composiciones, con la aparición de primordios a los 40 días, el desarrollo óptimo para la primera cosecha a los 80 días y la segunda a los 100. Principalmente en la composición 100/100, ya que los hongos tenían un aspecto más saludable con coloración blanquecina, por lo que, el sustrato compuesto por bagazo de agave es tan eficiente como el de paja de trigo; sin embargo, la determinación del rendimiento en peso del hongo se realizara en una próxima experimentación a mayor escala. Concluyendo que el bagazo de agave es una alternativa rentable y sustentable para el crecimiento de P. ostreatus, ya que es considerado un desecho sin un valor económico. El uso del bagazo de agave como sustrato y soporte para el crecimiento de P. ostreatus puede contribuir a la reducción y un mejor manejo de este residuo lignocelulósico contaminante, que se desecha en grandes cantidades en las industrias mezcaleras.

INTRODUCCIÓN. Alrededor del mundo, existen diversas bebidas alcohólicas, pero provenientes del agave destacan el tequila y el mezcal, cuya principal diferencia es su proceso de elaboración y el tipo de agave utilizado, pues el tequila solo puede producirse a partir del agave azul, y el mezcal proviene de más diversidad de ejemplares, destacando el Agave cupreata como fuente principal para su obtención. El A. cupreata es una especie endémica cultivada en el estado de Michoacán y sus alrededores (Guerrero y Oaxaca) principalmente para la producción de mezcal. Actualmente, se producen más de 300,000 litros/año de esta bebida (Vargas et al., 2007; Gallardo et al., 2020), y la demanda sigue en aumento. De manera simultánea, la generación de residuos orgánicos de esta industria alcanza niveles de hasta 122,696 t/año (Belmonte et al., 2021). El residuo principal obtenido después de cocer y prensar las piñas para obtener el jugo, fermentarlo y finalmente destilarlo, se conoce como bagazo, y es un desecho contaminante que se deposita en vertederos al aire libre, provocando problemas fitosanitarios y de uso de suelo, además de que su alto contenido de humedad propicia la aparición de plagas indeseadas y microorganismos. Afortunadamente, también se encuentran azúcares remanentes en este desecho, que pueden favorecer el crecimiento de hongos comestibles con grandes beneficios para el ser humano, como es el caso del Pleutorus ostreatus, que es una fuente importante de nutrientes, proteínas, minerales y antioxidantes, y cuyo cultivo y producción, es un proceso de poca complejidad y baja inversión. Este hongo puede proliferar fácilmente en materia orgánica muerta o de desecho al ser saprófito, lo que permite proponer el uso de otros sustratos más económicos para su crecimiento como el bagazo de agave. Todo este proceso se ve favorecido debido a que P. ostreatus tiene la capacidad de degradar la celulosa, la lignina y los azúcares presentes en este tipo de desechos agroindustriales. (Belmonte et al., 2021)

ANTECEDENTES.

Autor	Descripción
Toral (2015)	Analiza la posibilidad de reutilizar el bagazo de agave de la industria mezcalera
Gallardo (2020)	Puntualiza la importancia de la industria mezcalera en Michoacán
Vengoechea, F. (2021)	Define la importancia de P. Ostreatus, así como el monitoreo de temperatura y humedad en su cultivo

OBJETIVO. Estudiar la eficiencia del bagazo de Agave cupreata como sustrato para el crecimiento de Pleurotus ostreatus.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Desarrollar un método para cultivo de Pleurotus ostreatus en bagazo de Agave cupreata como sustrato. Optimizar el sustrato mediante la adición de paja de trigo en diversas proporciones, para el crecimiento del hongo. Comparar el rendimiento post-cosecha de Pleurotus ostreatus cultivado en bagazo de Agave cupreata como sustrato con otros métodos existentes.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Pleorotus ostreatus. El hongo *P. ostratus* se compró en línea, empacado en bolsa estéril de polipropileno y sembrado sobre semillas de sorgo. Para su viabilidad y mantenimiento, *P. ostratus* se almacenó en refrigeración a 4 °C. Las siembras se realizaron cajas de Petri

con medio PDA inoculando semillas colonizadas con el micelio sano y permitiendo su incubación y crecimiento en anaerobiosis

Bagazo de *Agave cupreata.* El bagazo de *A. cupreata* fue donado por una empresa mezcalera de Etúcuaro, Villa Madero, Michoacán. El bagazo se lavó, se mezcló con solución oxido de calcio-agua (6g/1L) para enriquecerlo, se secó en un secador de bandejas a 60 °C por 4 h y se cortó con tijeras para obtener trozos de 5 cm de largo. El bagazo cortado se almacenó en bolsas de polipapel en un lugar fresco y seco para su posterior uso.

Preparación del sustrato para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus.* El bagazo y la paja cortados, se empacaron en bolsas de polipapel hasta obtener 150 g del sustrato enriquecido con las diferentes composiciones anteriormente mencionadas y las bolsas selladas se esterilizaron en autoclave a 121 °C y 15 psi durante 15 min.

Siembra y crecimiento de *Pleurotus ostreatus* sobre el bagazo de *Agave cupreata.* El sustrato estéril contenido en las bolsas de polipapel se sembró con *P. ostreatus* crecido en semillas de sorgo. Mediante punción o perforación se realizaron orificios a las bolsas y después se introdujeron las semillas de sorgo con el hongo a 5 mm de profundidad. Cada bolsa fue sembrada con 10 semillas de sorgo en su superficie. Las bolsas con el sustrato sembrado con *P. ostreatus* se incubaron a 25 °C en la oscuridad, con una humedad relativa constante de 65%. Estos parámetros de temperatura y humedad se monitorearon y controlaron cada 24 horas a lo largo del cultivo de *P. ostreatus*. El monitoreo brindó un intervalo de humedad relativa de 65-75%, y con una temperatura entre 22-28°C. Cabe resaltar, que se realizó un control con sustrato compuesto por paja de trigo, y combinaciones 50/50, 75/25, 25/75, 100/100 además de enriquecerlo con óxido de calcio (cal) para realizar comparaciones al momento de la cosecha y producción, pues es el sustrato mayormente utilizado en este tipo de cultivo. Se plasma en la siguiente tabla la relación de cada uno de los tratamientos realizados en la experimentación

Tratamiento	Bagazo (%)	Paja (%)	Concentración de cal
1	100	0	6 g
2	50	50	6 g
3	75	25	6 g
4	25	75	6g
5	0	100	6g

Tabla 4.1 *Tratamientos y composición de sustrato para crecimiento de P. Ostreatus*

Cosecha de *Pleurotus ostreatus.* Para la cosecha del hongo se observó que la coloración del hongo fuese blanquecina, de aspecto terso y con una basta cantidad de carne. Determinado esto, se realizó un corte en el pie/tallo del mismo para dar paso a la segunda cosecha al mantener latente al fruto. Se decidió que la determinación del rendimiento en peso de los hongos cosechados se llevara a cabo en una próxima experimentación con cantidades mayores de sustrato

RESULTADOS. El cultivo de P. ostreatus en sustrato con 100% bagazo de agave, fue favorecedor para el crecimiento del hongo, pues se logró un abundante crecimiento del mismo con la aparición de primordios a los 40 días, obteniendo un crecimiento apto para la primera cosecha a los 80 días y la segunda cosecha se llevó a cabo a los 100 días.

CONCLUSIONES. Gracias a la investigación y trabajo realizados, se ha logrado concluir que el sustrato elaborado únicamente con bagazo de agave, es completamente funcional para llevar a cabo un cultivo exitoso del hongo Pleurotus ostreatus, sin embargo, se observó

que, si las primeras 2 semanas la incubadora se mantiene en constante apertura, el hongo demora más en desarrollar primordios, por lo que el tiempo de cosecha se prolonga y el proceso en general se retarda. Por ello, en futuros periodos de experimentación se dará prioridad al análisis en anaerobiosis simulando el cultivo en placa, por lo que se pretende obtener una cosecha en menor tiempo, promoviendo así el uso de sustratos que son considerados desecho, para desarrollar e innovar productos benéficos para el ser humano, a costos accesibles y que aporten gran cantidad de nutrientes en la dieta diaria

REFERENCIAS.

1. Montes de Oca, A., Contreras, M. Manual de cultivo de hongo seta de forma artesanal.
2. Cabello, M. (2006) Los hongos: el quinto reino de la vida. Revista Museo, Fundación Museo de La Plata (Argentina). Volumen 20.
3. Fernández, L. Reino Fungi: que es, características, clasificación y ejemplos
4. Rufo, S. Pleurotus Ostreatus: cultivos y beneficios de la seta ostra. Pan de setas. Pleurotus Ostreatus: cultivos y beneficios de la seta ostra (pandesetas.com)
5. Flores, A. Manual de Cultivo de Hongo Seta Pleurotus Ostreatus de forma artesanal
6. Gómez, V. (2023) Micología. La micología en el estudio de los hongos
7. Biology Notes. (Mayo 2024) Potato Dextrose Agar (PDA)- Principle, Composition, Preparation and Uses
8. Gaitán, R., Salmones, D. Manual práctico del cultivo de setas, aislamiento, siembra y producción. (2006). Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México
9. Gallardo, J. La producción de mezcal en el estado de Michoacán (2020). CIATEJ. Guadalajara, Jalisco, México.
10. Paniagua, G., Belmonte, Y. Una segunda vida para los residuos de la industria mezcalera. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. ITM, Morelia, Michoacán, México

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 11: Experiencias de vinculación e integración del conocimiento con las necesidades del Estado

Octubre, 2024

ID: CP1124104

MONITOREO VOLCÁNICO EN LA REGIÓN TANCÍTARO-PARÍCUTIN: INTEGRACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO PARA LA SEGURIDAD Y EL DESARROLLO DEL ESTADO

Ana Teresa Mendoza-Rosas[1], Pedro Corona-Chávez[2], Orlando Miguel Espinoza-Ojeda[1], Boris Chako-Tchamabe[2], Eduardo Huesca-Pérez[3], Alberto Gómez-Calderón[4], Carlos Heriberto Mendoza-Pérez[5], Sergio Aguilar-Flores[6]

1 CONAHCyT - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; ana.mendoza@umich.mx; orlando.espinoza@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; pedro.corona@umich.mx; boris.chako@umich.mx

3 CONAHCyT – Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; ehuesca@gmail.com

4 Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México; dagcbeto@gmail.com

5 Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; carlos.mendoza@umich.mx

6 Posgrado - Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán 58060, México; 2348316x@umich.mx

Palabras Clave: Peligro volcánico, Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato, Desarrollo del estado y Seguridad pública, Monitoreo Volcánico.

RESUMEN. El campo volcánico Michoacán-Guanajuato, es una de las áreas de mayor actividad volcánica en México, con más de 1,400 estructuras volcánicas en una región densamente poblada de 40,000 km². Las recientes erupciones de los volcanes Jorullo y Parícutin indican que este campo sigue activo, subrayando la necesidad de una evaluación de peligro y riesgo. En particular, los enjambres sísmicos registrados al norte del volcán Tancítaro son motivo de especial interés. Desde el primer enjambre que precedió al nacimiento del volcán Parícutin en 1943, se han registrado al menos nueve enjambres sísmicos en los últimos 25 años, lo que sugiere que podrían ser precursores de nuevas erupciones. Para abordar esta amenaza, el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (INICIT) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), junto con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Programa de Asistencia a Desastres Volcánicos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (VDAP-USGS), ha iniciado la implementación de la primera red permanente de monitoreo volcánico multiparamétrica en Michoacán. Esta red permitirá la adquisición y almacenamiento de datos esenciales para detectar posibles precursores de actividad volcánica y mejorar la capacidad de evaluación del peligro sísmico y volcánico que contribuye directamente a la seguridad de la población y al desarrollo del estado. Este proyecto destaca como un ejemplo de vinculación e integración del conocimiento científico con las necesidades del Estado,

alineándose con las áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación para el desarrollo regional. El monitoreo volcánico, la creación de una base de datos valiosa y el fomento de colaboraciones científicas internacionales promueven la innovación en el campo de la vulcanología y la optimización de la gestión del riesgo de desastres en la región del Parícutin-Tancítaro.

INTRODUCCIÓN. El Eje Neovolcánico es la región volcánica más activa en México. En su porción central se encuentra el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG), que abarca unos 40,000 km² y contiene más de 1,400 estructuras volcánicas. Las erupciones del Jorullo (1759-1774) y Parícutin (1943-1952) evidencian la actividad continua del CVMG y resaltan la necesidad de evaluar sus peligros volcánicos dispersos. La actividad sísmica, que a menudo precede a la actividad volcánica, suele presentarse como enjambres sísmicos con magnitudes coda menores a 5 (Mendoza-Rosas et al. 2024). En los últimos 25 años se han registrado nueve enjambres en la región norte del Tancítaro y Parícutin (1997, 1999, 2000, 2001, 2006, 2020, 2021, 2022, 2023). Esta alta recurrencia sísmica y la gran densidad volcánica en el área plantean una pregunta crucial: ¿podrían los enjambres sísmicos en la región Tancítaro-Parícutin ser precursores del nacimiento de un nuevo volcán? En 2023, se reconoció la falta de infraestructura para monitorear esta actividad. Como respuesta, CENAPRED, en conjunto con INICIT-UMSNH y Protección Civil de Michoacán, gestionó la instalación de cuatro estaciones multiparamétricas donadas por VDAP - USGS. Además, se propone crear el Laboratorio Multiparamétrico de Fenómenos Naturales (LAMFEN) en la UMSNH, que se encargará de almacenar y analizar los datos obtenidos, mejorando la capacidad de detección de precursores volcánicos. Este proyecto vincula el conocimiento científico con las necesidades locales, fortaleciendo la innovación en vulcanología y optimizando la gestión del riesgo de desastres en la región Parícutin-Tancítaro.

ANTECEDENTES. La región volcánica Tancítaro-Parícutin (RVTP) ha experimentado una intensa actividad sísmica en los últimos 25 años (Martínez-Medina et al., 2021; Legrand et al., 2023; Caballero-Jiménez et al., 2024). Situada en el Eje Neovolcánico, esta actividad está vinculada a la subducción de la placa de Cocos bajo la placa de Norteamérica (Ferrari et al., 2012). Los enjambres sísmicos se concentran en la intersección de los sistemas de fallas Cotija-Nueva Italia y Tepalcatepec-Tangancícuaro (Gómez-Calderón et al., 2021) (Fig. 1), lo que ha generado un alineamiento de volcanes de pequeño volumen, cuyas edades oscilan desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno (Zarazúa et al., 2024).

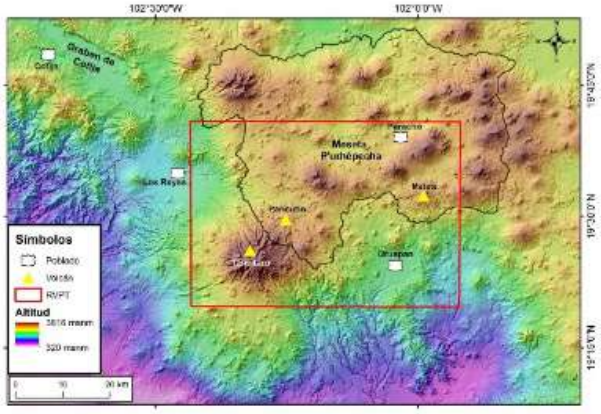


***Figura 1**. Modelo digital de elevación (MDE) donde se presenta la Región Volcánica Parícutin - Tancítaro (polígono rojo), se puede observar la localización de la Meseta P'urhépecha y se resalta la localización de los volcanes Tancítaro, Parícutin y el Metate.*

OBJETIVO. Evaluación de Peligro Volcánico y Sísmico: Estudiar la zona activa de enjambres sísmicos en la RVTP, con el fin de evaluar y mitigar el peligro volcánico y sísmico. Generación de Bases de Datos: Crear bases de datos para el análisis de peligro y riesgo asociado a volcanes y sismos, mejorando la comprensión y gestión de estos fenómenos naturales. Formación Académica: Promover la formación académica de estudiantes de licenciatura y posgrado en el estudio de procesos físicos y geológicos relacionados con fenómenos naturales, fomentando expertos en vulcanología y sismología. Capacitación y Vinculación: Fortalecer la capacitación y profesionalización de los miembros de la UMSNH, y promover la vinculación con instituciones de protección civil y prevención de desastres, mejorando así la respuesta y preparación ante eventos volcánicos y sísmicos. Divulgación: Difundir información sobre riesgos volcánicos y sísmicos a las comunidades de la RVTP.

MATERIALES Y MÉTODOS. El 15 de noviembre de 2023, la UMSNH recibió cuatro estaciones multiparamétricas para el monitoreo volcánico del Parícutin, instaladas en los municipios de Angahuan, Charapan, San Juan Parangaricutiro y Uruapan. Cada estación incluye los siguientes equipos (Fig. 2). Centauro: Sistema de adquisición de datos que recopila y comprime las señales de los demás equipos. Permite el monitoreo remoto en tiempo real mediante un protocolo TCP/IP, para lo cual se requiere una IP fija o una TCP/IP institucional con puerto abierto. GNSS (Global Navigator Satelite System): Equipo que determina con precisión la ubicación y movimiento, utilizando varios satélites. Con los datos de las cuatro estaciones, se puede inferir el comportamiento de flujos magmáticos, siempre y cuando no haya errores en la conexión con los satélites. Estación Meteorológica: Mide variables atmosféricas como presión, temperatura, humedad y precipitación. Sismómetro: Registra sismicidad y monitorea actividad de enjambres sísmicos, permitiendo identificar patrones que podrían sugerir un posible surgimiento de un nuevo volcán en la región.



***Figura 2.** Estación Multiparamétrica Viveros Cuchaporo. San Juan Parangaricutiro.*

RESULTADOS. El establecimiento del LAMFEN mejorará la comprensión de la actividad volcánica en el CVMG, integrando datos meteorológicos, sísmicos y geodésicos para una evaluación precisa del peligro volcánico y sísmico en la RVTP. La creación de bases de datos optimizará la gestión del riesgo de desastres, fortaleciendo la comunicación y colaboración con Protección Civil y mejorando la respuesta ante emergencias. Este

proyecto no sólo fortalecerá la seguridad de la población, sino que también contribuirá al avance científico en vulcanología y sismología, facilitando una respuesta eficaz ante futuros eventos eruptivos.

CONCLUSIONES. La RVTP presenta un escenario sísmico y tectónico complejo que influye directamente en su actividad volcánica. La interacción de fallas y la actividad magmática subyacente son factores clave para la evaluación de peligros. El LAMFEN, al integrar datos meteorológicos, sísmicos y geodésicos, proporciona un monitoreo completo de la actividad volcánica, permitiendo una comprensión más profunda de los procesos que rigen la sismicidad y el volcanismo en la región. Esta información obtenida en tiempo real facilitará el pronóstico y la mitigación de riesgos geológicos, mejorando la respuesta ante posibles erupciones y fortaleciendo la gestión del riesgo y la protección civil en una región densamente poblada y vulnerable.

AGRADECIMIENTOS. Los autores desean agradecer al Proyecto CIC-UMSNH 17683 por el apoyo económico para los trabajos en campo, así como al CENAPRED, PCEM y a la dirección del INICIT-UMSNH.

REFERENCIAS.

1. Caballero-Jiménez G.V, Cristina Zarazúa-Carbajal Ma., Mendoza-Rosas AT, De La Cruz-Reyna S. (2023). The 2020 and 2021 Seismic Swarms in the Tancítaro-Parícutin Area (Uruapan- Michoacán, México) Evidence Magma Intrusion in an Area with High Density of Monogenetic Cones. Geofísica Internacional (2024) 63-2: 913 – 927 https://doi.org/10.22201/igeof.2954436xe.2024.63.2.1759
2. Ferrari L, Pasquare G, Venegas S, Castillo D, Romero F (2012). Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco block. Int Geophys, 33(1):139–151. https:// doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1994.33.1.545
3. Gómez-Calderón DA, Soria-Caballero DC, Corona-Chávez P (2021). Tectónica y sismicidad en la Región Volcánica Parícutin-Tancítaro, Michoacán, México. Ciencia Nicolaita, Num 82. https://doi.org/10.35830/cn.vi82.556
4. Legrand D, Perton M, Macías JL, Siebe C, Pacheco J, Chacón F, Lermo J, Quintanar L, Cisneros G (2023). Repeated seismic swarms near Paricutin volcano: precursors to the birth of a new monogenetic volcano in the Michoacán-Guanajuato volcanic field, México? Bull Volcanol, 85(5):30. https://doi.org/10.1007/s00445-023-01645-0
5. Mendoza-Rosas, A.T., Juárez-Valle, C.A., Figueroa-Soto, A. et al. (2024). Identification of trends in the Tancítaro-Parícutin seismic swarm sequence through fractal characteristics of inter-event times. J Seismol 28, 373–386. https://doi.org/10.1007/s10950-024-10198-4
6. Martínez-Medina M, Soria-Caballero D, Corona-Chávez P, Gómez-Calderón DA, Figueroa-Soto A, González Fabián MC (2021). El enjambre Sísmico de Michoacán 2020, región Volcánica de Paricutin - Tancítaro. En Paricutin saberes y memorias. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Editorial, pp 91–123.
7. Zarazúa-Carbajal M.A, Mendoza-Rosas A.T., Caballero-Jiménez G.V, Gómez-Vázquez A, De la Cruz-Reyna S.The spatiotemporal evolution of monogenetic scoria cones in the Paricutin-Tancítaro region, Mexico: Results from a Morpho-chronological analysis and its consequences on the distributed volcanic hazard. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 451, 2024, 108111, https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108111.

Eje 1. Investigación en las Ciencias Básicas.
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CV0224103

PLATAFORMA PARA LA INVESTIGACIÓN Y LA ENSEÑANZA DE LA ROBÓTICA DE ENJAMBRE BASADA EN MINIDRONES

Gerardo Loreto Gómez[1], Juan Alfredo Elizondo González[2], Marcela Morales Morfin[3]
1Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan; gerardo.lg@uruapan.tecnm.mx
2Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan; elizondoalfredo30@gmail.com
3Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Uruapan; marcela.mm@uruapan.tecnm.mx

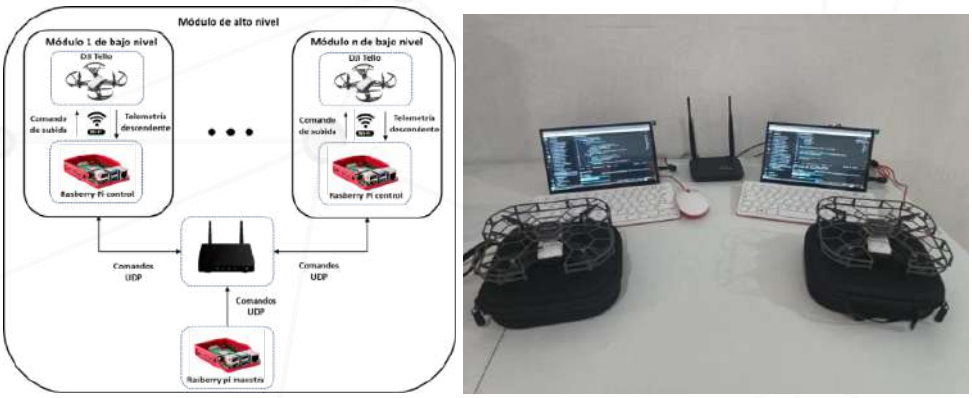
Palabras Clave: Robótica de enjambre, Vehículo Aéreo No Tripulado, DJI Ryze Tello.

RESUMEN. En este artículo se describe los resultados obtenidos al implementar algoritmos para el control de la alineación de un enjambre de drones durante la etapa de despegue y para la navegación con base en una trayectoria deseada utilizando una plataforma experimental desarrollada para tal fin. La arquitectura de la plataforma está dividida en dos grandes categorías, la primera de bajo nivel dedicada a los protocolos de comunicación y control a distancia que utiliza el drone comercial DJI Ryze Tello® y una tarjeta Rasberry Pi® como módulo de control que contiene instalado el sistema operativo Ubuntu y el lenguaje de programación de Python. El módulo de control envía comandos de vuelo a través de la red Wi-fi que genera el drone, recibe la señal de vídeo inalámbrica, la información de los sensores a bordo y la información de movimiento realizado por drones vecinos, a partir de la información de la cámara el módulo procesa un algoritmo para la detección de otros drones en el campo de visión de la cámara cuyo objetivo principal es la alineación del enjambre posterior al despegue de cada drone. La segunda categoría es la arquitectura de alto nivel de la plataforma encargada de la planificación de misiones, está constituida por cada módulo individual de control de los drones que integran el enjambre, estos módulos se comunican a través de una red cableada implementada en un router comercial, adicionalmente, se tiene otra tarjeta Rasberry Pi® en la red cuya función principal es la programación de la misión a realizar por el enjambre. Los resultados obtenidos permiten validar que los algoritmos de control implementados para la alineación de los drones al despegue, la programación de una ruta de navegación y la plataforma desarrollada tiene la capacidad suficiente para controlar el comportamiento del enjambre.

INTRODUCCIÓN. Los micro vehículos aéreos (MAV), hacen referencia a drones pequeños y livianos que pesan pocos gramos (Singhal, G., et. al, 2018). Estos drones están diseñados para ser altamente maniobrables y pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones, incluyendo vigilancia, reconocimiento, investigación científica, y en algunos casos, misiones militares (PS, R., & Jeyan, M. L., 2020). El desarrollo de aplicaciones con vuelo coordinado de grupos de MAV es un desafío multidisciplinario que se puede dividir en dos aspectos principales. Por un lado, el diseño del control individual de cada MAV tomando en cuenta sus capacidades locales, y por el otro, el control de vuelo en grupo mediante el cual se necesita planificar formaciones de vuelo y establecer la arquitectura de control que permitan lograr de manera eficiente el objetivo propuesto (Coppola, M., et. al, 2020). Las características individuales a tener en cuenta para el control de un MAV incluyen el tiempo

de vuelo, peso, sensores a bordo, procesadores y actuadores. Además, de los sistemas para el control de orientación y posición, así como de velocidad. El MAV debe ser capaz de navegar de forma segura en su entorno pudiendo detectar y evitar posibles obstáculos (Yasin, J. N., et. al, 2020). Por otro lado, las características de grupo incluyen la comunicación entre los MAV, de modo que puedan compartir información de la ubicación de los vecinos cercanos que permitan asegurar los comportamientos deseados del grupo y que garantice que los MAV no colisionaran entre sí en el aire (Campion, M., et. al, 2018). Para cumplir este último punto, es requerido definir el tipo de formación que adoptara el grupo, esto es, como se organizaran en una estructura global modificando sus ubicaciones para completar una tarea definida mientras considera sus restricciones dinámicas (Dias, P.G.F., et. al, 2021). En general, el vuelo coordinado enfrenta tres problemas principales, la generación de la formación, mantener su forma y la reconfiguración (Do, H. T., et. al, 2021). En este contexto, la formación puede ser rígida (los MAV se mueven para mantener las posiciones relativas entre ellos), flexible (reconfiguración o división por obstáculos detectados), o ambas dependiendo de la tarea. Por todo lo anterior, es requerido el diseño de plataformas flexibles y robustas que permitan tomar todas estas características para realizar pruebas experimentales para un vuelo de un grupo de MAV. En este artículo se describe los resultados obtenidos al implementar algoritmos para el control de vuelo coordinado utilizando una plataforma experimental basado en el drone DJI Ryze Tello® y la tarjeta Rasberry Pi®. La arquitectura de control distribuido propuesta permite realizar el procesamiento de la tarea en dos niveles, el dedicado al protocolo de comunicación y control individual de cada Tello y el nivel dedicado a la planificación de la tarea y coordinación grupal de los MAV.

MATERIALES Y MÉTODOS. La figura 1a muestra el diagrama esquemático de la arquitectura para la plataforma experimental, así como sus componentes e interacciones, está dividida en módulos, el de bajo nivel o nodo de control, integrado por una tarjeta de control Rasberry Pi® 4 emparejadas con el drone DJI Tello® mediante Wi-Fi, la tarjeta tiene instalado el sistema operativo Ubuntu Server 20.04, esto se justifica debido a que la plataforma ha sido diseñada como banco de pruebas enfocado al control de drones, robótica de enjambre y robótica cooperativa para fines tanto de investigación como de enseñanza, por lo tanto, es posible utilizar el lenguaje de programación python o el middleware robótico de ROS Noetic que es compatible con el sistema operativo instalado en la Rasberry Pi®.



A) Arquitectura de la plataforma.

B) Nodos de control.
Figura 1. *Plataforma experimental.*

En la Figura 1b se muestra los nodos de control físico, donde se tiene además un monitor con la tarjeta Rasberry Pi® montada en su parte posterior, además de sus periféricos y el Tello. El uso de una tarjeta de control por cada Tello se justifica debido a que todos los modelos comerciales del DJI Tello utilizada el mismo puerto UDP 8890 para él envió de comandos, lo que no permite que un único dispositivo externo pueda conectarse a diferentes drones.
La estructura general del hardware de control del drone DJI Tello se divide en dos partes, ver figura 2. En primer lugar, se tiene un controlador de vuelo a bordo que proporciona funciones básicas como estabilización de vuelo y regulación de altitud, control de velocidad de traslación y ejecución de trayectoria simple. Esta parte del sistema es una arquitectura de hardware cerrado, operado con un protocolo de comandos dedicados. En segundo lugar, se puede lograr un mayor nivel de autonomía utilizando el protocolo de control basado en comandos UDP (User Datagram Protocol) para la comunicación entre el Tello y un dispositivo externo de control, como un smartphone, tableta o computadora. Este enfoque de arquitectura dividida y distribuida permite superar las limitaciones de tamaño y peso del hardware en los mini drones, para aprovechar estaciones de control externas con mayor capacidad de procesamiento para gestionar una planificación de trayectorias y control de vuelo de alto nivel.

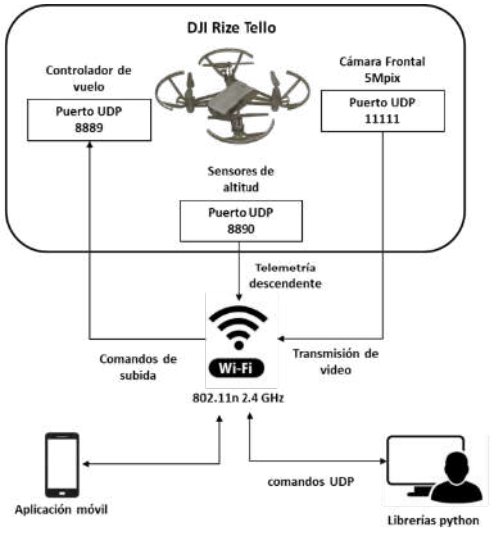


Figura 2. *Arquitectura del sistema de comunicación*

El Tello se encuentra configurado de fábrica como un punto de acceso inalámbrico para que se conecte dispositivo externo. La comunicación se realiza a través de una conexión Wi-Fi 802.11n de 2,4 GHz. Utilizando el kit de desarrollo de software (SDK 2.0) oficial del Tello se dispone de una amplia variedad de comandos posibles para su programación, desde simples movimientos de traslación y rotación hasta la realización de trayectorias de vuelo más sofisticadas. La telemetría descendente proporcionar al usuario los datos del estado de Tello, como la orientación (balanceo, cabeceo y guiñada), velocidades y aceleraciones

de traslación, nivel de energía de la batería y altitud actual obtenida tanto por la presión barométrica como por el sensor de tiempo de vuelo (ToF).

RESULTADOS. Las pruebas realizadas fueron en dos etapas, las primeras corresponden al funcionamiento individual de cada nodo, se implementó algoritmos que permitiera un seguimiento de la trayectoria de vuelo del Tello, seguimiento de objetos por color y seguimiento de rostros. Las pruebas para validar el funcionamiento del grupo MAV se realizaron utilizando dos Tellos, se implementó un control centralizado, donde la tarjeta maestra permitía enviar comandos de vuelo mediante el teclado a ambos drones, la segunda prueba fue un control descentralizado, donde ambos drones alternaban él envió del comando de vuelo a través del teclado de cada nodo. La figura 3 muestra algunas imágenes de las prueba realiza para un control descentralizado.



Figura 3. *Pruebas control descentralizado*

El desarrollo de la arquitectura de control distribuido propuesta a través de la conexión del Tello a una tarjeta Rasberry Pi® y a su vez las tarjetas a una red generada por un router comercial se justifican debido a que este modelo no presenta de fábrica la opción de controlar el vuelo coordinado de un conjunto de drones. Además, la configuración permite distribuir el procesamiento de la tarea en dos niveles, el dedicado al protocolo de comunicación Wi-Fi y del procesamiento de la tarea individual y el nivel dedicado a la planificación de la tarea y coordinación grupal de los UAV. Además, esta configuración permite la implementación de un control centralizado y descentralizado. Finalmente, los algoritmos de prueba para el control de vuelo individual y en grupo permiten concluir el potencial que tiene la plataforma propuesta para su aplicación en temas de control, robótica cooperativa y robótica de enjambre.

AGRADECIMIENTOS. "Proyecto Apoyado por El Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo".

REFERENCIAS.

1. Campion, M., Ranganathan, P., & Faruque, S. (2018, May). A review and future directions of UAV swarm communication architectures. In 2018 IEEE international conference on electro/information technology (EIT) (pp. 0903-0908). IEEE. https://doi.org/10.1109/EIT.2018.8500274
2. Coppola, M., McGuire, K. N., De Wagter, C., & De Croon, G. C. (2020). A survey on swarming with micro air vehicles: Fundamental challenges and constraints. Frontiers in Robotics and AI, 7, 18. https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00018
3. Dias, P.G.F., Silva, M.C., Rocha Filho, G.P., Vargas, P.A., Cota, L.P., Pessin, G., (2021), Swarm robotics:A perspective on the latest reviewed concepts and applications. Sensors 21(6), 2062. https://doi.org/10.3390/s21062062
4. Do, H. T., Hua, H. T., Nguyen, M. T., Nguyen, C. V., Nguyen, H. T., Nguyen, H. T., & Nguyen, N. T. (2021). Formation control algorithms for multiple-uavs: a comprehensive survey. EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems, 8(27), e3-e3. https://doi.org/10.4108/eai.10-6-2021.170230
5. PS, R., & Jeyan, M. L. (2020). Mini Unmanned Aerial Systems (UAV)-A Review of the Parameters for Classification of a Mini UAV. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 7(3), 5. https://doi.org/10.15394/ijaaa.2020.1503
6. Singhal, G.; Bansod, B.; Mathew, L. Unmanned Aerial Vehicle Classification, Applications and Challenges: A Review. Preprints 2018, 2018110601. https://doi.org/10.20944/preprints201811.0601.v1
7. Yasin, J. N., Mohamed, S. A., Haghbayan, M. H., Heikkonen, J., Tenhunen, H., & Plosila, J. (2020). Unmanned aerial vehicles (uavs): Collision avoidance systems and approaches. IEEE access, 8, 105139-105155. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000064

Eje1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CV0224104

IMPLEMENTACIÓN DE SIMULACIÓN POR ELEMENTO FINITO EN LA ENSEÑANZA DE LAS TEORÍAS DE FALLA ESTÁTICA

Roberto Briones Flores[1], M. Morales-Morfín[2], Miguel Ángel Núñez Cárdenas[3]
1Tecnológico Nacional de México/ITS de Uruapan; roberto.bf@uruapan.tecnm.mx
2Tecnológico Nacional de México/ITS de Uruapan; marcela.mm@uruapan.tecnm.mx
3Tecnológico Nacional de México/ITS de Uruapan; miguel.nc@uruapan.tecnm.mx

Palabras Clave: Simulación, CAE, Elemento Finito.

RESUMEN. El presente trabajo propone la implementación de simulaciones como un complemento didáctico en las materias relacionadas al Diseño Mecánico, reduciendo el tiempo en la resolución de problemas en clase con la metodología clásica y dedicar parte de ese tiempo en el manejo de software CAE (Ingeniería Asistida por Computadora), basado en el método de Elementos Finitos, para simulación de los mismos problemas resueltos en clase, permitiendo al estudiante analizar, comparar resultados y de ser necesario hacer pruebas con algunas de las opciones (tipo de elemento, tipos de apoyo, tamaño de malla, etc.). La intención de dicha propuesta es mejorar la capacidad de retención de los conceptos e incrementar el interés de los alumnos por aplicar este tipo de programas en materias relacionadas al diseño mecánico.

INTRODUCCIÓN. Existen muchas técnicas didácticas que nos permiten mejorar de manera significativa la comprensión de conceptos teóricos y la aplicación en el desarrollo de problemas en clase. La técnica de simulación en la enseñanza es muy útil para lograr un aprendizaje significativo, y recrear experiencias que serían imposibles o difíciles de observar en la realidad. Se basa en el aprendizaje a partir de la acción, creando un ambiente que permite a los estudiantes observar el desempeño de algún elemento mecánico bajo diferentes condiciones de carga. En la enseñanza tradicional, el uso de gráficas y fórmulas difícilmente dan una idea de la distribución de esfuerzos, lo cual es muy importante para poder identificar las regiones más críticas de un elemento mecánico e interpretar adecuadamente el factor de seguridad, dependiendo de la teoría de falla seleccionada. Se implementó en clase el uso de simulaciones utilizando el módulo Static Structutral de ANSYS® Student Mechanical, Release 2024 R1 para el análisis de esfuerzos por el método de elementos finitos, utilizando las diferentes teorías de falla estática. Para ejemplificar el uso de simulaciones se seleccionaron diferentes problemas que impliquen falla estática de algún elemento mecánico, resolviendo el problema mediante el método tradicional, usando fórmulas y gráficas descritos en los libros de la materia. Posteriormente, se genera un modelo CAD, se especifican las propiedades del material, cargas y condiciones de borde y en base a esta información, se resuelve el modelo utilizando el método de elementos finitos para obtener los esfuerzos equivalentes y factores de seguridad. Los resultados calculados se comparan con los valores simulados, verificando de esta manera si los valores obtenidos en el modelo fueron correctos.

ANTECEDENTES. En general, los problemas de Ingeniería son modelos matemáticos de situaciones físicas. Los modelos matemáticos de muchos problemas de ingeniería son ecuaciones diferenciales con un conjunto correspondiente de condiciones de borde o condiciones iniciales. Para resolver esas ecuaciones diferenciales pueden emplearse métodos numéricos, entre ellos, el más usado, es el método de Elemento Finito, el cual puede emplearse para la simulación de una gran cantidad de problemas de ingeniería. (Moaveni, 2008). En trabajos previos, las simulaciones han sido usadas para mejorar el aprendizaje, mejorando el entendimiento conceptual y como el propio proceso de aprendizaje (Koh, 2010), enseñar y forjar habilidades humanas tales como el pensamiento creativo, toma de decisiones, resolución de problemas, habilidades motoras, habilidades procedimentales y otras. Algunos autores han descrito que esas habilidades son esenciales para los estudiantes del siglo 21 (Loreto, 2019). Dale (1969), sitúa en la base de su “Cono de Experiencia”, la experiencia directa y útil, que es el aprendizaje por participación directa con responsabilidad del resultado y menciona que es la base del aprendizaje significativo. Menciona que la segunda etapa consiste en simplificar la realidad por un modelo, diseñado para propósitos de enseñanza, que sea más fácil de entender que lo que representa. Las técnicas tradicionales de enseñanza normalmente están basadas en lecturas, presentaciones orales o incluso presentación de videos, en los cuales los estudiantes solamente ven y escuchan, las cuales corresponden a niveles más abstractos. Las ideas de aprender haciendo, desde la concepción de Dewey (1989), se plasman en la educación formal a fin de mantener el contacto con la experiencia directa, estableciendo la secuencia de la teoría con la práctica. Así, es posible articular la teoría con la práctica permitiendo la aplicación y obtención de nuevos conocimientos a partir de la propia práctica, así como la comprobación de validez de los conceptos teóricos (Cataldi, 2013). Los profesores pueden usar simulaciones para reforzar la explicación de conceptos teóricos, permitiendo que los estudiantes mejoren la comprensión de tales conceptos, permitiendo cambiar las condiciones y ver los cambios que genera dicho cambio, permitiendo que el alumno aprenda por prueba y error.

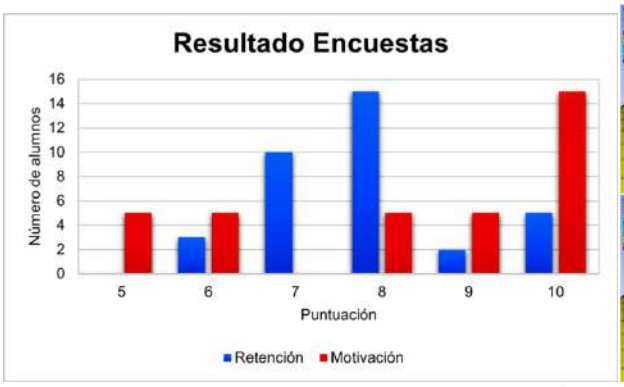
OBJETIVO. Se pretende complementar la enseñanza en la materia de Diseño de Elementos Mecánicos en los temas relacionados con teorías de falla estáticas, así como introducir a los estudiantes en el manejo de software de Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), generando una experiencia que les permita una mejor retención e interpretación de los conceptos. Para ello se desarrollaron varios problemas de forma tradicional, y se compararon los resultados con los obtenidos mediante simulación, interpretando la distribución de esfuerzos e identificando las regiones más críticas, para obtener los valores de los factores de seguridad según los criterios de Von Mises y Tresca. Otro objetivo es incrementar motivación en los estudiantes para que continúen aprendiendo y aplicando el software de simulación en temas posteriores.

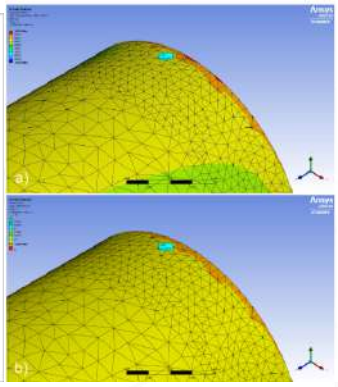
MATERIALES Y MÉTODOS. Para las simulaciones se utilizó utilizando el módulo Static Structutral de ANSYS® Student Mechanical, Release 2024 R1. Este módulo permite realizar análisis de esfuerzos y deformaciones, empleando el método de elemento finito, utilizando las diversas teorías de falla estática, generando previamente un modelo 3D y asignado cargas y condiciones de borde como son los apoyos. El procedimiento utilizado en clase es seleccionar un problema del tema de falla estática de la materia de Diseño de

Elementos de Máquinas, el cual se resuelve a mano, utilizando las fórmulas y principios teóricos descritos en la literatura. Posteriormente, se genera un modelo CAD de dicho problema, se asignan propiedades al material para que coincida con los datos del problema, haciendo especial énfasis en los esfuerzos de tensión y resistencia a la cendencia, ya que serán los valores de referencia para hace el cálculo de los factores de seguridad. Usando estas simulaciones 3D, los estudiantes compararon sus resultados y verificaron si los valores obtenidos en el modelo fueron correctos, validando de esta manera los valores obtenidos en las simulaciones. Cabe mencionar que en caso de variaciones notables en los resultados, se deben hacer algunos cambios en el modelo (como pueden ser el tamaño del mallado o tipo de apoyos) y volver a ejecutar la simulación. Las Fig. 1a y 1b muestran los valores para el esfuerzo equivalente de Von Mises, 27,519 psi, así como el factor de seguridad correspondiente, 1.71 para uno de los ejercicios realizados en clase. Los valores calculados del esfuerzo de Von Mises y Factor de Seguridad fueron de 27,660.9 psi y 1.70, respectivamente. Como puede observarse los valores calculados y simulados son muy semejantes, sin embargo, la simulación muestra la distribución de esfuerzos, así como el efecto de concentración de esfuerzos causado por el tipo de apoyo (apoyo fijo) asignado en el extremo derecho. Con el objeto de obtener información cuantitativa respecto a la aplicación de simulaciones en clase, se aplicó una encuesta al término de la unidad de la materia

RESULTADOS. Las encuestas se realizaron en un total de 35 alumnos con un total de 10 preguntas relacionadas con la importancia del manejo de Software de simulación en la materia de Diseño de Elementos Mecánicos. La Fig. 2 muestra los resultados obtenidos sobre la retención de conceptos y motivación, en base a la percepción individual del estudiante. Para estas 2 preguntas se tomó una escala de 0 a 10, siendo “Nada” el valor 0 y 10 “Totalmente”. Como puede observarse, todos los alumnos asignaron puntuaciones superiores a 5 en los dos rubros. La mayoría de los estudiantes (71%) asignaron valores entre 7 y 8 para la retención de conceptos, mientras que el 43% se encuentra totalmente motivados para en para seguir aplicando software de simulación en los temas posteriores con una puntuación de 10.

CONCLUSIONES. Los resultados muestran, en general, una mejoría en la retención de los conceptos de la materia de Diseño de Elementos Mecánicos, así como un incremento notable en la motivación de los alumnos al combinar las técnicas tradicionales con el uso de software de simulación, sin embargo, es necesario medir de manera cuantitativa dichos datos. Es necesario la generación de exámenes de diagnóstico previo a cada unidad de aprendizaje que se estará trabajando, de manera que permitan estimar el nivel de comprensión de los conceptos previos (esfuerzos combinados, esfuerzos normales y cortantes máximos, etc.). Así mismo, es necesaria la aplicación de un examen al final de la unidad para poder realizar un análisis cuantitativo del avance logrado por los alumnos.





REFERENCIAS.

1. Cataldi, Z., Lage, F. J., & Dominighini, C. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. Revista de informática educativa y medios audiovisuales, 10(17), 8-16.
2. Dewey (1989) Como pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo. Paidós.
3. Koh, Caroline & Tan, Hock & Tan, Kim-Cheng & Fang, Linda & Fong, Fook & Kan, Dominic & Lye, Sau & Wee, May. (2010). Investigating the Effect of 3D Simulation Based Learning on the Motivation and Performance of Engineering Students. Journal of Engineering Education.
4. Loreto-Gómez, G., Rodríguez-Arce, J., González-García, S., & Montaño-Serrano, V. M. (2019). Analysing the effect of the use of 3D simulations on the performance of engineering students in a robotics course: Findings from a pilot study. International Journal of Electrical Engineering Education, 56(2), 163–178.
5. Moaveni, S. (2008). Finite element analysis theory and application with ANSYS: International edition (3a ed.). Pearson.
6. Dale, E. (1969). Audiovisual Methods in Teaching. New York, Dryden Press.

Eje1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CV0224108

IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DIGITAL DE UN HORNO ELÉCTRICO

M. Morales-Morfin[1], G. Loreto-Gómez[2], Roberto Briones-Flores[3]
Tecnológico Nacional de México /ITS de Uruapan; marcela.mm@uruapan.tecnm.mx
Tecnológico Nacional de México /ITS de Uruapan; gerardo.lg@uruapan.tecnm.mx

Palabras Clave: Horno-Eléctrico, Identificación, PID, Algoritmos-Genéticos.

RESUMEN. En este trabajo, se presentan los resultados del estudio de un horno eléctrico (automatizado con tecnología de la marca delta™) aplicando la clásica estrategia de control PID. Se utiliza la APP System Identification de Matlab™ para la identificación de la dinámica del horno, y se simula su comportamiento ante la ley de control propuesta, la cual se sintoniza por medio de algoritmos genéticos con la APP Optimization, también de Matlab™. Finalmente, se compara el resultado de la simulación en computadora del controlador PID contra la respuesta en tiempo real del sistema. La efectividad de los algoritmos de identificación y control ante el sistema de respuesta lenta de segundo orden, queda demostrado con el aval de los datos presentados.

INTRODUCCIÓN. Los hornos eléctricos tienen una amplia variedad de aplicaciones, desde la fundición de metales y la fabricación de cerámica hasta los procesos de tratamiento térmico en la industria alimentaria. El primer paso crucial en el proceso de control digital de un horno eléctrico es la identificación del sistema. Esto implica comprender las características y el comportamiento del horno, como su respuesta a los cambios de temperatura, la inercia térmica y las posibles no linealidades presentes (Smith & Johnson, 2019). La obtención de un modelo matemático preciso del horno es fundamental para diseñar estrategias de control efectivas (Smith, 2020). Una vez que se ha identificado el sistema, se puede implementar un control digital adecuado. El control digital aprovecha las capacidades de los microcontroladores y los sistemas de control programables para realizar cálculos y ajustes en tiempo real. Los algoritmos de control, como el control PID (Proporcional-Integral-Derivativo), se utilizan para mantener la temperatura del horno en el valor deseado, ajustando con precisión la potencia suministrada.

ANTECEDENTES. La identificación y control digital de un horno eléctrico ha sido objeto de investigación en diversas áreas. Los estudios se han centrado en la obtención de modelos precisos del horno a través de técnicas de identificación de sistemas (García & Pérez, 2019; Smith, 2020). Además, se ha investigado el desarrollo de algoritmos de control avanzado, como el control predictivo basado en modelo, el control adaptativo y el control óptimo, para mejorar el rendimiento del horno (Wang & Xu, 2020). También se han explorado enfoques basados en redes neuronales para modelar y controlar la temperatura en tiempo real (Rodríguez, González, & Martínez, 2020). Otra área de investigación importante ha sido la optimización del consumo energético del horno, mediante el diseño de estrategias de control y algoritmos de optimización (Johnson & Anderson, 2021). Además, se han estudiado enfoques de control robusto para lidiar con la incertidumbre y las perturbaciones

del sistema. Por último, la investigación en sistemas de control distribuido ha abordado la coordinación y comunicación entre múltiples hornos eléctricos dentro de un sistema más amplio.

OBJETIVO. Mejorar la respuesta del control de temperatura en hornos eléctricos mediante la aplicación de técnicas de identificación, control digital y sintonización con algoritmos genéticos.

OBJETIVO ESPECÍFICOS: Investigar y aplicar métodos de identificación para obtener modelos matemáticos precisos del horno eléctrico. Diseñar y desarrollar algoritmos de control digital para mantener la temperatura del horno en un valor deseado, ajustando la potencia suministrada de manera precisa. Implementar algoritmos genéticos que permitan ajustar los parámetros del controlador. Realizar pruebas experimentales y comparativas para evaluar la eficacia y rendimiento de los diferentes enfoques de identificación y control digital en el contexto de los hornos eléctricos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El hardware utilizado

El proyecto se conformó de los elementos siguientes (ver Fig. 1):

*PLC DVP-ES2/EX2/SS2/SA2/SX2
*Módulo RTD DVP-04PT
*Panel HMI Delta
*Relevador Industrial
*Horno Eléctrico
*Sensor PT100

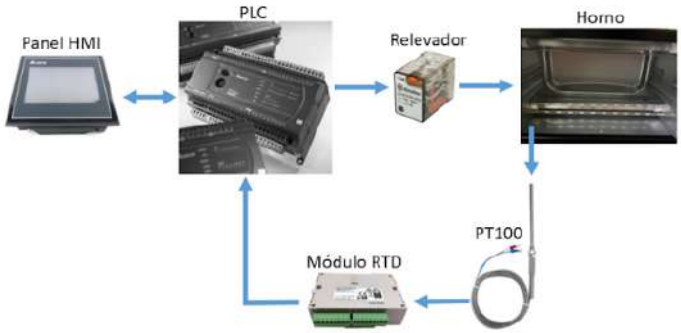


Figura 1. *Adquisición de datos*

Con el hardware involucrado, se realiza la adquisición de datos de temperatura haciendo uso de eServer™ del software DOPsoft™. Configurándolo de manera adecuada para obtener un archivo en excel, leyendo específicamente los datos de entrada y salida de la planta, provenientes de la HMI relacionados con la temperatura, con un tiempo de muestreo de 2 seg.

Identificación de la planta. Una vez que se han obtenido los datos de entrada y salida de la planta, se lleva a cabo el proceso de identificación de una planta o la comprensión de su dinámica mediante el uso de System Identification de MATLAB™ que implica la recopilación de datos, la selección de un modelo, la estimación de parámetros, la validación y ajuste del modelo, y la verificación de su rendimiento. Este proceso permite obtener un modelo

matemático preciso que puede ser utilizado en el diseño de estrategias de control o en el análisis de sistemas dinámicos.

Controlador utilizado. Se utiliza el método de control clásico conocido como PID (Smith, 2022) que combina tres componentes básicos: proporcional, integral y derivativo. La parte proporcional ajusta la acción de control en función del error presente, la parte integral considera la acumulación de errores pasados en el tiempo. Por su parte, la parte derivativa tiene en cuenta la tasa de cambio del error. La combinación de estos componentes proporciona un control más preciso y robusto.

El control PID clásico requiere un conocimiento detallado del sistema y se basa en una función matemática lineal, como se muestra en la Fig. 2.

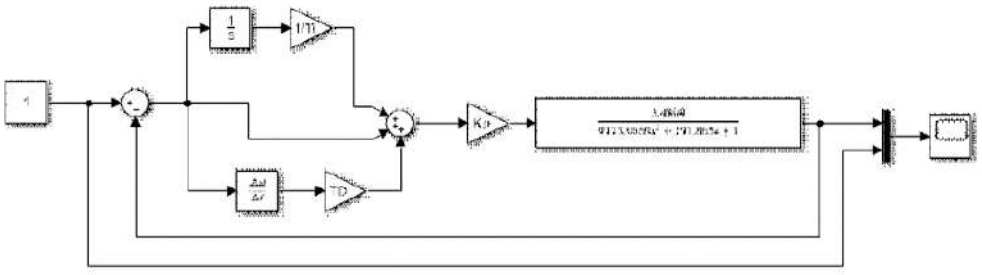


***Figura 2**. Control PID*

El PLC utilizado en este proyecto, posee diversos modos de control y el que se configura para usarse se rige por la siguiente ecuación:

MV=KPEt+1TiEtdt+TDddtEt

donde

Ki=KPTi, KD=KPTD

MV= valor de salida del controlador

KP= ganancia proporcional

KD= ganancia derivativa

Ki= ganancia integral

Et= valor de error

Ti= constante de tiempo integral

TD= constante de tiempo derivativa

Sintonización por AG. Para optimizar los parámetros del PID, se emplearon algoritmos genéticos, lo cual permitió ajustar las ganancias del controlador de manera eficiente (Rodríguez, González, & Martínez, 2020; Wang & Xu, 2020). Esta técnica de optimización basada en la evolución biológica ha demostrado ser altamente efectiva en la mejora de la respuesta de control en sistemas complejos como los hornos eléctricos.

RESULTADOS. La Fig. 3 muestra los datos monitoreados de temperatura considerando un tiempo de muestro de 2 segundos, un ancho de pulso del 25%, 50%, 75% y 100%, frecuencia de la señal PWM de 0.25Hz y voltaje de la línea de 127Vrms. Considerando la adquisición de datos al 25%, se realiza la identificación de la planta. La Fig. 4 muestra los datos de entrada y salida del sistema.

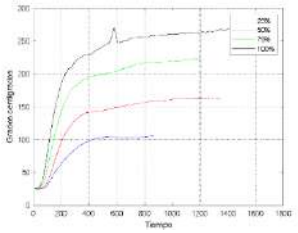


Figura 3. *Datos monitoreados de temperatura*

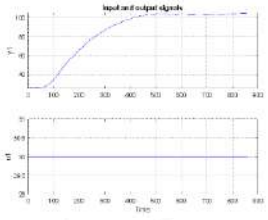


Figura 4*. Datos de entrada y salida del sistema*

De los modelos propuestos se seleccionó el modelo que alcanzó un ajuste del 94.47% en relación a la respuesta original de la planta. Este modelo corresponde a un sistema de segundo orden dado por:

$$GS=3.4899101.22s+190.645s+1=3.48999175.0869s2+191.865s+1$$

La respuesta al escalón en lazo abierto de este sistema, se muestra en la Fig. 5, donde se puede apreciar un estado estable en aproximadamente 700 segundos (11 minutos 40 segundos).

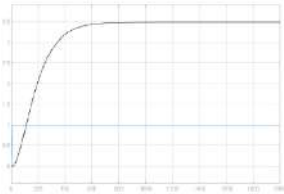


Figura 5. *Respuesta al escalón en lazo abierto*

Para llevar a cabo la sintonización, se desarrolla un script que asigna el control PID a la planta, permitiendo así la optimización mediante algoritmos genéticos (AG). Después de 249 iteraciones, se obtuvieron los siguientes valores: KP=14929.174, Ki=147.263y KD=2357.022. Considerando un tamaño de población de 100 elementos y una evaluación de la función de aptitud de forma paralela. Con estos valores se obtienen los tiempos de integración y derivativo, mismos que son los que se cargan al PLC. Los valores de frontera están dados por los valores máximos y mínimos que maneja el PLC.

$$Ti=KPKi=14929.174147.263=101.3776,\ TD=KDKP=2357.02214929.174=0.1578$$

La respuesta al escalón de la planta en lazo cerrado con la sintonización por AG obtenida, se muestra en la Fig. 6. Podemos observar que el error en estado estacionario y tiempo de establecimiento mejora notablemente, aunque al inicio hay una respuesta sub-amortiguada. Finalmente, la respuesta real de la planta para un set-point de 160, con la sintonización por AG, se muestra en la Fig. 7, en la cual se puede apreciar que en aproximadamente 270 segundos (4 minutos, 30 segundos) se alcanza el valor de 160.5 °C.

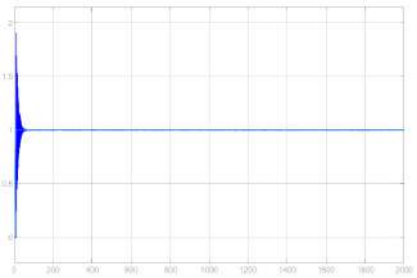


Figura 6. *Respuesta al escalón de la planta en lazo cerrado*

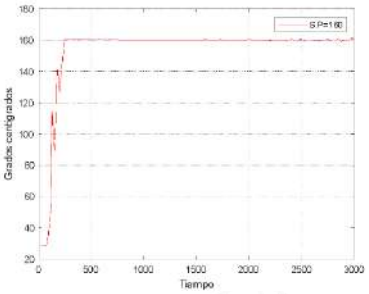


Figura 7. *Respuesta real de la planta*

CONCLUSIONES. Se aplicaron métodos de identificación para obtener un modelo matemático de segundo orden del horno eléctrico. Durante el diseño del algoritmo de control de temperatura, tras 249 iteraciones, se lograron optimizar los parámetros del controlador PID mediante algoritmos genéticos (AG). Al implementar estos parámetros en la planta real, se consiguió una respuesta más rápida, mejorando significativamente el control de temperatura del horno eléctrico identificado en este estudio, alcanzando el valor deseado en aproximadamente 270 segundos.

REFERENCIAS.

1. Smith, A. B., & Johnson, C. D. (2019). Digital Control and Identification of Electric Furnaces. International Journal of Control and Automation, 12(3), 125-136.
2. Rodríguez, P., González, R., & Martínez, J. (2020). Optimization of Temperature Control in Electric Furnaces using Genetic Algorithms. IEEE Latin America Transactions, 18(8), 1415-1422.
3. Wang, J., & Xu, B. (2020). Intelligent Control of Electric Furnace Temperature Based on Genetic Algorithm and Adaptive Neural Network. Journal of Electrical Engineering and Automation, 42(6), 55-61.
4. Smith, J. (2020). System Identification Techniques for Plant Modeling using MATLAB. Journal of Control Engineering, 45(2), 112-128. DOI: 10.1016/j.jconeng.2020.01.002
5. García, M., & Pérez, R. (2019). Model Identification and Control of Dynamic Systems. Springer.
6. Johnson, L., & Anderson, K. (2021). Data Preprocessing Techniques for System Identification. En Proceedings of the 25th International Conference on Control Systems (pp. 45-52). New York: IEEE.
7. Smith, J. (2022). The Classic PID Control Method: Overview and Applications. Journal of Control Engineering, 67(3), 210-225. DOI: 10.1016/j.jconeng.2022.02.004
8. Smith, J. (2022). Tuning PID Controllers Using Genetic Algorithms. Control Engineering Journal, 45(2), 112-128. DOI: 10.1016/j.coneng.2022.01.005

Eje1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología

Octubre, 2024
ID: CV0224109

PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMPUESTOS: MELAZA Y RESIDUOS DE PROCESAMIENTO DE MANGO

Eduardo Caballero Sanchez[1], Pedro Eduardo Lázaro Mixteco[2], Agustín Jaime Castro Montoya[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1644316j@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pedro.lazaro@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ajcastro@umich.mx

Palabras Clave: Bioetanol, melaza, cáscara de mango.

RESUMEN. Los biocombustibles son aquellos que se producen a partir de la biomasa y son considerados, por tanto, una energía renovable. Un problema en la obtención de bioetanol es la baja concentración del producto en los caldos de fermentación que puede estar limitado por la baja cantidad de azúcares en el sustrato. En este trabajo se planteó utilizar cáscara de mango de la variedad Keitt, que carece de aplicación comercial, como biomasa para la obtención de azúcares monoméricos y fue combinada con melaza generada en el proceso de obtención de azúcar. Se realizó la caracterización química de la cáscara de mango presentó un contenido de carbohidratos del 21.5%, (16.36% de celulosa y 5.14% de hemicelulosa), indicando el potencial de esta biomasa para la obtención de azúcares fermentables. Los ensayos de la hidrólisis ácida de la cáscara de mango indicaron que la mayor concentración de azúcares totales fue de 34.58 g/L, para una mezcla del 10% p/p de cáscara, con una solución de H2SO4 al 1% p/p, temperatura de 86°C y un tiempo de reacción de 10 horas.

INTRODUCCIÓN. Los biocombustibles son una fuente de energía renovable producida a partir de materiales naturales (biomasa) que pueden utilizarse como sustituto de los combustibles derivados del petróleo [1]. La importancia de las fuentes de energía en la sociedad actual es muy grande, porque utilizamos muchos dispositivos y máquinas no sólo en los sectores de producción, sino también en nuestra vida diaria. Por tanto, es necesario encontrar la manera de utilizar la energía de forma más eficiente sin perder eficiencia energética, con el objetivo de ahorrar recursos, menos contaminación y un desarrollo sostenible. De esta forma, la generación de bioetanol a partir de recursos renovables como son los desechos orgánicos, representa una importante oportunidad de producción de bioenergía. La conversión bioquímica de biomasa en combustible líquido (bioetanol) puede ser usada como alternativa para la producción de combustible automotriz, preferiblemente como una mezcla con gasolina [2]. Como una alternativa a los combustibles fósiles, el bioetanol, se producirá principalmente por fermentación alcohólica a partir de diferentes materias primas y por distintas levaduras [3].

ANTECEDENTES. [4] realizaron un bioproceso utilizando Saccharomyces cerevisiae como microorganismo fermentador, a partir de la pulpa de mango obtuvieron una concentración

de azúcares reductores de 110g/L y con una producción de bioetanol de 64.25 g/L. [5] realizaron una fermentación de melaza mediante la levadura Saccharomyces cerevisiae, utilizaron una concentración de melaza de 150 g/L y obtuvieron una concentración de bioetanol de 49 g/L.

OBJETIVO. Producir bioetanol a partir de la cáscara de mango de la variedad Keitt mediante la metodología de hidrólisis y fermentación secuencial en conjunto con melazas para aumentar la producción del mismo.

OBJETIVOS PARTICULARES. Realizar la caracterización química de la cáscara de mango de la variedad Keitt y melazas. Evaluar la hidrólisis ácida de la cáscara de mango de la variedad Keitt en la obtención de azúcares fermentables. Determinar los parámetros cinéticos de la fermentación del hidrolizado de la cáscara de mango de la variedad Keitt combinado con melazas en la fermentación de azúcares hacia etanol (rendimiento producto/sustrato, productividad volumétrica y velocidad especifica de crecimiento) a nivel laboratorio y planta piloto. Establecer las condiciones de escalamiento de nivel laboratorio a planta piloto.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Caracterización de la cáscara de mango de la variedad Keitt.

1.-Preparación de la muestra.

La cáscara de mango de la variedad Keitt fue proporcionada por la empresa AGRANA FRUIT (Zamora, Michoacán, México). Para ello, se secaron las muestras en un horno a 80°C durante 24 horas con el fin de disminuir la humedad. Posteriormente mediante un molino se redujo el tamaño de la partícula y se pasó por un tamiz de malla 40 (0.42 mm) y se retuvieran en una malla 60 (0.25 mm). La muestra se guardó en un recipiente hermético a temperatura ambiente.

2.-Caracterización química

La caracterización química de la cáscara de mango se realizó de acuerdo con los procedimientos descritos por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL). Los componentes que fueron analizados son el contenido de humedad
[6], extractivos [7], carbohidratos estructurales y lignina [8] y cenizas [9].

Producción de bioetanol.

1.- Pretratamiento.

Se utilizó la molienda como pretratamiento físico para reducir el tamaño de la partícula de la cáscara de mango y exponer sus componentes a la etapa de hidrólisis.

2.- Hidrólisis

Para la etapa de la hidrólisis se prepararon mezclas de 100 g, la carga de cáscara de mango se utilizó en un intervalo del 5, 10 y 15% p/p y una concentración de H_2SO_4 del 0.5, 1 y 2% p/p de ácido a una temperatura de 86°C durante 12 horas. La reacción se llevó a cabo utilizando frascos reactivos con tapa rosca de 250 ml sumergidos en un baño de agua utilizando un criotermostato de la marca JULABO, modelo CORIO CP 200F para mantener la temperatura constante y con agitación magnética. Los azúcares obtenidos se cuantificaron por HPLC.

RESULTADOS.

Caracterización química de la cáscara de mango. En la siguiente tabla 1 se muestra los resultados obtenidos de la caracterización de la cáscara de mango siguiendo los protocolos específicos del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL).

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, % masa			
COMPONENTE	Experimental	(Pardey., 2017)	(Serna *et al.*, 2014)
Humedad	5.12	-	-
Extractivos	64.4	39.79	-
Celulosa	16.37	7.30	7.79
Hemicelulosa	5.13	2.93	3.83
Lignina	4.75	6.67	4.71
Cenizas	3.23	16.54	3.20
Total	99	-	-

Tabla 1. *Caracterización de la cáscara de mango de la variedad Keitt en base seca*

Se puede observar que la cáscara de mango de la variedad *Keitt* tiene alrededor del 21.5% de carbohidratos estructurales los cuales son la materia prima para la obtención de azúcares, obteniendo glucosa principalmente. La celulosa se determinó por el contenido de glucosa en forma de glucanos y la hemicelulosa en forma de xilanos y arabinanos.

Hidrólisis. En las figuras 1, 1.1 y 1.2 se ilustran la cantidad de azúcares totales con diferente carga de cáscara de mango en un 5, 10 y 15 %p/p respectivamente y con diferente concentración de H_2SO_4 del 0.5, 1 y 2% p/p.

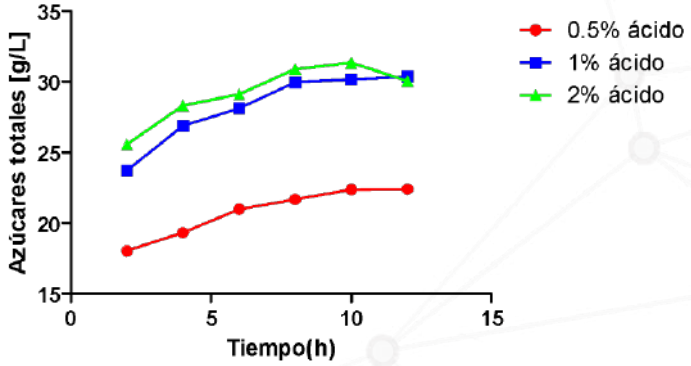


Fig. 1. *Obtención de azúcares totales en 5 gramos de cáscara de mango de la variedad Keitt.*

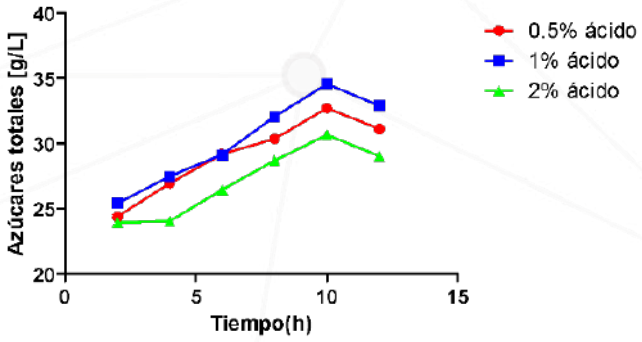


Fig. 1.1. *Obtención de azúcares totales en 10 gramos de cáscara de mango de la variedad Keitt.*

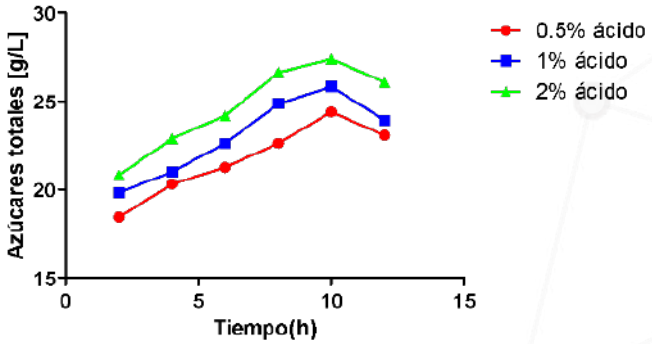


Fig. 1.2*. Obtención de azúcares totales en 15 gramos de cáscara de mango de la variedad Keitt.*

Como se pueden observar en las gráficas la cantidad de azúcares totales va en incremento con el transcurso del tiempo. A un tiempo de 10 horas es donde se obtiene la mayor cantidad de azúcares y a un tiempo de 12 horas se empieza a reducir la cantidad de azúcares. En este caso en particular, la mayor cantidad de azúcares totales fue de 34.58g/L con una carga de cáscara de 10 gramos con una concentración de H_2SO_4 al 1% p/p y un tiempo de 10 horas.

CONCLUSIONES. La caracterización química de la cáscara de mango de la variedad Keitt presentó un contenido de carbohidratos del 21.5%, indicando el potencial de esta biomasa para la obtención de azúcares fermentables. Los ensayos de la hidrólisis ácida de la cáscara de mango indicaron que la mayor concentración de azúcares totales fue de 34.58 g/L, con una carga del 10% p/p de cáscara, una concentración de H2SO4 al 1% p/p y 10 h de reacción. Bajo estas condiciones no se obtuvo furfural o hidroximetilfurfural, los cuales son compuestos característicos de la hidrólisis ácida de materiales lignocelulósicos considerados como inhibidores de levaduras.

REFERENCIAS.

1. Demirbas, A. (2011). Competitive liquid biofuels from biomass. Applied Energy, 88(1), 17–28. doi:10.1016/j.apenergy.2010.
2. Kumar, S., Dheeran, P., Singh, S. P., Mishra, I. M., & Adhikari, D. K. (2015). Kinetic studies of two-stage sulphuric acid hydrolysis of sugarcane bagasse. Renewable Energy, 83, 850–858. doi:10.1016/j.renene.2015.05.033
3. Walker, G. M., & Walker, R. S. K. (2018). Enhancing Yeast Alcoholic Fermentations. Advances in Applied Microbiology. doi:10.1016/bs.aambs.2018.05.0
4. Aurora Vigo, E. F., & Barrera Chiroque, E. D. (2014). Obtención de bioetanol a partir de los residuos fermentables de mango y determinación de parámetros óptimos de destilación.
5. Zentou, H., Abidin, Z. Z., Zouanti, M., & Greetham, D. (2017). Effect of operating conditions on molasses fermentation for bioethanol production. International Journal of Applied Engineering Research, 12(15), 5202-5506.
6. Sluiter A., Hames B., Hyman D., Payne C., Ruiz R., Scarlata C., Sluiter J., Templeton D. y Wolfe J. (2008a). National Renewable Energy Laboratory. Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples.
7. Sluiter A., Ruiz R., Scarlata C., Sluiter J., Templeton D. (2008b). National Renewable Energy Laboratory. Determination of Extractives in Biomass.
8. Sluiter A., Hames B., Ruiz R., Scarlata C., Sluiter J., Templeton D. y Crocker D. (2012). National Renewable Energy Laboratory. Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass

Eje1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CV0324103

APLICACION DE JABONES COMERCIALES SOBRE EL CRECIMIENTO IN VITRO DE HONGOS FITOPATOGENOS

Grecia Rodríguez Ruiz[1], Alexander Espinoza Condo[2], Nuria Gómez Dorantes[3], Gerardo Rodríguez Alvarado[4]

1Universidad de Guadalajara, grecia.rodriguez8444@alumnos.udg.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, 2109542@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, nuria.gomez@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, gerardo.rodriguez@umich.mx

Palabras Clave: Enfermedades vegetales, Control, Lasiodiplodia , Colletotrichum.

RESUMEN. Los hongos fitopatógenos afectan una gran variedad de cultivos con importancia económica como el maíz, el aguacate, diversos cítricos, entre otros. Es necesario mejorar el control de enfermedades fúngicas y evitar los agroquímicos sintéticos. Existen productos con una conformación química menos agresiva que los pesticidas convencionales, por ejemplo, los jabones comerciales que se aplican por contacto directo en la parte afectada de la planta. El objetivo de esta investigación fue evaluar el porcentaje de inhibición del crecimiento del micelio de cuatro hongos fitopatógenos: Neoscytalidium sp., Lasiodiplodia sp., Fusarium sp. y Colletotrichum sp. Se realizó un experimento con un diseño aleatorio por bloques, en condiciones in vitro. Los hongos se sembraron en el medio de cultivo papa dextrosa agar suplementado con dos tipos de jabones: uno a base de sulfato de sodio y otro a base de potasio con extractos vegetales, para determinar la concentración se siguieron las recomendaciones de los fabricantes; las cajas Petri fueron incubadas en oscuridad a 25°C+ 2° C. Se realizaron las mediciones del crecimiento del micelio cada 24 h durante 7 días. Los resultados mostraron que aplicando el jabón a base de sulfato de sodio se registró una inhibición del 73% en el crecimiento de Fusarium sp. y del 70% en Colletotrichum sp., mientras que, el jabón potásico no presentó diferencias significativas respecto a los controles, lo que sugiere una capacidad inhibidora limitada bajo las condiciones experimentales. Preliminarmente, se concluye que el jabón de sulfato de sodio podría ser una opción viable y más sustentable para el manejo de enfermedades fúngicas en cultivos, aunque se requieren estudios adicionales en condiciones de invernadero para validar su eficacia.

INTRODUCCIÓN. Las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos representan un problema creciente a nivel mundial, afectando significativamente la productividad de cultivos de importancia alimenticia y económica. Estos patógenos fúngicos invaden diversos tejidos vegetales, dependiendo de la especie, y provocan daños que pueden resultar en pérdidas económicas considerables para los productores. En México, por ejemplo, estudios realizados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural han identificado a hongos como Neoscytalidium sp., Lasiodiplodia sp., Fusarium sp. y Colletotrichum sp. como causantes de enfermedades en una amplia variedad de cultivos esenciales, incluidos el maíz, el aguacate y cítricos, que poseen tanto un valor cultural como económico. Dada la

importancia de estos cultivos para el consumo local y la exportación, es fundamental encontrar soluciones eficaces para el control de estas enfermedades fúngicas. Los métodos tradicionales basados en agroquímicos sintéticos no solo tienen un impacto negativo en el medio ambiente, sino que también favorecen la aparición de resistencia genética en los hongos patógenos. En este contexto, se han explorado alternativas como el uso de extractos vegetales, microorganismos antagonistas y productos sostenibles con formulaciones químicas menos agresivas. Entre estos últimos, los jabones comerciales aplicados por contacto directo sobre la parte afectada de la planta han demostrado ser una opción prometedora.

ANTECEDENTES. "Aunque no se han realizado estudios específicos sobre el comportamiento in vitro del jabón sódico, esta ausencia de información justifica la pertinencia de la presente investigación, que tiene como objetivo analizar y caracterizar sistemáticamente sus propiedades bajo condiciones controladas de laboratorio."

OBJETIVO. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de dos jabones comerciales en la inhibición del crecimiento micelial de cuatro hongos fitopatógenos en condiciones in vitro, proporcionando una posible alternativa de control que sea eficaz y ambientalmente amigable.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un experimento en condiciones in vitro, de acuerdo con el siguiente procedimiento:
Reactivación de las cepas. Los cuatro hongos se obtuvieron de la Colección de Hongos y Oomicetes del Laboratorio de Patología Vegetal del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se reactivaron utilizando el medio de cultivo papa dextrosa agar y se incubaron en oscuridad a 25°C+ 2° durante 3-5 días. Las especies reactivadas fueron: Neoscytalidium sp., Lasiodiplodia sp., Fusarium sp. y Colletotrichum sp.
Jabones comerciales. Se utilizaron dos jabones comerciales, uno de uso casero a base de sulfato de sodio y un jabón de uso agrícola a base de potasio y extractos vegetales con efecto insecticida y fungicida.
Preparación de los medios suplementados con los jabones. Se utilizó como base el medio de cultivo sólido papa-dextrosa-agar (Bioxon®) disuelto en agua desionizada; se esterilizó a 121°C y 15 Lb de presión durante 20 minutos, se enfrío en un termobaño a 49°C. Antes de vaciar el medio de cultivo en condiciones estériles se agregaron concentraciones de 1 mL, 2 mL y 3 mL de cada uno de los jabones mencionados, se mezcló suavemente para homogeneizar y se vació en cajas Petri estériles de 90x15 mm de diámetro. Las cajas con los medios de cultivo se dejaron gelificar durante 15-20 minutos hasta que se evaporó el exceso de agua y el agar se enfrío totalmente.
Siembra de hongos. Se sembraron en los medios suplementados con los jabones, círculos de agar con micelio de cada uno de los cuatro hongos fitopatógenos con una edad promedio de cinco días de crecimiento, se colocó un círculo de 0.5 mm de diámetro en el centro de cada caja Petri. Se incubaron en oscuridad a una temperatura promedio de 25°C+ 2° C durante 5-7 días hasta completar el crecimiento del 100% por parte de cada uno de los hongos testigos.
Tratamientos. Se estableció un experimento aleatorio con tres tratamientos consistentes en tres concentraciones distintas de dos jabones más los testigos, utilizando cuatro

fitopatógenos distintos. Para encontrar la dosis mínima inhibitoria se realizaron tres experimentos, los cuales consistieron en:
-Experimento 1. Se utilizó únicamente la concentración de 2 mL para cada jabón, utilizando los cuatros fitopatógenos, se realizaron tres repeticiones más el testigo de cada uno de los hongos.
-Experimento 2. Se utilizó la concentración de 2 mL para cada jabón y solo las especies de los hongos Fusarium sp y Colletotrichum sp, con tres repeticiones más el testigo de cada uno de los hongos.
-Experimento 3. Se utilizaron las concentraciones de 1 mL y 3 mL solo utilizando esta vez solo el jabón sódico, y solo las especies de los hongos Fusarium sp y Colletotrichum sp, con cinco repeticiones más el testigo de cada uno de los hongos.
En cada uno de los experimentos, las cajas Petri fueron incubadas en oscuridad a una temperatura constante de 25°C+ 2°. Se realizaron las mediciones del crecimiento del micelio en las cuatro direcciones a partir del centro cada 24 h durante 5-7 días o hasta que el hongo testigo cubrió la totalidad del diámetro de la caja Petri.
Adicionalmente, se observó el patrón de crecimiento radial de cada hongo y se realizaron preparaciones para observar con el microscopio compuesto y detectar posibles cambios en la arquitectura de las hifas o formación de estructuras de reproducción, siempre comparando cada tratamiento con respecto a lo observado en el testigo correspondiente. Se realizó una evaluación adicional a los 21 días, para determinar si persistía en efecto de los jabones a largo plazo. Se tomaron fotografías de cada tratamiento en las cajas Petri así como de la microscopia para tener material visual de referencia.

CONCLUSIONES. Con base en los resultados obtenidos, se observó una inhibición significativa del crecimiento de todas las cepas fúngicas (Neoscytalidium sp., Lasiodiplodia sp., Fusarium sp. y Colletotrichum sp.) Al aplicar una solución de jabón de sulfato de sodio a una concentración de 3 ml, se observó una inhibición del crecimiento del hongo Fusarium del 73%, mientras que en el hongo Colletotrichum se registró una inhibición del 70%. Este tratamiento mostró una eficacia considerablemente superior en comparación con el jabón potásico, en el cual se observó un crecimiento miceliar similar al de los testigos. Por la anterior, se concluye preliminarmente que el jabón comercial a base de sulfato de sodio tiene potencial en el control de hongos fitopatógenos, pero es necesario realizar las pruebas en invernadero, esto es mediante la aplicación directa del producto en la lesión de la planta afectada. El análisis durante varios días reveló que el jabón de sulfato de sodio afectó la morfología de las hifas haciéndolas más delgadas y esporas, induciendo alteraciones estructurales. Por otro lado, el jabón potásico no mostró diferencias significativas en comparación con los controles, sugiriendo que su capacidad inhibidora es limitada bajo las condiciones experimentales utilizadas.

REFERENCIAS.

1. Kozaburo, Hayashi., Yoshihiko, Iijima., Masahiro, Kato., Reiko, Kozuka., Yoshie, Terajima.(2010). 2. Phytopathogenic fungus inhibitor, fertilizer composition for inhibiting phytopathogenic fungus and method for producing the same.
2. Donyo, Hristov, Ganchev. (2016). 1. In vitro fungicidal activity of plant oil based soaps towards apple scab (Venturia inaequalis).
3. Xiaochong, Shi., Jing, Yang., Yu, Zhang., Ping, Qin., Heying, Zhou., Yunze, Chen. (2024). 7. The photoactivated antifungal activity and possible mode of action of sodium pheophorbide a on Diaporthe mahothocarpus causing leaf spot blight in Camellia oleifera. Frontiers in Microbiology, doi: 10.3389/fmicb.2024.1403478

Eje1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CV0324104

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GERMINATIVO DE LENTEJA VERDE (LENS CULINARIS M.) Y SU EFECTO SOBRE EL ÍNDICE GLUCÉMICO

Diana Scarlett Contreras Malagón[1], Ana Gabriela Campos Arroyo[2], Liliana Márquez Benavides[3], Berenice Yahuaca Juárez[2]

1 Facultad de Químico Farmacobiología, UMSNH; berenice.yahuaca@umich.mx, consuelo.cortes@umich.mx, 1207834h@umich.mx, 1800343c@umich.mx

Palabras Clave: Lentejas, Germinación, Índice glícemico.

RESUMEN. Una alternativa al consumo tradicional de la lenteja son los germinados. Pueden consumirse directamente, en ensaladas o platillos que involucran o no una cocción. La germinación puede disminuir el índice glucémico (IG), incrementa sus propiedades antioxidantes, entre otras. Son diversos los eventos que suceden en la germinación, cada etapa representa un cambio relacionado con aspectos nutricionales, funcionales y sensoriales. El objetivo del presente trabajo fue describir las etapas involucradas en la germinación de la lenteja y su efecto sobre el IG. Se utilizó lenteja verde (Lens culinaris M.). La germinación constó de: imbibición de la lenteja utilizando agua a 25°C/24 hrs, se drenaron y colocaron en charolas de germinación, incubación en una cámara ambiental (25°C, luz controlada y humectación) por 0, 2, 4, 6 y 8 días. El IG se determinó en 10 sujetos humanos en ayuno de acuerdo con la norma ISO26642:210. Los resultados muestran que, en la imbibición, la lenteja absorbe agua provocando hinchamiento y ablandamiento. A las 24 horas la semilla brota, emerge la radícula seguido de la plántula, a las 72 horas pasa de una coloración blanca a verde. A los 6 días la plántula crece y desarrolla hojas color verde intenso, finalmente al día 8 alcanza el tamaño máximo. Durante este proceso disminuye el IG en los diferentes tiempos de germinación. La lenteja germinada dos días con respecto al día 0, disminuyó en un 44% el IG permaneciendo con IG similares en los días posteriores. Cabe señalar que la mayor disminución se observó al inicio de la germinación (2 días), posteriormente, a los 5-6 días el IG incrementa su valor, sin embargo, no hay una diferencia estadística entre el día 2 y 5-6. Las condiciones de germinación influyen determinantemente en el proceso. Cada etapa de desarrollo está estrechamente relacionada con cambios bioquímicos, metabólicos y nutricionales.

INTRODUCCIÓN. La prevalencia de diabetes y obesidad ha aumentado, generando interés en alimentos que regulen los niveles de glucosa en sangre. En México, el patrón de alimentación ha cambiado, caracterizándose por una ingesta calórica excesiva, estilo de vida sedentario y reducción en el consumo de frutas y verduras, lo que ha llevado a una "condición obeso-génica" (Galán-Ramírez, 2021). Este cambio ha provocado un aumento en problemas de salud como el sobrepeso, obesidad y enfermedades crónicas. Los alimentos industrializados, con alto valor calórico y bajo costo, han reemplazado a los tradicionales (Piña, 2023). El índice glucémico (IG) y la carga glucémica (CG) son medidas clave para evaluar el impacto glucémico de los alimentos. Las lentejas tienen un bajo IG y

alto valor nutricional, su germinación puede mejorar estas propiedades potencialmente, ofreciendo mejores beneficios glucémicos que la harina de trigo (Vega-Soto et al., 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS. Semillas de lenteja verde (Lens culinaris M.) fueron desinfectadas (Cloro 2%). Posteriormente se remojaron (24 horas) y se colocaron en charolas de germinación en una cámara ambiental a 23 ±4°C por 0, 2 y 5 días. Al obtener los germinados fueron deshidratados a 70°C/24h y pulverizados para la obtención de harina. Para la determinación del IG (ISO26642:210), se reclutaron 10 sujetos humanos con ayuno de 12 horas. Se desarrollaron dos curvas de glicemia: 1. Glucosa estándar y 2. De harina de lenteja germinada. La CG se determinó multiplicando el valor del IG por la cantidad en gramos de los carbohidratos en la ración del alimento. Los datos fueron analizados con JMP11 y comparados mediante un análisis de varianza de una vía, las medias fueron comparadas con una prueba de Tukey con un nivel de significancia P≤0.05.

RESULTADOS. La germinación de la lenteja disminuye el IG y la CG. La harina de lenteja germinada a los dos días presentó una reducción en el IG del 44 % en harina de lenteja cruda de 29.2 a 16.3 y 16.6 en harina de lenteja germinada por dos y cinco días respectivamente. La CG fue directamente proporcional a lo ocurrido en el IG, presentó una disminución del 86 %, en harina de lenteja cruda de 28.7 disminuyendo a los dos y cinco días de germinación (4.0 y 3.5 respectivamente). La mayor disminución de los parámetros analizados se observó al inicio de la germinación (2 días), posteriormente, a los 5 días el IG incrementa y la CG disminuye, sin embargo, no hay diferencia estadística entre el día 2 y 5. Esto significa por un lado que la cantidad de carbohidratos disminuyen su concentración en consecuencia a la germinación y por otro lado, los carbohidratos contenidos en los germinados se absorben y se digieren lentamente en comparación a las semillas no germinadas; lo cual lleva a que la glucosa ingrese en el torrente sanguíneo de forma lenta

Eje1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología

Octubre, 2024
ID: CV0324105

EFECTOS DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC EN EL DESARROLLO VEGETAL Y LA DINAMICA DE CLOROFILA EN ZEA MAYS: UNA EXPLORACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA

Neftalí Rangel García[1]*, Javier Villegas[1], Gladys Juárez Cisneros[2], Dhirendra Kumar Tiwari[3]

*1 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán., *nef2597@gmail.com., javier.villegas@umich.mx*

2Investigadora por México CONAHCYT. Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados., gladys.juarez@conahcyt.mx

3CONAHCYT-El Colegio de Michoacán/LADIPA, La Piedad de Cabadas, Michoacán, México., dkt.phymail.com

Palabras Clave: Nanopartículas, fotosíntesis, crecimiento vegetal, toxicidad.

RESUMEN. La nanobiotecnología es una estrategia prometedora en la agricultura, donde las nanopartículas de óxido de zinc (NpsZnO) han mostrado potencial para mejorar el desarrollo vegetal. Estudios previos sugieren que estas nanopartículas (NPs) pueden actuar como catalizadores en la fotosíntesis, facilitando la absorción de luz y el transporte de electrones, lo que incrementa la síntesis de clorofila y, en consecuencia, la eficiencia fotosintética (Prasad et al., 2017; Wang et al., 2016). En este estudio se evaluaron los efectos de NpsZnO, sintetizadas por el método sol-gel, en la fotosíntesis y biomarcadores de crecimiento, biomasa y contenido de clorofila en Zea mays (maíz). Las plantas fueron suplementadas con 0, 1, 2, 4, 8 hasta 256 µg/mL de NpsZnO, cultivadas en agrolita y conservadas en condiciones de fitotrón. Los resultados mostraron que concentraciones de 8-64 µg/mL estimularon significativamente la síntesis de clorofila y los marcadores de crecimiento, reflejados en un aumento en la biomasa y tamaño de las plántulas. Estos efectos positivos podrían estar relacionados con la liberación de iones de zinc, esenciales para la actividad de enzimas involucradas en la biosíntesis de clorofila y el metabolismo del carbono (Singh et al., 2018). Sin embargo, a concentraciones superiores a 128 µg/mL, se observó un declive en los biomarcadores de crecimiento. Este patrón dosis-respuesta subraya la importancia de dosificar con precisión las NpsZnO para maximizar sus beneficios y evitar efectos adversos. Los hallazgos destacan el potencial de las NpsZnO para mejorar el desarrollo de Zea mays, promoviendo un crecimiento más robusto y eficiente. Sin embargo, es crucial profundizar en la comprensión de los mecanismos subyacentes para desarrollar estrategias agrícolas más seguras y sostenibles.

INTRODUCCIÓN. La agricultura moderna enfrenta grandes desafíos, como el agotamiento de recursos y los efectos del cambio climático. En este contexto, la nanotecnología ha emergido como una herramienta innovadora para mejorar la productividad agrícola y promover la sostenibilidad. Las nanopartículas de óxido de zinc (NpsZnO) han sido investigadas por su capacidad para aumentar la eficiencia fotosintética y mejorar el crecimiento vegetal (Prasad et al., 2017). Estudios previos han demostrado que las NpsZnO

pueden actuar como catalizadores en procesos fotosintéticos al facilitar la absorción de luz y el transporte de electrones, lo que resulta en un incremento en la síntesis de clorofila y la eficiencia fotosintética (Wang et al., 2016). Además, estas nanopartículas pueden liberar iones de zinc, esenciales para la actividad de enzimas involucradas en la biosíntesis de clorofila y el metabolismo del carbono (Singh et al., 2018). El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de las NpsZnO en el desarrollo de Zea mays (maíz), un cultivo de importancia mundial, mediante la medición de biomarcadores de crecimiento y el contenido de clorofila en las plantas tratadas con diferentes concentraciones de nanopartículas.

OBJETIVO. Evaluar los efectos de diferentes concentraciones de NpsZnO en el crecimiento y la fotosíntesis de Zea mays. Los objetivos específicos incluyen: Determinar cómo influyen las concentraciones de NpsZnO en la biomasa y el contenido de clorofila.Establecer el rango de concentración óptimo para el crecimiento vegetal sin efectos adversos. Analizar la relación entre la liberación de iones de zinc y los procesos fotosintéticos en Zea mays.

MATERIALES Y MÉTODOS. Las nanopartículas de óxido de zinc (NpsZnO) se sintetizaron mediante el método sol-gel, utilizando como precursor nitrato de zinc. Este precursor se disolvió en agua destilada, y se ajustó el pH con hidróxido de sodio para inducir la formación del gel. La mezcla se mantuvo bajo agitación constante a temperatura ambiente hasta que el gel se formó por completo. Posteriormente, el gel se secó a 60°C para eliminar el solvente, y se calcinó a 500°C durante 2 horas para obtener las nanopartículas de óxido de zinc. Las concentraciones de NpsZnO empleadas en los ensayos fueron de 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256 µg/mL. Las semillas de maíz (Zea mays) se sembraron en agrolita, y las plántulas se cultivaron bajo un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad a 25°C. Las plántulas fueron impregnadas con las diferentes concentraciones de NpsZnO. A los 21 días de crecimiento, se midieron el contenido de clorofila mediante pinzas de fluorescencia, así como los biomarcadores de crecimiento, incluyendo el peso seco y fresco de las plántulas. Los datos obtenidos permitieron analizar el impacto de las NpsZnO sobre la fotosíntesis y el desarrollo vegetal."

RESULTADOS. Los resultados indicaron que las concentraciones de NpsZnO entre 8 y 64 µg/mL estimularon significativamente el crecimiento de las plantas y la síntesis de clorofila. El contenido de clorofila aumentó en un 25% en comparación con el control.

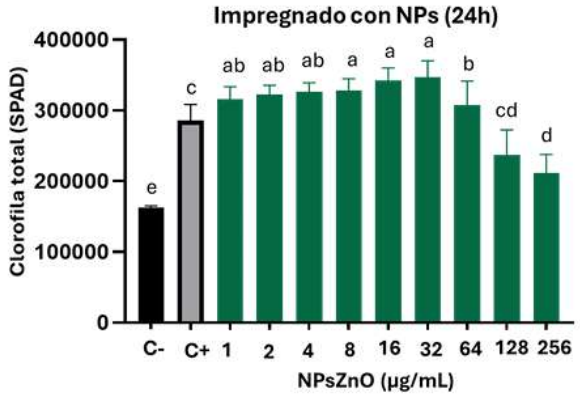


Figura 1. *Clorofila total en plantas de maíz impregnadas con NpsZnO 21 después de la siembra. Los datos fueron analizados con ANOVA-LSD con p= ≤ 0.05, la barra representa el error estándar, letras distintas representan diferencias significativas, n= 5.*

Por su parte la biomasa se incrementó en un 30%. Estos efectos positivos están asociados con la liberación de iones de zinc, que mejoran la actividad enzimática involucrada en la fotosíntesis y el metabolismo del carbono. Además, las plántulas de maíz mostraron un incremento del 28% en el peso seco, lo que indica un mayor desarrollo estructural en las plantas tratadas con estas NPs siendo óptimas a las concentraciones evaluadas (Figura 1).

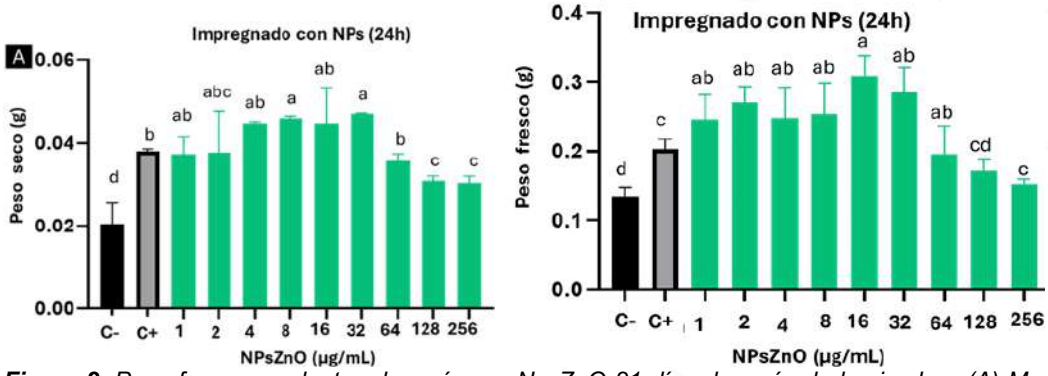


Figura 2. *Peso fresco en plantas de maíz con NpsZnO 21 días después de la siembra. (A) Muestra el peso fresco en plantas impregnadas con NpsZnO, mientras que B) Muestra el peso seco. Los datos fueron analizados con ANOVA-LSD con p= ≤ 0.05, la barra representa el error estándar, letras distintas representan diferencias significativas, n=5.*

Por otro lado, con la altura de las plantas, se observó que las plántulas tratadas con concentraciones de 32 y 64 µg/mL alcanzaron un promedio de 15-20% superior a las plantas control en los tratamientos suplementos con1-32µg/mL de NPs .

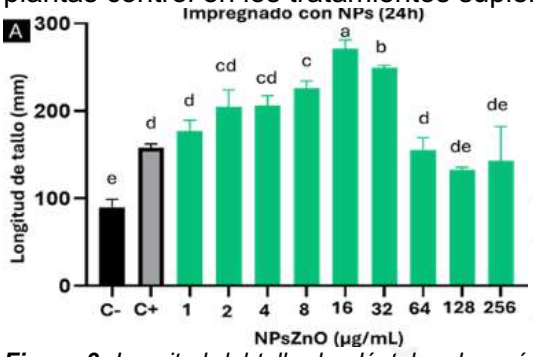


Figura 3. *Longitud del tallo de plántulas de maíz cultivadas con NpsZnO en condiciones de fitotrón, 21 días después de la siembra. Las semillas fueron impregnadas de NpsZnO durante 24h previamente a la siembra. Los datos fueron analizados con ANOVA-LSD con p= ≤ 0.05, la barra representa el error estándar, letras distintas representan diferencias significativas, n=5.*

Sin embargo, a concentraciones superiores a 128 µg/mL, se observó un declive en los biomarcadores de crecimiento, incluyendo la reducción de la altura y el peso seco de las plántulas, lo que sugiere efectos tóxicos debido a la acumulación de nanopartículas en los tejidos vegetales. Este patrón dosis-respuesta destaca la necesidad de una dosificación precisa para maximizar los beneficios de las NpsZnO sin comprometer el crecimiento.

CONCLUSIONES. Este estudio confirma que las nanopartículas de óxido de zinc tienen el potencial de mejorar la fotosíntesis y el crecimiento en Zea mays cuando se aplican en

concentraciones adecuadas. Las concentraciones óptimas se encontraron entre 8 y 64 µg/mL, donde se observaron aumentos en la biomasa, el tamaño de las plantas y el contenido de clorofila. El peso seco también mostró un incremento significativo en comparación con las plantas control. Sin embargo, concentraciones superiores a 128 µg/mL generaron efectos adversos, lo que subraya la importancia de un manejo adecuado de las dosis de NpsZnO en aplicaciones agrícolas. Estos hallazgos resaltan el potencial de la nanotecnología en la agricultura, pero también indican la necesidad de una investigación más profunda sobre los mecanismos moleculares implicados y la seguridad de su uso a largo plazo.

REFERENCIAS.

4. Prasad, R., Bhattacharyya, A., & Nguyen, Q. D. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: Recent developments, challenges, and perspectives. Frontiers in Microbiology, 8, 1014. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01014

5. Singh, J., Dutta, T., Kim, K. H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2018). Green synthesis of metals and their oxide nanoparticles: Applications for environmental remediation. Journal of Nanobiotechnology, 16(1), 84. https://doi.org/10.1186/s12951-018-0408-4

6. Wang, P., Lombi, E., Zhao, F. J., & Kopittke, P. M. (2016). Nanotechnology: A new opportunity in plant sciences. Trends in Plant Science, 21(8), 699-712. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.04.005

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424101

FIGURA DE FISCAL SPONSOR EN MÉXICO: EL CASO DE ESTUDIO DE DAKSHINA AC

Georgina Jatzire Arévalo Pacheco[1], Aede Hatziri Recillas[2], Ayala, Isabel Flores Cerón[3]

1Universidad Nacional Autónoma de México campus central de Ciudad de México; arevalogeorgina80@gmail.com

2Universidad Nacional Autónoma de México campus central de Ciudad de México; hrecillas@dakshina.org.mx

3Universidad Nacional Autónoma de México campus central de Ciudad de México; iflores@dakshina.org.mx

Palabras Clave: sociedad civil organizada, organización de la sociedad civil, tercer sector.

RESUMEN. Aunque la figura de fiscal sponsor está en vigencia en países como Estados Unidos, en México carece de un marco normativo específico, a pesar de su potencial para fomentar el desarrollo de proyectos sociales. Por esta razón, el propósito de este análisis es examinar la situación actual de la figura de sponsor en el ámbito mexicano y destacar cómo beneficia a las causas sociales. Se analizarán diversos modelos de sponsor. El método empleado es un caso de estudio aplicado a la organización Dakshina, la cual desarrolla un modelo de sponsor orientada a organizaciones sin fines de lucro mexicanas. Los resultados obtenidos revelan que, aunque no existe un marco normativo hay organizaciones que han desarrollado modelos que ofrecen apoyo efectivo a proyectos sociales. Esto sugiere que, a pesar de la ausencia de una regulación específica, algunas entidades han implementado prácticas exitosas. En conclusión, la comprensión y documentación de los modelos de fiscal sponsor en México proporciona información valiosa sobre el entorno legal, financiero y operativo en el que estas organizaciones trabajan.

INTRODUCCIÓN. La figura del "Fiscal Sponsor" en México se refiere a entidades o individuos que asumen la responsabilidad financiera y legal de proyectos sociales, permitiendo que organizaciones no gubernamentales (ONG) y fundaciones actúen como intermediarios para facilitar donaciones con beneficios fiscales. Esto es crucial para la sostenibilidad de iniciativas comunitarias, ya que el apoyo de estas entidades no solo proporciona recursos financieros, sino que también permite una colaboración efectiva entre el sector público, privado y la sociedad civil. La Sociedad Civil Organizada (SCO) juega un papel fundamental en este contexto, agrupando a diversas organizaciones que buscan promover cambios sociales a través de la cooperación y el acceso a financiamiento. El crecimiento de la Sociedad Civil en México se ha evidenciado a través de la promulgación de leyes específicas, así como el aumento en el número de organizaciones registradas. Sin embargo, a pesar del crecimiento, un porcentaje significativo de estas organizaciones permanece inactivo, lo que resalta la necesidad de fortalecer su capacidad operativa y financiera. Iniciativas como Dakshina AC, que apoyan a las OSC mediante recursos y conocimientos técnicos, son esenciales para desarrollar la efectividad y sostenibilidad de estas entidades. En conjunto, el análisis y comprensión de la figura del "Fiscal Sponsor" y su papel en el ecosistema social mexicano son vitales para optimizar el impacto de los proyectos sociales y promover el bienestar general en el país.

ANTECEDENTES. Las bases fundamentales del sponsor vienen del inglés conocido como fiscal sponsor y surgen de la construcción de un nuevo concepto que considera a una persona o grupo que busca un programa para atraer contribuciones deducibles de impuestos, es así como el concepto surge y es formalizado en 1993 en el libro denominado Patrocinio fiscal en Estados Unidos. Convirtiéndose en un auxiliar para organizaciones sin fines de lucro (Colvin, y Petit, 2019). Los proyectos de caridad recurren al sponsor por varias razones, a menudo, estos grupos carecen de la infraestructura necesaria para el éxito continuo del programa. Las preocupaciones sobre el personal, el mantenimiento de registros y las tareas de cumplimiento pueden convertirse en barreras. El proyecto de la OSC puede tener una necesidad urgente que no puede abordarse mientras se gestionan simultáneamente las necesidades administrativas y operativas. Así el sponsor trae sus herramientas operativas a la mesa y puede cubrir las brechas administrativas para aquellos que ejecutan el proyecto. Además, las nuevas OSC que carecen de un historial pueden beneficiarse del legado y la reputación del sponsor para iniciar proyectos y tengan mayor visibilidad sus causas sociales. Los beneficios de la mayoría de los modelos del sponsor incluyen el ahorro de tiempo y costos iniciales. Para los proyectos nuevos o aquellos que no tienen la capacidad de abordar las tareas de cumplimiento fiscal y contable, se imparte seguridad adicional a la relación contractual por la protección de responsabilidad (Ribbon, 2023). Además, el sponsor es una persona o entidad que brinda apoyo financiero y/o logístico a una organización o proyecto, asumiendo ciertas responsabilidades fiscales y legales en relación con el mismo (Colvin, 2023). Está figura a nivel internacional responde a la habilitación de proyectos sociales en la SCO. En especial en México la SCO operan de forma independiente al gobierno y a los partidos políticos. Así el espectro de acción de un sponsor abarca a la sociedad civil organizada en México abarca una amplia gama de grupos y organizaciones, como asociaciones civiles, organizaciones no gubernamentales (ONG), movimientos sociales, sindicatos, grupos de defensa de los derechos humanos, grupos ecologistas, grupos de mujeres, organizaciones de jóvenes, entre otros. Estas organizaciones juegan un papel fundamental en la promoción de la participación ciudadana, la defensa de los derechos humanos, la lucha contra la corrupción, la protección del medio ambiente, la promoción de la igualdad de género, el fomento de la educación, el impulso de políticas públicas, entre otros temas de relevancia social.

En especial las OSC pueden ser fundadas por ciudadanos, grupos de ciudadanos, empresas o instituciones sin fines de lucro y su finalidad puede ser muy variada, incluyendo temas como la defensa de los derechos humanos, la protección del medio ambiente, el desarrollo comunitario, la promoción de la cultura y las artes, la educación, entre otros (Martínez López, 2019), así su constitución no incluye necesariamente personal experto en temas contables, fiscales o financieras, por lo tanto, en la operación día es cuando surgen limitaciones que un sponsor puede apoyar. El contexto mexicano de las organizaciones está regulado por la Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil, la cual establece los requisitos para su constitución y operación, así como los beneficios fiscales que pueden recibir por parte del gobierno. Además, existen diversas instancias gubernamentales y no gubernamentales que brindan apoyo y asesoramiento a las OSC en México para fortalecer su capacidad y eficacia en la realización de sus objetivos (Chávez Becker, et al. 2018). En algunos países, como México y algunos de América Latina, el término sponsor se utiliza específicamente para referirse a una figura legal que permite a las organizaciones no lucrativas recibir donaciones deducibles de impuestos a través de una persona o entidad que actúa como intermediario fiscal. En este

caso, el aval se encarga de recibir las donaciones en nombre de la organización y de emitir los recibos fiscales correspondientes a los donantes.

OBJETIVO. Identificar el contexto de la figura del sponsor fiscal tomando de base el caso de estudio de Dakshina AC

MATERIALES Y MÉTODOS. Un estudio de caso es una investigación detallada de un caso particular, que puede ser una persona, grupo, organización o evento, y en este contexto se centra en la fortalecedora Dakshina AC y su programa de sponsor denominado Pase Administrativo, con seis años de experiencia en México. El objetivo es comprender a fondo el modelo de sponsor desarrollado, describiendo sus características y analizando sus circunstancias, además de identificar patrones y extraer conclusiones relevantes. Para ello, se siguen varios pasos, incluyendo la definición del caso, la recopilación de datos a través de diversos recursos como entrevistas y cuestionarios (con un 70% de respuestas de las organizaciones integradas en el sponsor), el análisis sistemático de los datos, la interpretación de los hallazgos, y la presentación estructurada de los resultados y conclusiones que contribuyen al conocimiento en el área de estudio.

RESULTADOS.

Fortalecedora Dakshina AC. Dakshina, una fortalecedora de organizaciones de la sociedad civil con sede en Morelia, Michoacán, cuenta con 11 años de experiencia en temas contables, fiscales y financieros de causas sociales. En respuesta a la necesidad de modelos habilitantes para proyectos sociales, Dakshina ha implementado el programa Pase Administrativo (PA), un modelo de fiscal sponsor que no solo proporciona apoyo operativo a las organizaciones, sino que también busca fomentar su autonomía y preparación, elementos cruciales para el desarrollo efectivo de las Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC) en la promoción del cambio social.

Organizaciones que integran el Pase Administrativo de Dakshina. El programa PA se enfoca en proporcionar herramientas de autonomía y capacitación a las OSC, garantizando su independencia y la adquisición de habilidades y conocimientos necesarios para abordar sus objetivos de manera efectiva. Esto es esencial para empoderar a la sociedad civil y facilitar su capacidad de impulsar el bienestar de las comunidades. A lo largo de su trayectoria, Dakshina ha dirigido sus esfuerzos inicialmente hacia el cumplimiento contable de las OSC, logrando, en los últimos seis años, crear su propio modelo de sponsor que ha permitido acompañar a un 29% de organizaciones sin fines de lucro no autorizadas y un 12% de colectivas. Las OSC en México pueden operar legalmente sin ser donatarias autorizadas, pero carecen de la capacidad de emitir recibos deducibles de impuestos, lo que limita el atractivo para posibles donantes. Aun así, un 44% de las organizaciones del PA planea convertirse en donatarias autorizadas a mediano plazo. Temas como Derechos Humanos, género, niñez y salud son predominantes en sus actividades, con una concentración geográfica en Oaxaca y Ciudad de México. El impacto de estas organizaciones es notable: un 35% opera a nivel regional, un 33% a nivel estatal y un 17% a nivel internacional, lo que puede facilitar vínculos con financiadoras extranjeras, mientras que, en términos de estructura, la mayoría cuenta con equipos de entre cuatro a seis personas en áreas administrativas y financieras.

CONCLUSIONES. La implementación de un modelo de sponsor en México para las Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC) se enfrenta a desafíos significativos que

necesitan ser tratados para asegurar su efectividad y sostenibilidad. La falta de un marco normativo claro genera incertidumbre y complica la operación de estos modelos, afectando la forma en que las OSC pueden adaptarse a las condiciones financieras y administrativas requeridas. Además, las OSC pueden tener dificultades para mantener su credibilidad y percepción pública al asociarse con un sponsor, lo que subraya la importancia de una comunicación transparente y efectiva. La gestión de relaciones entre las OSC y los sponsors es crucial, al igual que la necesidad de un enfoque educativo que aumente la comprensión sobre estos modelos dentro de la sociedad. La experiencia de Dakshina en el desarrollo de su programa Pase Administrativo resalta tanto las limitaciones como las buenas prácticas que se han encontrado en este proceso. A lo largo de seis años, se ha demostrado que la capacidad de adaptación de las OSC a los nuevos requerimientos del modelo de sponsor varía significativamente, lo que implica que algunas organizaciones podrían enfrentarse a riesgos de dependencia y falta de autonomía. Por lo tanto, abordar estos retos requiere una colaboración estratégica, una gestión clara de expectativas y un esfuerzo continuo por parte de todas las partes involucradas para garantizar que el modelo de sponsor no solo beneficie a las OSC, sino que también potencie el desarrollo de proyectos sociales que contribuyan al bienestar de las comunidades.

REFERENCIAS.

1. Colvin, Greg. (1 de Marzo del 2023). Fiscal sponsorship. https://fiscalsponsorship.
2. Colvin, Greg. y Petit, Stephanie. (2019). Fiscal sponsorship: 6 ways to do it right now in its 3rd edition. https://fiscalsponsorship.com/auto-draft/fiscal-sponsorship-6-ways-3rd-edition/
3. Chávez Becker, C; González Ulloa, P; Sánchez, N; Pedraza, L. (2018). Las organizaciones de la sociedad civil en México: Hacia una reforma de la LFFAROSC. https://www.comecso.com/wpcontent/uploads/2018/12/Cuaderno_LFFAROSC_IBD.pdf
4. Dakshina, (13 de diciembre del 2022). Página web oficial de Dakshina A.C. desarrollo organizacional. https://www.dakshina.org.mx/
5. Herman, R. y Renaz, D. (2000). Board practices of nonprofits board practices of especially effective and less effective local nonprofit organizations. American review of public administration. 30(2). Pp. 146-160. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/02750740022064605?casa_token=VFSFZ3GPOFUAAAAA:otvXHZhINioIDmruvrUFdvO5cjVEIe8H2KUh-hIfblbJkU4ttfbacutUHOWOjPMOtMo5AxlCvWko
6. Martínez López, C (2019). El futuro de la Sociedad Civil en México Memoria del Foro. Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República. http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/4442/MEMORIA%20EL%20FUTURO%20DE%20LA%20SOCIEDAD%20CIVIL7.pdf?sequence=11&isAllowed=y
7. Ribbon, (8 de Abril del 2023). Fiscal Sponsorship: The pros and cons. https://getribbon.org/what-is-fiscal-sponsorship/

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424102

VARIABLES PSICOLÓGICAS Y CONDUCTAS SEXUALES EN ESTUDIANTES PREPARATORIANOS EN MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO

Anel Esmeralda Villa Negrete[1], Vanesa Jiménez Arroyo[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1910503g@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; vanesa.jimenez@umich.mx

Palabras Clave: Embarazo, adoelscentes

RESUMEN. Lac conductas sexuales de riesgo son la exposición del individuo ante una situación que puede ocasionar daños a su salud y a la salud de otra persona. Las ITS y los embarazos no deseados son dos principales problemas asociados con la conducta sexual de riesgo. Estas conductas son diversas y abarcan los aspectos bio-psicosociales; al mismo tiempo agravadas por múltiples factores que están relacionadas con la pobreza, el desempleo, la crisis financiera global, entre otras. Objetivo: Determinar las características de las variables psicológicas y conductas sexuales de riesgo en estudiantes de preparatoria. Metodología: Estudio cuantitativo, descriptivo, y trasversal. Se realizó la aplicación de un instrumento para la evaluación de variables psicológicas y comportamientos sexuales de riesgo en jóvenes elaborado por Julio A. Piña, Susana Robles Montijo y Blanca M. Rivera Icedo. Se realizó el registro de la investigación a partir de la autorización por parte de los Comités de Investigación y Ética. Resultados: El motivo más destacado por el cual no se utilizó preservativo fue la decisión de no querer hacerlo, la motivación principal fue el deseo de hacerlo, considerando que no se siente igual la sensación y se caracteriza por encuentros ocasionales donde la situación social más representativa son espacios privados y asociados estos encuentros con el uso de alcohol mayormente. Conclusión: La conducta sexual de los estudiantes presentaba un alto riesgo, ya que un número significativo de ellos iniciaba su vida sexual a temprana edad, sin utilizar métodos anticonceptivos y decidían tener estos encuentros sexuales porque se les presentaba la oportunidad o deseaban experimentar.

INTRODUCCIÓN. El comportamiento sexual en los adolescentes ha cobrado gran trascendencia entre los profesionales que se dedican a proporcionar atención de salud, debido al impacto que se ha originado en generaciones recientes y el cual es evidenciado en el crecimiento de las estadísticas de embarazos no planificados, riesgo de abortos, matrimonios apresurados, deserción escolar, desempleo, violencia, pobreza y una alarmante incidencia de infecciones de transmisión sexual (ITS). (Ministerio del Poder Popular para la Salud, 2018; Guerrero, 2014). “Este comportamiento genera un impacto a nivel biológico, psicológico y social en una población vulnerable como los adolescentes” (Guerrero et al, 2022, p.47). Esta vulnerabilidad es caracterizada por la presencia de una alta energía sexual ya que esta misma obtiene una madurez física mucho antes que la psicológica, por lo que los adolescentes son menos conscientes de las consecuencias de sus actos. Así mismo en esta etapa es difícil acceder a información sobre la educación

sexual por lo que los adolescentes se encuentran con serios obstáculos para obtener los métodos anticonceptivos y las medidas preventivas contra las infecciones de transmisión sexual. (Guerrero et al, 2022, p.47)

ANTECEDENTES. Las conductas sexuales de riesgo suelen ser muy frecuentes en los jóvenes, especialmente en los/as adolescentes. Es una problemática que favorece la presencia de una serie de riesgos que comprometen su salud sexual y reproductiva, además de su desarrollo psicológico y social (Figueroa y Figueroa, 2017, p.2). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la adolescencia como la etapa que transcurre entre los 10 y 19 años, considerando tres fases: la adolescencia inicial 10 a 13 años, la adolescencia media de 14-16 años y la final de 17 a 19 años (Arias et al, 2011, p. 310). Aproximadamente el 50% de las mujeres entre los 15 a 24 años en algunos países de Centroamérica, inicio relaciones sexuales a los 15 años. En el Perú, el mayor número de adolescentes empieza aproximadamente a los 14 años, exponiéndose a prácticas que ponen en riesgo su vida sexual y reproductiva (Yalán, 2016, p7). Por ello, la sexualidad y salud reproductiva ha tenido una mayor relevancia debido a un impacto social donde se manifiesta el crecimiento de las enfermedades de transmisión sexual (ITS) y embarazos no deseados. Anualmente, ocurren en el mundo 10,5% de embarazos en mujeres entre las edades de 15 a 19 años, Se calcula que cada año el 15% del total de adolescentes a nivel mundial contrae una ITS. Asimismo, se estima que 560.000 jóvenes, entre los 15 y 24 años, viven con VIH/SIDA. (Uribe y Orcasita, 2009, p.4).

OBJETIVO. Determinar las características de las variables psicológicas y conductas sexuales de riesgo en estudiantes de preparatoria.

OBJETIVO ESPECÍFICOS: Describir los motivos de la primera relación. Identificar los motivos para no usar preservativo. Identificar los motivos de uso inconsistente de preservativos en parejas ocasionales. Describir los dispositivos hacia la primera relación sexual y hacia la relación con parejas ocasionales.

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio fue de enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal. Los datos se obtuvieron a partir de la colecta de información de un instrumento Variables psicológicas y conductas sexuales a partir de los supuestos teóricos de un modelo psicológico orientado a la prevención de enfermedades elaborado por (JAPL y SRM), (Piña et al, 2007, p. 298). La población fueron 220 estudiantes de preparatoria de Morelia Michoacán. Se contó con la aprobación de las autoridades donde se llevó a cabo el estudio. Sin embargo, se consideró pertinente solicitar autorización por el por parte del Comité de Ética e Investigación de la dependencia académica y universitaria. Para salvaguardar la seguridad de los sujetos de estudio de esta investigación se realizará con estricto apego al reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación que establece los aspectos éticos que garantizan la dignidad y el bienestar de la persona sujeta a esta investigación, la declaración de Helsinki y el informe de Belmont.

RESULTADOS. La mayoría de los participantes fueron del tercer semestre, lo que representa el 35.5% con 78 alumnos. Por otro lado, los estudiantes del primer semestre representaron el 27.7% con 60 alumnos. Los del cuarto semestre fueron los que menos decidieron participar, mostrando un 12.7% con 28 alumnos. Finalmente, los del quinto semestre tuvieron 54 participantes, lo que representa el 24.5% de las encuestas.

Se destaca que la edad más prevalente entre los alumnos fue la de 17 años, registrando un 35% del total, lo que equivale a 77 estudiantes. Por el contrario, la edad menos representada fue la de 14 años, con solo un 0.9% y únicamente 2 alumnos. Además, se apreciaron las siguientes proporciones: 15 años, con un 19.1% y un total de 42 alumnos; 16 años, con un 26.8% y un total de 59 alumnos; 18 años, con un 13.6% y un total de 30 alumnos; y finalmente, 19 años, con un 4.5% y un total de 10 alumnos.
El motivo más frecuente para tener la primera relación, con un 33.2% (73 estudiantes), fue la oportunidad presentada. Por otro lado, el 26.8% (59 alumnos) señaló que su intención era experimentar, mientras que el 18.6% (41 alumnos) se vio atraído físicamente por la persona. Finalmente, el 21.4% (47 alumnos) mencionó que su primera relación se dio debido a la existencia de una relación afectiva previa.
El motivo más destacado por el cual no se utilizó preservativo fue la decisión de no querer hacerlo, representando un 36.8% de los estudiantes con cantidad numérica de 81. Por otro lado, un 20.0% (44 estudiantes) mencionó que su pareja no quiso utilizarlo, mientras que un 26.4% (58 estudiantes) argumentó que no lo usó debido a la percepción de que reduce la sensibilidad. Por último, un 16.8% (37 estudiantes) señaló que no utilizó preservativo porque no sabía cómo hacerlo.
La motivación principal para tener relaciones sexuales fue el deseo de experimentar, representando un 39.1% de los casos. Por otro lado, un 33.6% indicó que la razón fue simplemente la oportunidad presentada, mientras que un 27.3% mencionó que se vio atraído físicamente por sus parejas.
Se muestra que la razón más común para no usar preservativo con parejas ocasionales fue la percepción de que resta sensibilidad, con un total de 86 casos y un 39.1%.
La situación social más común en las relaciones con parejas ocasionales fue encontrarse en un lugar privado, con un total de 122, lo que representa un 55.5%. Por otro lado, 76 parejas mostrando un 34.5% se encontraron en una fiesta o reunión, mientras que solo 5 con un 2.3% estaban en un lugar para adultos. Por último, 17 parejas (7.7%) indicó que solo se encontraba paseando.
Por último, la excitación física destacó como el estado biológico predominante en las relaciones sexuales, con un total de 149 casos, lo que equivale al 67.7%. Por otro lado, el consumo de alcohol representó un 30.9% con 68 casos, mientras que el consumo de drogas fue marginal, con solo un 1.4% representado por 3 casos.

CONCLUSIONES. Se concluyó que la conducta sexual de los estudiantes presentaba un alto riesgo, ya que un número significativo de ellos iniciaba su vida sexual a temprana edad, sin utilizar métodos anticonceptivos y decidían tener estos encuentros sexuales porque se les presentaba la oportunidad o deseaban experimentar. Esto se asociaba tanto a la falta de disponibilidad de métodos anticonceptivos como al desconocimiento sobre su uso adecuado, lo cual los lleva a contraer ITS y embarazos no deseados. Además, se observaba que muchos estudiantes combinaban la actividad sexual con el consumo de alcohol, también se observó que muchos jóvenes experimentan una disminución en el placer al utilizar métodos anticonceptivos, lo que los lleva a evitar su uso. Es crucial abordar esta problemática mediante la mejora de la educación sexual, facilitando el acceso confidencial a métodos anticonceptivos y promoviendo una comunicación sobre la sexualidad.

REFERENCIAS.

1. Arias, L., Vásquez, M. L., Dueñas, E. P., García, L.M. y Tejada, E. L. (2011). Comportamiento sexual y erotismo en estudiantes universitarios, Cali, Colombia. Colombia Médica, 42(3), 309-318. URL https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28322503007
2. Badillo, M., Mendoza, X., Barreto, M. y Díaz, A. (2020). Comportamientos sexuales riesgosos y factores asociados entre estudiantes universitarios en Barranquilla, Colombia, 2019. Enfermería Global, 19(59), 422-449. https://doi.org/10.6018/eglobal.412161
3. Calero, E., Rodríguez, S. y Trumbull, A. (2017). Abordaje de la sexualidad en la adolescencia. Humanidades básicas, 17(3), 577-592. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S17278120201700030010
4. Cooke, A. J. y Noroña, K. L. (2023). Conductas sexuales de riesgo en los estudiantes universitarios. [Proyecto de investigación en opción al Título de Psicóloga/o, Facultad de Ciencias Psicológicas]. URL http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/68432/1/TESIS%20CONDUCTAS%20SEXUALES%20DE%20RIESGO%20EN%20LOS%20ESTUDIANTES%20UNIVER.pdf
5. Corona, J. y Ortega, J. (2013). Comportamiento sexual y conocimientos sobre infecciones de transmisión sexual en estudiantes venezolanos de un liceo del municipio de Miranda. MEDISAN, 17(1), 78-85. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368444989011
6. De la Cruz, Y., Cruz, P., Flores, M. V., Jiménez, D., Martínez, D. M. C. y De la Cruz, A. (2022). Intervención educativa de la enfermería para la prevención de conductas sexuales de riesgo en adolescentes. RIdEC 2022, 15(1), 57-64. https://www.enfermeriacomunitaria.org/web/index.php/ridec/301-ridec-2022-volumen-15-supl-1/2883-originales-7-intervencion-educativa-de-enfermeria-para-la-prevencion-de-conductas-sexuales-de-riesgo-en-adolescentes
7. Diez, M. y Díaz, A. (2011). Infecciones de transmisión sexual: epidemiologia y control. Rev Esp Saniol Penit, 13, 58-66. URL https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1575-06202011000200005
8. Guerrero, J.M., Lucena, A. I. y Espina, L. C. (2022). Factores protectores y conductas. sexuales protegidas en estudiantes de secundaria venezolanos. Health and Addictions/Salud y Drogas, 22 (2), 47-62. https://doi.org/10.21134/haaj.v22i2.656
9. Grove, S. y Gray, J. (2019). Investigación en enfermería: desarrollo de la practica basada en la evidencia. Elsevier, (6), 227-228. https://bit.ly/3WbnBPc

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424103

FACTORES QUE PROPICIAN EMBARAZO EN ADOELSCENTES DE 12 A 17 AÑOS EN UNA COMUNIDAD RURAL DE MICHOACAN

Jaqueline Hernández Zalapa[1], Vanesa Jiménez Arroyo[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; zalapa1304@gmail.com
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; vanesa.jimenez@umich.mx

Palabras Clave: Embarazo, adolescentes.

RESUMEN. La presente investigación plantea el embarazo adolescente como una situación de orden social, que debe ser enfrentada y atendida a través de diferentes intervenciones públicas y privadas, en virtud de ser un tema sensible de comportamiento diverso considerando las creencias y costumbres de índole cultural. Objetivo: Determinar los factores que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán. Metodología: Estudio cuantitativo, exploratorio, no probabilístico y trasversal. Se realizó la aplicación de un instrumento estructurado a partir de cuatro dimensiones que fueron el aspecto de la vida personal, los aspectos familiares y nivel de conocimiento sexual y fue elaborado por Arana Carina, Martínez Rosario y Rosales Cristina en el año 2013. Se realizó el registro de la investigación a partir de la autorización por parte de los Comités de Investigación y Ética. Resultados: La mala información acerca de cómo prevenir un embarazo y el mal uso de los métodos anticonceptivos, son los factores que contribuyen a que las adolescentes de 12 a 17 años de edad tengan un embarazo no deseado e interrumpan sus estudios. Conclusión: Es necesario ahondar en esta temática en virtud del problema social que representa desde los enfoques cualitativos a fin de rescatar mayor información respecto a creencias y actitudes en este particular contexto sociocultural.

INTRODUCCIÓN. La presente investigación plantea el embarazo adolescente como una situación de orden social, que debe ser enfrentada y atendida a través de diferentes intervenciones públicas y privadas, debido a que su ocurrencia representa. Por un lado, problemas específicos vinculados al acceso, tanto a información sobre la sexualidad y los métodos anticonceptivos como a servicios de salud, y por otro, que se consideren de las normas culturales ligadas al proceso de transición hacia la vida adulta. En este sentido, el presente estudio buscó profundizar el conocimiento acerca de la propia naturaleza del fenómeno primordialmente en el contexto rural indígena en condiciones de alta marginación.

ANTECEDENTES. En México la edad media a la que las mujeres de entre 15 y 49 años experimentan su primera relación sexual es de 19.6 años, la edad promedio a la que llevan a cabo su primera unión conyugal es a los 21.8 años, la edad media a la que tienen su primer hijo nacido vivo a los 22.3 años y; es hasta los 28.8 años cuando usan por primera ocasión algún método anticonceptivo (CONAPO, 2021). Entre las adolescentes, el uso de métodos para controlar la fecundidad, es muy bajo: siete de cada diez mujeres jóvenes

tuvieron su primera relación sexual sin protección, a pesar de que la mayoría no tenía la intensión de embarazarse (CONAPO, 2021). En este sentido, la ocurrencia del embarazo durante la adolescencia no se presenta de igual manera en los contextos rurales o urbanos, ni entre distintos sectores sociales siendo las comunidades rurales con altos índices de marginación, las más propicias para que suceda el evento a edades más tempranas y con mayor frecuencia. A pesar de la importancia de la fecundidad de las mujeres adolescentes en áreas rurales, falta una comprensión más precisa de las características con las que ésta se presenta en dicho contexto, por lo que es importante generar conocimiento sobre este tema con el objetivo de realizar intervenciones más adecuadas y así, lograr la disminución de su ocurrencia (CONAPO, 2018).

OBJETIVO. General: Determinar los factores que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán.

OBJETIVO ESPECÍFICOS. Identificar los aspectos personales que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán. Identificar los aspectos generales que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán. Valorar los conocimientos de sexualidad que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio fue de enfoque cuantitativo, exploratorio y transversal. Los datos se obtuvieron a partir de la colecta de información de un instrumento estructurada en veinte (20 ítems). La distribución contempló cuatro (4 ítems) en el aspecto de la vida personal, cuatro (4 ítems) en aspectos generales y doce (12 ítems) de nivel de conocimiento sexual) elaborada por Arana Carina, Martínez Rosario y Rosales Cristina en el año 2013. La población fueron 50 estudiantes de 12 a 17 años de una secundaria de una Comunidad de Michoacán. Se contó con la aprobación de las autoridades de la escuela donde se llevó a cabo el estudio. Sin embargo, se consideró pertinente solicitar autorización por el por parte del Comité de Ética e Investigación de la dependencia académica y universitaria. Para salvaguardar la seguridad de los sujetos de estudio de esta investigación se realizará con estricto apego al reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación que establece los aspectos éticos que garantizan la dignidad y el bienestar de la persona sujeta a esta investigación, la declaración de Helsinki y el informe de Belmont.

RESULTADOS. Para identificar los aspectos personales que propician embarazos en adolescentes, se obtuvo que las participantes de 14 años fueron el 22%, la escolaridad mayor de las adolescentes fue de 44% de adolescentes que están cursando la secundaria, profesan la religión católica el 70% de ellas y finalmente en estado civil el 54% refirieron no tener pareja. En lo concerniente a Identificar los aspectos generales que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán donde se encontró que el 100% de las adolescentes viven en una comunidad rural, el 94% de ellas no trabajan, dependen de sus padres el 84% y el 100% de las adolescentes recibe atención medica en un centro de salud. Para valorar los aspectos generales que propician embarazos en adolescentes de 12 a 17 años en una comunidad rural de Michoacán donde se encontró que el 100% de las adolescentes viven en una comunidad rural, el 94% de ellas no trabajan, dependen de sus padres el 84% y el 100% de las adolescentes recibe atención medica en un centro de salud.

CONCLUSIONES. Como se evidencio en la investigación las adolescentes asumen en general que el embarazo se da una semana después de la menstruación lo cual, refleja la falta de conocimientos respecto a los procesos ovulatorios en la mujer. Los adolescentes son un grupo que reclama atención especial en virtud de que el embarazo a temprana edad representa un problema social y por ello, se deben reconducir as política públicas desde las particularidades contextuales de los adolescentes y en este sentido, es necesario ahondar en esta temática desde los enfoques cualitativos a fin de rescatar mayor información respecto a creencias y actitudes particulares del contexto sociocultural para crear acciones preventivas de un embarazo no planeado a edades tempranas.

REFERENCIAS.

1. Abdala, LA. Vargas, CE. Casas, MA. González, CJ. Y Gutiérrez LC. (2015). Embaraza adolescente: sus causas y repercusiones en la diada. Revista Médica del Instituto
2. Mexicano del Seguro Social, 55(2), 223-229. http:// pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28296372/
3. Arana, C. Martínez, R. y Rosales, C. (2013) Factores que predisponen los embarazos en las adolescentes [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cuyo]. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5987/arana-carina.pdf
4. Baena Rivero, A. Jaramillo, MC. Quiroga, SC y Luque, L. (2012) Complicaciones clínicas del embarazo en adolescentes: una investigacion documental [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. https:// repositorio.unam.mx/contenidos/complicaciones-clinicas-del-embarazo-enadolescentes-una-investigacion-documental-4
5. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud. 2 de febrero de 2014.
6. Consejo Nacional de Población y Vivienda. Grupo de trabajo sobre educación integral en sexualidad y capacitación. 24 de febrero de 2021.
7. Consejo Nacional de Población y Vivienda. Fecundidad en niñas y adolescentes de 10 a14 años. 15de marzo de 2018.
8. Gobierno del Estado de Guanajuato. RE. SSG fomenta la cultura de prevención del embarazo en los adolescentes. [Notas de interés en línea]. http://www. boletines.guanajuato.gob.mx/2021/05/03/ssg-fomenta-la-cultura-de-prevencion-delembarazo-
9. Gómez Mercado, CA. Montoya Vélez, LP. (2012). Factores sociales, demográficos, familiares y económicos relacionados con el embarazo en adolescentes, área urbana, Biceño). Revista Salud pública, 16(3), 394-406. http://www. scielosp.org/pdf/rsap/2014.v16n3/393-407/es
10. Soto de Jesus M. (2017). Re. Los cambios en el proyecto de vida de la adolescente embarazada. [Artículos de interés en línea]. http://www. adolescenciasema.org/loscambios-en-el-proyecto-de-vida-de-la-adolescente-embarazada/
11. Universidad Nacional Autónoma de México. RE. Dirección General de comunicación social, educación sexual. [Boletín reciente en línea]. http://www. dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_729.html
12. Venegas, M. Nayta, VB. (2019). Factores de riesgo que inciden en el embarazo adolescente desde la perspectiva de estudiantes embarazadas. Revista pediátrica de atención primaria, (21), 109-119. https://scielo.isciii.es/pdf/pap/v21n83/1139-7632pap-21-83-e109.pdf

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424104

CERTEZA JURÍDICA POR MEDIOS ELECTRÓNICOS EN LA CONTRATACIÓN DE SEGUROS PRIVADOS EN MICHOACÁN DURANTE LA PANDEMIA (2020-2021)

***Daniela Cortés Cedeño*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1354711j@umich.mx

Palabras Clave: contrato de seguro, medios electrónicos, consentimiento.

RESUMEN. La protección federal en el territorio mexicano cuenta con una Constitución Política para brindar seguridad jurídica y una adecuada administración de justicia. Cada estado provee sus leyes de acuerdo con la necesidad de la población, mismas que deberán actualizarse, modificarse, o adicionar temas que sean novedosos y afecten o modifiquen el desenvolvimiento social. Ordenamientos aplicables a la actualidad en relación con el surgimiento de nuevas tecnologías y descubrimientos científicos. En consecuencia, ante el constante desarrollo tecnológico de la sociedad actual, aunado al tema de pandemia de los últimos años que propició el incremento en el uso de los medios electrónicos y con ello de la celebración de contratos por internet, resulta la necesidad de realizar un estudio de forma específica en el estado de Michoacán de los contratos de seguro privados, a fin de otorgar certeza jurídica dentro de estas relaciones comerciales virtuales al plasmar el consentimiento por medios digitales. Pues al analizar la contratación electrónica y de la consulta de la legislación aplicable, se aprecia un tema significativo que no se encuentra debidamente regulado o ha sido tímidamente contemplado en el sistema jurídico mexicano, causa de un clima de desconfianza, traducida en inseguridad jurídica para los usuarios. Por esto, en la contratación virtual, el principal problema es la manifestación de la voluntad por medios electrónicos al momento de su perfeccionamiento. La manifestación de la voluntad por medios electrónicos genera un conflicto en los contratos de seguro privados, al no encontrarse regulada de manera específica las formas de plasmar el consentimiento. Temática abordada en la presente investigación, pues si bien, existen trabajos relacionados sobre la falta de regulación del consentimiento por medios electrónicos en la contratación virtual, el trabajo planteado se limita al estudio de los contratos de seguro privados en el estado de Michoacán.

INTRODUCCIÓN. De la implementación de los avances tecnológicos deriva de la evolución en la manera de celebrar contratos, por ello, ahora no solo se trata de los contratos como tradicionalmente se conocen, escritos en papel con firma manuscrita como voluntad y consentimiento de los contratantes, en la actualidad se da pauta a la celebración de contratos electrónicos, pues el Código Civil para el estado de Michoacán (H. Congreso del Estado de Michoacán de Ocampo, Última reforma publicada en el periódico oficial del estado, el 01 de septiembre de 2017), artículo 969 fracción I, abiertamente menciona que el consentimiento puede plasmarse entre otros, por medios electrónicos, sin embargo, no realiza de manera puntual lo referente a este tipo contratos. Es de mencionarse que hasta el momento no existe una regulación de manera específica sobre la certeza jurídica por

medios electrónicos en la contratación de seguros privados en Michoacán. La relevancia práctica surge cuando el problema incrementa en estas relaciones comerciales donde los contratantes no tienen certeza jurídica sobre los derechos y obligaciones adquiridos al tratarse de un acto celebrado por medios electrónicos, sin encontrarse reguladas las formas de plasmar el consentimiento, siendo necesaria la adaptación y adición de los ordenamientos al entorno social actual. Si bien se han realizado estudios sobre la contratación electrónica y las formas de plasmar la voluntad en los mismos, a la fecha no se ha encontrado un análisis sobre la certeza jurídica por medios electrónicos en la contratación de seguro privados en Michoacán, al tratarse de los denominados contratos de adhesión; así, la trascendencia de este trabajo versa sobre la aportación de establecer cuáles son las formas de plasmar el consentimiento por medios electrónicos en la contratación de seguro privados en Michoacán, al identificar el momento en que se perfecciona la oferta y quedan las partes obligadas en el contrato celebrado, lo que en consecuencia demuestra la originalidad y viabilidad de la investigación.

ANTECEDENTES. La seguridad jurídica forma parte de los derechos humanos y garantías constitucionales con los que cuenta todo individuo, ante ello, el Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta (2014) en el criterio con registro 2005777 titulado: Seguridad jurídica. Alcance de las garantías instrumentales de mandamiento escrito, autoridad competente y fundamentación y motivación, previstas en el artículo 16, primer párrafo, de la Constitución Federal, para asegurar el respeto a dicho derecho humano, describe claramente el contenido de este derecho humano inmerso en el artículo 16, primer párrafo, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (H. Congreso de la Unión, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Última reforma publicada DOF 20-12-2019), como el derecho de la persona a tener certeza sobre su situación ante las leyes, para que la autoridad sujete sus actuaciones a determinados supuestos, requisitos y procedimientos previamente establecidos en la Constitución y en las leyes. En este orden de ideas, la legislación aplicable es el Código Civil Federal (H. Congreso de la Unión, Código Civil Federal, Última reforma publicada DOF 03-06-2019), en su artículo 1803, fracción I, establece que el consentimiento expreso se refiere al acto donde la voluntad se manifiesta verbalmente, por escrito, por medios electrónicos, ópticos o cualquier otra tecnología, o por signos inequívocos. No empero, y en específico para el estado de Michoacán, el Código Civil para el estado de Michoacán (H. Congreso del Estado de Michoacán de Ocampo, Última reforma publicada en el periódico oficial del estado, el 01 de septiembre de 2017), indica en su artículo 969 fracción I, que el consentimiento puede plasmarse entre otros, por medios electrónicos, sin existir hasta el momento una regulación específica. Bajo esta tesitura, la investigación versa sobre la falta de regulación de las formas de plasmar el consentimiento por medios electrónicos en la contratación de seguros privados en Michoacán, ya que, la pandemia incrementó el uso de la contratación por internet. Las consecuencias son la carencia de certeza jurídica de derechos y obligaciones de las partes celebrantes y con ello, el estado de indefensión de los usuarios. El artículo 969 fracción I del Código Civil para el estado de Michoacán (H. Congreso del Estado de Michoacán de Ocampo, Última reforma publicada en el periódico oficial del estado, el 01 de septiembre de 2017), no contempla las formas de plasmar el consentimiento en los contratos electrónicos; y el numeral 21 fracción I, de la ley sobre el Contrato de Seguro, someramente establece: “Se perfecciona desde el momento en que el proponente tuviere

conocimiento de la aceptación de la oferta" (H. Congreso de la Unión, Ley sobre el Contrato de Seguro, 1935, pág. 3).

OBJETIVO. analizar la certeza y seguridad jurídica por medios electrónicos en la contratación de seguros privados en Michoacán, al identificar las deficiencias en los ordenamientos para iniciar la difusión sobre el tema que permita contar con marcos jurídicos que promuevan la confianza, seguridad y protección de los derechos de los usuarios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Enunciar la evolución en materia contractual privada, para identificar los antecedentes, principios y reglas básicas de formalización y perfeccionamiento. Examinar el marco jurídico regulador de los contratos de seguro privados celebrados por medios electrónicos en México (Michoacán) y España, para identificar la reglamentación y eficacia. Demostrar la importancia de la seguridad jurídica en los contratos de seguro privados celebrados por medios electrónicos en Michoacán, para proteger los derechos de los usuarios. Analizar la certeza jurídica en los contratos de seguro privados celebrados por medios electrónicos en Michoacán, para regular las formas de plasmar el consentimiento en los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS. El enfoque a destacar en este apartado, por ser el empleado en la investigación es el cualitativo, al ser el interesado en captar la realidad social estudiada a partir de la percepción del sujeto de su propio contexto, donde el investigador induce las propiedades del problema estudiado a partir de la realidad que se examina (Bonilla & Rodríguez, 1997). La investigación cualitativa según Monje (2011) se caracteriza por la recolección de datos desde las perspectivas y puntos de vista de los participantes, sus interacciones y experiencias de cuestiones generales, utilizando técnicas como la observación, entrevistas, encuestas, revisión de documentos, discusión en grupo, evaluación de experiencias personales, registro de historias de vida, interacción e introspección con grupos o comunidades. Su propósito consiste en reconstruir la realidad, tal como la observan los involucrados, por lo que se fundamenta desde una perspectiva interpretativa. Así, por medio de la observación y del estudio del problema sobre la certeza jurídica por medios electrónicos en la contratación de seguros privados en Michoacán, se aborda desde la visión del positivismo de Hans Kelsen, con apoyo en la teoría general del contrato, la teoría general de las obligaciones y la teoría de la autonomía de la voluntad. Se utilizarán técnicas cualitativas como lo es la observación y la revisión de documentos tales como sentencias emitidas por Jueces Civiles de primera instancia del estado de Michoacán (Morelia), para demostrar que en los contratos de seguro privados no existe certeza jurídica de los contratantes al plasmar su consentimiento por medios electrónicos en Michoacán.
Por lo que respecta al razonamiento empleado en esta investigación es el deductivo que va de lo general a lo específico. Las investigaciones que usan el tipo de razonamiento deductivo comienzan por un contexto amplio, a nivel mundial, nacional, hasta llegar a un contexto reducido (Arias-Castrillón, 2020). Esto con la intención de identificar el elemento esencial de la problemática consistente en la certeza jurídica por medios electrónicos en la contratación de seguros privados, partiendo de lo general (supranacional) a lo especifico (estado de Michoacán). Así, al tratarse de una investigación cualitativa que emplea dicho método, en palabras de Monje (2011) se caracteriza por la recolección de datos desde las perspectivas y puntos de vista de los participantes, sus interacciones y experiencias de cuestiones generales, utilizando técnicas como es la observación y revisión de documentos.

RESULTADOS. Lo hasta aquí expuesto trata de demostrar con la investigación propuesta, se realice una búsqueda para garantizar la certeza jurídica de las partes al establecer las formas de plasmar el consentimiento por medios electrónicos dentro de este tipo de contratos, donde las herramientas utilizadas lo son los códigos, leyes y tratados internacionales; buscando explicar de una manera clara, el compromiso con la investigación, primordialmente al identificar los alcances jurídicos en los contratos de seguro privados celebrados por medios electrónicos, en los que se utilizan las herramientas virtuales, para la comunicación a grandes velocidades. En consecuencia, con la presente investigación, se busca identificar las deficiencias en los ordenamientos e iniciar la difusión sobre el tema permitiendo en un futuro contar con marcos jurídicos que promuevan la confianza y seguridad de los usuarios.

CONCLUSIONES. En consecuencia, el problema del presente estudio consiste en identificar cómo proteger los derechos de los usuarios en la contratación de seguros privados en Michoacán y con ello brindarles certeza y seguridad jurídica a las partes celebrantes en los contratos de seguro privados al momento de plasmar el consentimiento en medios electrónicos. Por lo anterior, se llega a la conclusión de que para otorgar certeza y seguridad jurídica a los usuarios, se requiere adicionar la Ley Sobre el Contrato de Seguro en su artículo 21 fracción I, a fin de incorporar las formas de plasmar el consentimiento al aceptar la oferta en la contratación de seguro electrónica, y con ello, garantizar y proteger la certeza jurídica en los contratos de seguro privados celebrados por medios electrónicos en Michoacán.

REFERENCIAS.

1. Arias-Castrillón, J. C. (2020). Plantear y formular un problema de investigación: un ejercicio de razonamiento. Revista Lasallista de Investigación, 17(1), 301-313. Obtenido de https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a4
2. Bonilla, E., & Rodríguez, P. (1997). Más allá del dilema de los métodos. La Investigación en ciencias sociales. Ediciones Uniandes.
3. H. Congreso de la Unión. (1935). Ley sobre el Contrato de Seguro. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/211.pdf
4. H. Congreso de la Unión. (Última reforma publicada DOF 03-06-2019). Código Civil Federal. Diario Oficial de la Federación.
5. H. Congreso de la Unión. (Última reforma publicada DOF 20-12-2019). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf
6. H. Congreso del Estado de Michoacán de Ocampo. (Última reforma publicada en el periódico oficial del estado, el 01 de septiembre de 2017). Código Civil para el Estado de Michoacán de Ocampo. Obtenido de http://congresomich.gob.mx/file/CODIGO-CIVIL-REF-01-SEPT-2017.pdf
7. Monje, C. (2011). Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa, Guía Didáctica. Universidad Surcolombiana.

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424105

GENERALIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS DEL DERECHO MERCANTIL EN MICHOACÁN

***Eduardo Vargas Frutis Rodríguez*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1713703j@umich.mx

Palabras Clave: Derecho Mercantil, Acceso a la justicia, Derechos Humanos.

RESUMEN. El derecho ha sido definido como el conjunto de normas jurídicas que tienen por objeto regular el comportamiento del hombre en la sociedad. Existen diferentes ramas que se encargan del estudio y resolución de conflictos de diferente índole, como lo son el derecho penal, el derecho civil o el derecho mercantil. El derecho mercantil tiene por objeto regular los actos de comercio entre particulares, en México se regula a través del Código de Comercio, así como de manera supletoria por el Código Federal de Procedimientos Civiles. En el presente trabajo se abordan los que a consideración del autor son las cuestiones de derecho mercantil de suma trascendencia en la teoría y la práctica, por lo que se ponen al alcance de una manera entendible para que cualquier ciudadano que no sea experto en la materia pueda comprender el alcance de las porciones normativas analizadas.

INTRODUCCIÓN.

Análisis del artículo 1391 del código de comercio. El artículo 1391 de Código de Comercio se encuentra contenido dentro del Libro Quinto “De los Juicios Mercantiles” Titulo Tercero “De los Juicios Ejecutivos, establece que el procedimiento ejecutivo tiene lugar cuando la demanda se funda en un documento que trae aparejada ejecución. En sus nueve fracciones -de las cuales una está derogada- señala los documentos que traen aparejada ejecución, los cuales a continuación se transcriben:

I. La sentencia ha causado ejecutoria;
II. Documentos públicos, testimonios y copias certificadas expedidas por notarios públicos en los que conste alguna obligación exigible y liquida;
III. La confesión judicial del deudor;
IV. Los títulos de crédito;
V. La decisión de los peritos designados en los seguros para fijar el importe del siniestro;
VI. Las facturas, cuentas corrientes y cualquier contrato de comercio firmado y reconocido por el deudor;
VII. Los convenio celebrados en los procesos de conciliación tramitados ante la PROFECO o la CONDUSEF, así como las resoluciones arbitrales que emitan.

Del artículo en comento, se puede apreciar que es en esta porción normativa en donde se han establecido los límites y supuestos en los que procede ejercer una acción en la vía ejecutiva mercantil, en todos, el factor determinante para su procedencia tiene que ver con la declaración de un derecho y obligación en algún documento.

El embargo. Etimológicamente embargo proviene del verbo embargar, que a su vez proviene del latín imbarricare , utilizado en la península ibérica con el significado de "cerrar una puerta con trancas". En términos jurídicos, el embargo ha sido definido como la afectación decretada por autoridad competente sobre un bien o bienes de propiedad privada, la cual tiene por objeto asegurar eventualmente la ejecución de una pretensión de condena que se plantea o planteará en juicio (embargo preventivo, provisional o cautelar) o bien satisfacer directamente una pretensión ejecutiva (embargo definitivo, ejecutivo o apremiativo). El artículo 1392 del Código de Comercio dispone, tratándose de juicios ejecutivo mercantiles, una vez presentada la demanda acompañada del título ejecutivo respectivo, el juez proveerá auto con efectos de mandamiento en forma, para que el demandado sea requerido del pago, sen caso de no pago, le sean embargados bienes suficientes para cubrir la deuda, así como los gastos y costas de tramitación del juicio, dichos bienes embargados quedarán en depósito bajo la responsabilidad del actor o la persona que éste señale para tal efecto. En el supuesto de no encontrarse la persona demandada, pero el actuario se ha cerciorado de que, si es el domicilio de aquel, de acuerdo al artículo 1393, se le dejará un citatorio fijándole hora hábil dentro de las seis y setenta y dos horas posteriores, en caso de no encontrarse, la diligencia se entenderá con la persona que atienda la puerta. En caso de imposibilidad de encontrar al demandado, se ordenará practicar el emplazamiento por edictos. El numeral 1394 señala la cronología del embargo, la cual el del tenor siguiente:

La diligencia de embargo inicia con el requerimiento del pago al demandado o a la persona que atienda;

De no hacerse el pago, se requerirá al demandado o la persona que atienda, que señale bienes suficientes para cubrir las prestaciones reclamadas, apercibiéndolo que, de no hacer, el derecho para señalar bienes pasará al actor;

Posteriormente, se emplaza al demandado, se le hace entrega de una copia del auto en el que obra la orden del embargo, una copia de la diligencia de embargo y una copia de la demanda con sus respectivos anexos en los que obre el documento base de la acción;

De acuerdo al artículo 1395 del Código de Comercio, el embargo de bienes seguirá el siguiente orden:

Las mercancías;

Los créditos de fácil y pronto cobro, a satisfacción del actor;

Los demás muebles del demandado;

Los inmuebles;

Las demás acciones y derechos que tenga el demandado.

Una vez configurado el embargo, el demandado no puede alterar de ninguna manera el bien embargado, tampoco celebrar contratos que impliquen el uso del mismo.

Hasta aquí, las consideraciones generales y los requisitos del embargo contenido en el Código de Comercio, cabe mencionar que también en la legislación procesal civil y en otras materias existen disposiciones relativas al embargo, sin embargo, el objeto del presente trabajo es únicamente presentar las generalidades del embargo em materia mercantil, por ello las demás no se estudian y se dejan para un trabajo posterior.

RESULTADOS. La palabra prueba proviene del latín *probo*, hace alusión a bueno, honesto y *probandum*, que hace alusión a recomendar, aprobar, experimentar, hacer fe. En derecho, las pruebas son los medios, instrumentos y conductas humanas, con las cuales se pretende lograr la verificación de las afirmaciones de hechos. El Código de Comercio

considera algunos principios generales que rigen la prueba, entre los que se encuentran los siguientes:

- El que afirma está obligado a probar.
- El que niega no está obligado a probar, sino en el caso en que su negación envuelva una afirmación expresa de un hecho.
- Está obligado a probar el que niega, cuando al hacerlo desconoce la presunción legal que tiene a su favor el colitigante.
- Las pruebas deben ofrecerse expresando el hecho que se pretende demostrar con las mismas.
- En ningún caso serán admitidas pruebas contrarias a la moral o al derecho.

En materia mercantil son admisibles como medios de prueba todos los elementos que puedan producir convicción en el ánimo del juzgador acerca de los hechos controvertidos, en ese sentido podrán ser tomados como prueba las siguientes:

- Declaración de las partes;
- Declaración de terceros;
- Peritos;
- Documentos públicos o privados;
- Inspección judicial;
- Fotografías;
- Facsímiles;
- Cintas cinematográficas, de video, de sonido;
- Mensajes de datos;
- Reconstrucción de hechos;

Cualquier otro objeto que sirva para averiguar la verdad.

CONCLUSIONES. Es de suma importancia para la población civil conocer los lineamientos fundamentales que rigen el derecho mercantil en Michoacán, dado que, como ha sido analizado, el derecho mercantil en lo que respecta a su parte procesal se encuentra compuesto por una serie de partes que en su conjunto forman el proceso mercantil en sus diferentes modalidades. En ese sentido, el conocimiento de las reglas mínimas que rigen los actos de comercio contribuye al buen desarrollo del estado de derecho, cabe destacar que la ley es de dominio público, por lo que no solo juristas son capaces de estudiar la ley, sino cualquier ciudadano que tenga un dispositivo electrónico que le permita tener acceso a internet. Por lo anterior, resulta importante que las cuestiones de teoría y de practica del derecho mercantil sean difundidas en los espacios en los que es posible debatir las ideas, como lo es en un congreso científico, ya que el derecho en su conjunto constituye una ciencia social. Así, ante panoramas de incertidumbre nacional, en las que la sociedad pone en tela de juicio el actuar de autoridades jurisdiccionales, lo mejor es aportar conocimientos objetivos que encuentran sustento en la ley, y no así en discursos demagógicos tendientes a la total subjetividad.

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4: Ciencias sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424106

DISOLUCIÓN Y NUEVAS ESPACIALIDADES DEL TRABAJO

Nora Luz Quiroz Santiago[1], Luis Enrique Santiago[2], Alejandro Sánchez Zárate[3]
1Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA); nora.quiroz@edu.uaa.mx
2Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA); luis.santiago@edu.uaa.mx
3Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); asanchez@cua.uam.mx

Palabras Clave: disolución de espacios laborales, nuevas espacialidades, trabajo.

RESUMEN. El trabajo, como actividad económica, se le ha asociado en entornos urbanos con espacios fijos como oficinas o fábricas; donde los trabajadores acuden de manera recurrente para realizar sus actividades laborales a cambio de una retribución. Sin embargo, cada vez más trabajadores (especialmente quienes requieren del intercambio digital de información y comunicación) pueden realizar sus actividades laborales casi en cualquier lugar y en cualquier momento, creando una disolución de los lugares de trabajo planeados urbanamente. Por lo tanto, el objetivo de la investigación es explorar de qué manera la disolución y las nuevas espacialidades del trabajo se han hecho presentes en América y el mundo. Mediante una revisión sistemática de publicaciones científicas y una revisión narrativa de textos relacionados de poco más de dos décadas; usando para la revisión sistemática el método Prisma. Logrando así, crear un marco que permita entender como ha sido la transformación de las dinámicas urbanas con respecto a los entornos laborales; y con los hallazgos poder realizar recomendaciones para quienes realizan políticas públicas con enfoque al desarrollo económico y urbano.

INTRODUCCIÓN. Las actividades laborales, ya sea con fines de autoconsumo, de producción para comercialización o de intercambio de talento por ingresos monetarios, han estado relacionadas con espacios físicos con un uso especializado como: campos de cultivo, fabricas u oficinas. Además, ello se puede relacionar con una necesidad de trasladarse, desde distancias tan pequeñas como salir de casa a unos pocos metros para ir a la huerta familiar, moverse a través de la ciudad e incluso ir de un entorno rural a la ciudad. Ello se comenzó a popularizar con la revolución industrial y la especialización de tareas en las fábricas, donde los trabajadores tuvieron que trasladarse diariamente de su casa al trabajo y de regreso. Originándose aquello que actualmente se le conoce como movilidad pendular, trayectorias entre los puntos A-B y B-A de manera recurrente. Sin embargo, actualmente con el acceso a las tecnologías digitales y a las estrategias de contención de la pandemia por COVID-19 (a inicios del año 2020), estos supuestos de localización de la actividad económica y la movilidad de los trabajadores en las ciudades evidencio cambios tecno-económicos considerables, sobre todo en la población con actividades laborales no indispensables debía trabajar -usando tecnologías digitales- desde casa para detener contagios. Estas circunstancias y dinámicas, aunque ya existían previamente, impulsó la disolución de los espacios laborales (en inglés dissolving workplaces), donde cada vez menos los trabajos están asociados a un lugar físico fijo de trabajo; y aunque administrativamente son localizados en la sede del empleador (Shearmur, 2017) para fines tanto prácticos como fiscales-legales; la existencia de alternativas de

espacios para trabajar. A ello Pajević y Shearmur (2017) lo describieron como “movilidad del lugar de trabajo” (en inglés workplace mobility), también llamado multi-locación laboral (Hislop & Axtell, 2009; Koroma et al., 2014), lo cual hace referencia a “trabajar desde una variedad de lugares” (Putri & Shearmur, 2020). Estos fenómenos (la disolución y el surgimiento de nuevos espacios laborales) aunque son coloquialmente entendidos y su análisis desde las nuevas modalidades del trabajo (teletrabajo -homeoffice-, trabajo hibrido o trabajo remoto) han sido estudiados; aún se carece estudios desde el enfoque de los espacios en México y en general en América latina. Por lo que, entendiendo este vacío de conocimiento, el propósito del presente texto es realizar una revisión de la literatura que permita identificar que estudios existen y explorar de qué manera la disolución y las nuevas espacialidades del trabajo se han hecho presentes en América y el mundo, por medio de un análisis bibliográfico con enfoque científico.

ANTECEDENTES. Previo a la disolución de los espacios de trabajo se encuentra la teoría de la localización de las actividades económicas y la geografía del trabajo. Con respecto a los estudios bibliométricos, estos se asocian sus inicios como desarrollo sistemático con D.J.D. Price y Eugene Garfield, donde se buscaba medir la producción de la ciencia. En sus inicios estos se enfocaban a estudios de la prehistoria, después su uso se popularizo a estudios de psicología (Godin, 2006) y en las últimas décadas estos han sido muy utilizados para ciencias médicas.

REFERENCIAS.

1. Brown, B., Green, N., & Harper, R. (2002). Wireless World (B. Brown, N. Green, & R. Harper, Eds.). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0665-4
2. Burchell, B., Reuschke, D., & Zhang, M. (2021). Spatial and temporal segmenting of urban workplaces: The gendering of multi-locational working. Urban Studies, 58(11), 2207–2232. https://doi.org/10.1177/0042098020903248
3. Cabrera Pereyra, J. A., Álvarez Lobato, J. A., & Garrocho, C. (2024). Aglomeración y coaglomeración de las empresas de base tecnológica en el espacio intrametropolitano de Toluca, 2010-2020. Estudios Demográficos y Urbanos, 39(1). https://doi.org/10.24201/edu.v39i1.2156
4. Choudhury, P. (Raj). (2022). Geographic Mobility, Immobility, and Geographic Flexibility: A Review and Agenda for Research on the Changing Geography of Work. Academy of Management Annals, 16(1), 258–296. https://doi.org/10.5465/annals.2020.0242
5. Chung, C. K. K., Mareco, J. A. M., Vega, M. R. D., Brítez, M. Á. A., & Monzón, R. E. M. (2023). Una revisión bibliográfica de las publicaciones del Homeoffice en Google Académico, año 2022. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(2), 3112–3133.
6. Cohen, R. L. (2010). Rethinking ‘mobile work’: boundaries of space, time and social relation in the working lives of mobile hairstylists. Work, Employment and Society, 24(1), 65–84. https://doi.org/10.1177/0950017009353658
7. Corona Treviño, Leonel. (2005). México: el reto de crear ambientes regionales de innovación. Centro de Investigación y Docencia Económicas, Fondo de Cultura Económica.
8. Cruz y González Franco, L. (2022). Los centros comerciales y su evolución hacia un espacio público/privado en el siglo XX: Plaza Universidad (1968-1969), Plaza Satélite (1970-1971) y Perisur (1979-1980). Academia XXII, 12(24), 43–65. https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2021.24.81586
9. Duvivier, C., & Polèse, M. (2018). The great urban techno shift: Are central neighbourhoods the next silicon valleys? Evidence from three Canadian metropolitan areas. Papers in Regional Science, 97(4), 1083–1111. https://doi.org/10.1111/pirs.12284
10. Economista, E. (2020). Suplemento Coworking. In Reporte Especial. https://www.eleconomista.com.mx/descarga-pdf/suplemento-coworking.html
11. Feildel, B., Le Nadant, A.-L., & Krauss, G. (2021). Le coworking, une vraie revolution pour la mobilité des travailleurs? The Conversation. Academic Rigour, Journalistic Flair. https://theconversation.com/le-coworking-une-vraie-revolution-pour-la-mobilite-des-travailleurs-169801

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424107

EVOLUCIÓN DE LA POLÍTICA INSTITUCIONAL PARA ATENDER LA VIOLENCIA DE GÉNERO EN LA CASA DE HIDALGO. 2011-2024

Perla Araceli Barbosa Muñoz[1], Carlos Salvador Rodríguez Camarena[2], Celia América Nieto del Valle[3]

1Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; perla.barbosa@umich.mx

2Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; carlos.rodriguez@umich.mx

3Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; avalle@umich.mx

Palabras Clave: Instituciones de Educación Superior, derechos humanos, violencia de género.

RESUMEN. La violencia de género ha sido un problema recurrente a lo largo de los años en las instituciones educativas en sus diversos niveles y modalidades, lo que ha llevado a impulsar mecanismos para prevenir, atender, sancionar y erradicar esta clase de violencia, tales como entramados institucionales especializados en la atención de esta problemática, protocolos de actuación y reglamentos. En la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se comenzó en 2011 con la promoción y defensa de los derechos humanos a través de la creación de la Defensoría de los Derechos Humanos Universitarios Nicolaitas, instancia que además de atender asuntos relacionados con la violencia de género, participa en 2017 en la creación del primer Protocolo para la Atención, Sanción y Erradicación de la Violencia de Género en la Casa de Hidalgo que en 2023 se reforma y da lugar a un nuevo Protocolo para la Atención Integral de la Violencia de Género y su Reglamento, siendo en este mismo año que se crea la Coordinación General para la Igualdad de Género, Inclusión y Cultura de la Paz. Finalmente en 2024 se reforma al Estatuto Universitario se crea al seno del Tribunal Universitario el Juzgado de Igualdad de Género e Inclusión, además de la Unidad de Atención Integral de la Violencia de Género. El propósito de la presente investigación es realizar un análisis del origen y evolución de la política institucional de la Universidad para atender la violencia de género, e identificar sus áreas de oportunidad para procurar una reparación integral del daño a las víctimas.

INTRODUCCIÓN. La violencia de género es un problema sociocultural que ha acompañado a la humanidad a lo largo de su historia, causando graves estragos en la dignidad e integridad de las personas, especialmente mujeres, tanto en el ámbito público como en el privado. En el ámbito público los centros de trabajo y las instituciones educativas son espacios en los que se focaliza esta problemática. Frente a esta problemática y como un compromiso signado formalmente por las Instituciones de Educación Superior en el país para la promoción, protección y defensa de los derechos humanos de los universitarios, y en especial para la atención de la violencia de género, se han implementado diversos mecanismos como protocolos de actuación, reglamentos, instancias especializadas en la materia, defensorías universitarias entre otros. En el presente trabajo se desarrolla un estudio cualitativo de corte descriptivo sobre los esquemas institucionales que la Casa de

Hidalgo ha implementado para la erradicación de la violencia de género a partir de 2011, y hasta la fecha.

ANTECEDENTES. La violencia de género en un problema que ha cobrado relevancia en la agenda pública nacional debido al alto número de feminicidios que suceden en México que, de acuerdo con la medición estadística realizada por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, en el año de 2022 fue de 3,892 casos a nivel nacional por homicidio culposo, 2,807 homicidios dolosos y 968 feminicidios, lo que da un total de 7, 667 casos de muertes violentas de mujeres tan sólo en un año (2022). De acuerdo con INEGI del total de mujeres de 15 años y más, 70.1% ha experimentado al menos un incidente de violencia a lo largo de su vida (INMUJERES, 2024, p.11). Estas mujeres han sufrido mayor violencia en el ámbito comunitario (51.2 %), en segundo lugar, en el ámbito escolar (44.3 %), en tercer lugar, en la relación de pareja (32.3 %) y finalmente en el ámbito laboral (23.4 %). La violencia de género es un problema que se ha presentado de manera recurrente en el ámbito educativo, destacando el caso de las Instituciones de Educación Superior. “Se trata de un problema que forma parte de la cultura institucional, y que se ha presentado de manera abierta desde tiempos remotos” (Vázquez, López y Torres, 2021, p. 319), favorecido al tratarse de un espacio en donde prevalece un sistema social que jerarquiza y subordina (Vázquez, López y Torres, 2021, p.320). Estos datos revelan la urgente necesidad de fortalecer la política de las universidades, en aras de erradicar toda clase de violencia, en especial la violencia de género, y transitar hacia la construcción de comunidades universitarias armoniosas e inclusivas.

OBJETIVO. El objetivo de la presente investigación es realizar un análisis del origen y evolución de la política institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para prevenir, atender, sancionar y erradicar la violencia de género, e identificar áreas de oportunidad para garantizar una reparación integral a las víctimas.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo ofrece un estudio teórico y jurídico bajo un enfoque cualitativo, y con la metodología de análisis de contenido de corte descriptivo, con el propósito de identificar los esquemas institucionales y normativos con los que la Casa de Hidalgo cuenta para la atención de la violencia de género.

RESULTADOS. La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, una institución de corte humanista, en armonía con la reforma constitucional de 2011 en materia de derechos humanos, creó la Defensoría de los Derechos Humanos Universitarios Nicolaitas, organismo encargado de la defensa de los derechos humanos y universitarios, cumpliendo así con las obligaciones constitucionales de respetarlos, promoverlos, protegerlos y garantizarlos, atendiendo desde su creación asuntos de violencia de género, emitiendo ante ello recomendaciones integrales para la reparación integral de las víctimas. Posterior a ello, en 2017 se crea el Protocolo para la Atención, Sanción y Erradicación de la Violencia de Género en la Casa de Hidalgo, mismo que se reforma en 2023 y da lugar a un nuevo Protocolo para la Atención Integral de la Violencia de Género y su Reglamento Estos dos instrumentos han guiado el actuar de las diferentes instancias que procuran la justicia universitaria, sin embargo revelan la necesidad de evitar la duplicidad de funciones y la mala atención o no atención de las personas afectadas, además la necesidad de armonización de la legislación universitaria con la legislación nacional e internacional de los

derechos humanos, de tal forma que se aminoren los problemas por las lagunas u omisiones de la norma. Este mismo año que se crea la Coordinación General para la Igualdad de Género, Inclusión y Cultura de la Paz, en aras de promover un cambio cultural y una convivencia respetuosa, un acceso igualitario al desarrollo de las personas, así como la erradicación de todo tipo de discriminación y violencia. Finalmente, en 2024 con la reforma al Estatuto Universitario se crea al seno del Consejo Universitario el Juzgado de Igualdad de Género e Inclusión, además de la Unidad de Atención Integral de la Violencia de Género, con lo que se vislumbra un camino más sólido para brindar certeza jurídica a las víctimas de violencia de género, así como una justicia integral universitaria.

REFERENCIAS.

1. INMUJERES (2024), Mecanismos para la prevención y atención. Casos de hostigamiento y acoso sexual en las universidades interculturales, México, INMUJERES, http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/MHAS_V2.pdf
2. Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (2022), Información sobre violencia contra las mujeres, México, Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, https://www.gob.mx/sesnsp/articulos/informacion-sobre-violencia-contra-las-mujeres-incidencia-delictiva-y-llamadas-de-emergencia-9-1-1-febrero-2019
3. Vázquez, A., López G. y Torres I.(2021).La violencia de género en las instituciones de educación superior: elementos para el estado de conocimiento. Nueva Época, LI (2), 299-326. Vazquez2021_LaViolenciaDeGenero.pdf (unam.mx)

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424108

ANSIEDAD EN UNIVERSITARIOS DE NUEVO INGRESO DURANTE LA PANDEMIA Y POSTPANDEMIA

Diana Avalos Villaseñor[1], Karla Silvia Murillo Ruiz[2], Verónica Arredondo Martínez[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1726821j@umich.mx
2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; karla.murillo@umich.mx
3Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; veronica.arredondo@umich.mx

Palabras Clave: ansiedad, pandemia y postpandemia, universitarios.

RESUMEN. Los universitarios atraviesan un periodo de cambios significativos en el que enfrentan diversas exigencias académicas que los ponen en riesgo de desarrollar trastornos de ansiedad. Estos desafíos no solo afectan su rendimiento académico, sino que también impactan su bienestar físico, emocional y social (Gavilanes y Supe, 2023). La pandemia y el periodo de postpandemia han intensificado estas dificultades, forzando a los estudiantes a adaptarse rápidamente a nuevas modalidades de estudio y dinámicas escolares. El presente estudio se llevó a cabo con el propósito de identificar el nivel de ansiedad durante la pandemia y postpandemia. El estudio utilizó un diseño no experimental, de tipo cuantitativo, con un enfoque descriptivo y de corte transversal. La muestra estuvo compuesta por 1480 participantes, a quienes se les aplicó la Escala de Ansiedad de Beck. Los resultados indican que, en el año 2021, el 10.6% de la población presentó ansiedad grave, cifra que disminuyó al 7.7% en 2022, pero que volvió a aumentar al 14.7% en 2023. En cuanto al nivel moderado, el 19.3% de los estudiantes la experimentaron en 2021, el 21.7% en 2022, y el 21.2% en 2023. Con respecto a la ansiedad leve se observó en el 2021 el 37.1%, el 36.7% en 2022, y el 32.9% en 2023. Finalmente, el nivel mínimo se mantuvo relativamente constante, con un 33% en 2021, el 33.9% en 2022, y el 31.2% en 2023. Estos datos muestran que aunque la ansiedad disminuyó tras la pandemia, en 2023 ha aumentado nuevamente, lo que resalta la necesidad de implementar programas de intervención en estudiantes de nuevo ingreso que promuevan un bienestar psicológico.

INTRODUCCIÓN. La pandemia se define como una enfermedad que se propaga por numerosos países o que afecta a la mayoría de las personas en una localidad o región (Real Academia Española, s.f.), lo que lleva a medidas como el confinamiento y el distanciamiento social. Estos cambios interrumpen rutinas, aumentan la sensación de aislamiento, generan incertidumbre sobre el futuro y provocan miedo a la enfermedad y la muerte, elevando el nivel de estrés. El 11 de marzo de 2020 la OMS declaró el estado de emergencia por COVID-19; sin embargo, en México, la Secretaría de Salud anunció la Jornada de Sana Distancia hasta el 23 de marzo, momento en el que se empezaron a implementar las medidas sanitarias (Zaragoza, 2021). Desde entonces, la vida cotidiana se trasladó al formato en línea, impidiendo el contacto presencial y aumentando la incertidumbre. En lo académico, surgieron nuevas demandas: adaptación a las modalidades de estudio, desarrollo de habilidades tecnológicas y nuevas formas de interacción social, lo que fue un reto para los estudiantes. Esto generó un entorno donde el

estrés, la depresión y el malestar emocional son una reacción natural a la crisis. La transición a la vida universitaria es desafiante, ya que implica enfrentarse a cambios significativos que pueden desencadenar respuestas emocionales intensas. Los estudiantes de nuevo ingreso enfrentan ajustes en su rutina, nuevas relaciones y dinámicas desconocidas, lo que genera incertidumbre. Esto puede traducirse en una mayor carga emocional inherente al proceso de adaptación. Sumado a la situación generada por el aislamiento social y los múltiples cambios que trajo consigo, la ansiedad se convierte en una respuesta comprensible frente a la crisis sanitaria y social, acentuada por los desafíos propios de un cambio de etapa. La ansiedad, según Clark y Beck (2012, como se cita en Díaz, 2019), es un "sistema complejo de respuesta conductual, fisiológica, afectiva y cognitiva que se activaba al anticipar sucesos o circunstancias percibidas como acontecimientos imprevisibles, incontrolables que potencialmente podrían amenazar los intereses vitales de un individuo" (p. 47). Dichas reacciones pueden interferir en las interacciones sociales de los estudiantes y en su desempeño cognitivo, lo que repercute directamente en su rendimiento académico. Las instituciones juegan un rol importante para la detección de diversas áreas de riesgo en lo estudiantes, que afectan indudablemente en su trayectoria escolar, así como pueden generar la posibilidad de fungir como red de apoyo y de la implementación de estrategias de prevención de las mismas. Este estudio busca identificar los niveles de ansiedad en estudiantes universitarios de nuevo ingreso durante la crisis sanitaria global y en los años posteriores (2021-2023), para comparar su evolución y determinar las necesidades de intervención en la población estudiantil.

ANTECEDENTES. Si consideramos todos los factores mencionados anteriormente, es comprensible sospechar que los niveles de ansiedad en los alumnos de nuevo ingreso se vieron significativamente incrementados durante la coyuntura sanitaria global. Esto se observa en algunos estudios realizados con el objetivo de medir los niveles de esta respuesta emocional durante la pandemia. Bautista et al. (2023) en su estudio realizado en universitarios del noroeste de México, encontró que el 38.4% de los estudiantes presentaban niveles moderados, y el 36.5% severos. Dentro de los motivos encontrados por los que estos estudiantes estuvieron más expuestos a altos niveles se encuentra pensar que la suspensión de clases presenciales afectaría su educación. En otro estudio desarrollado en Colombia con jóvenes de 16 a 18 años, se detectó que el 37% de los varones presentó puntuaciones muy altas, y el 45% puntuaciones altas; por otro lado, en el caso de las mujeres, el 27% obtuvo puntuaciones muy altas y el 39% puntuaciones altas (García y Trujillo, 2022). Esto subraya el impacto psicológico que la crisis de salud pública y los cambios sociales en el entorno educativo tuvieron en los estudiantes, impactando en el proceso de adaptación a una nueva etapa en su vida. Además, la dificultad para equilibrar las responsabilidades académicas y personales en un contexto de confinamiento pudo exacerbar estos efectos, afectando la calidad del aprendizaje de muchos estudiantes. Y aunque al finalizar la cuarentena las restricciones pueden haber disminuido, las secuelas emocionales y psicológicas persisten. Situaciones como el duelo por seres queridos, problemas socioeconómicos y la reintegración social pueden ser abrumadoras e intensificar la emoción en lugar de aliviarla. Un estudio llevado a cabo por Arévalo et al. (2024) con el objetivo de determinar el nivel de ansiedad en estudiantes de medicina de la universidad de Puebla por el regreso a clases presenciales después del aislamiento social, mostró que el 78% de los estudiantes tuvieron algún grado de ansiedad, y de ellos el 48.3% presentaron síntomas moderados a graves. A pesar de que la cuarentena ha terminado, existen

repercusiones. La pandemia y la transición a la vida universitaria generaron un entorno que intensificó los trastornos de salud mental en los estudiantes de nuevo ingreso. Los desafíos académicos, combinados con el aislamiento social y la incertidumbre, elevaron los niveles de esa respuesta emocional, afectando tanto su bienestar emocional como su rendimiento académico. A pesar del fin del confinamiento, las secuelas psicológicas persisten, confirmando la importancia de abordar estos problemas de salud mental.

OBJETIVO. Identificar el nivel de ansiedad en la pandemia y post pandemia en estudiantes de nuevo ingreso a la universidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un estudio de tipo cuantitativo, no experimental, descriptivo y de corte transversal.
Participantes. Se incluyó a los estudiantes de nuevo ingreso de la Facultad de Psicología de la UMSNH de los años 2021, 2022 y 2023, dando un total de 1480 universitarios, siendo una muestra no probabilística por conveniencia.
Instrumentos. Para medir los niveles de ansiedad se utilizó la Escala de Ansiedad de Beck (BAI), que consta de 21 ítems evaluados a través de una escala tipo Likert. Esta herramienta clasifica los niveles de ansiedad en mínima, leve, moderada y severa. Un estudio llevado a cabo por Tafoya et al. (2006), evaluó la validez y confiabilidad del Inventario de Ansiedad de Beck (BAI) en estudiantes de la UNAM que solicitaron atención psiquiátrica entre agosto de 2000 y abril de 2001. Los resultados de su estudio confirmaron que el BAI es un instrumento válido y confiable para detectar síntomas de ansiedad en esta población, destacándose por su brevedad y por la facilidad de auto aplicación.
Asimismo, se aplicó un Cuestionario de Información Personal (CIP) compuesto por 60 preguntas autoadministradas, con el objetivo de recopilar los datos sociodemográficos de la población.
Procedimiento. Los datos fueron recolectados mediante dos formularios de Google Forms, en los que se transcribió la Escala de Ansiedad de Beck y el Cuestionario de Información Personal. Se calificó la Escala de Ansiedad de Beck (BAI) siguiendo las directrices del instrumento. Posteriormente, se calcularon los porcentajes correspondientes a cada año, basados en los resultados individuales de los estudiantes participantes, para realizar una comparación entre los diferentes periodos.
Aspectos éticos. Previo a la aplicación, se le dio a cada estudiante un consentimiento informado garantizando la confidencialidad de la información. Además, el acceso a los datos recolectados se limitó exclusivamente al equipo de investigación autorizado.

RESULTADOS. Los resultados permiten medir la evolución de los niveles de ansiedad en el periodo de pandemia y postpandemia. En la Fig. 1 se presenta la gráfica de los resultados obtenidos cada año, de acuerdo con los niveles de ansiedad que evalúa la escala BAI. Los datos son los siguientes:

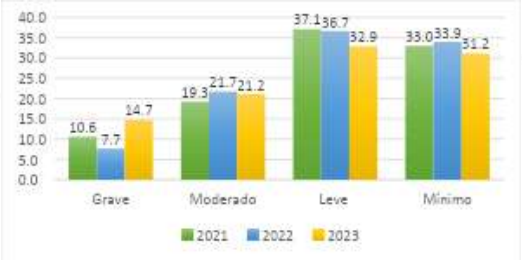


Figura 1. *Ansiedad en pandemia y postpandemia*

En el año 2021, el 10.6% de la población presentó ansiedad grave, cifra que disminuyó al 7.7% en 2022, pero que volvió a aumentar al 14.7% en 2023. En cuanto al nivel moderado, el 19.3% de los estudiantes la experimentaron en 2021, el 21.7% en 2022, y el 21.2% en 2023. Con respecto a la ansiedad leve se observó en el 37.1% de los participantes en el 2021, el 36.7% en 2022, y el 32.9% en 2023. Finalmente, el nivel mínimo se mantuvo relativamente constante, con un 33% en 2021, el 33.9% en 2022, y el 31.2% en 2023.

CONCLUSIONES. La pandemia fue una crisis global que afectó a la población en múltiples aspectos de sus vidas. Uno de ellos fue el ámbito académico, lo que generó altos niveles de ansiedad en los estudiantes a medida que enfrentaban las incertidumbres del confinamiento y los desafíos del ingreso a la universidad. Los datos obtenidos en este estudio revelan que, aunque la ansiedad en los estudiantes disminuyó tras el final de la pandemia, en 2023 los niveles han vuelto a aumentar, superando incluso los registrados durante el confinamiento. Esto destaca la necesidad de continuar abordando este trastorno, a pesar de que el confinamiento haya terminado. Para evitar consecuencias negativas a largo plazo en la salud mental y el rendimiento académico, es fundamental que las instituciones educativas implementen programas de intervención que promuevan un bienestar psicológico, reconociendo que la pandemia ha dejado secuelas emocionales profundas que aún afectan a los estudiantes.

REFERENCIAS.

1. Arévalo, M., Acevedo, M., Velasco, M., Cortés, J., Martínez, M., Rosales, S. y Rosales, L. (2024). Síntomas de ansiedad en estudiantes de medicina ante el regreso a clases presenciales postpandemia. Revista Investigación en educación médica, 13(49), pp. 30-39. https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2024.49.23586
2. Bautista, A., Quintana, M., Vázquez, M. y González, D. (2023). Ansiedad, estrés y calidad de sueño asociados a COVID-19 en universitarios del noreste de México. Horizonte Sanitario, 22(2), pp. 305-316. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74592023000200305&script=sci_abstract&tlng=en
3. Díaz, I. (2019). Ansiedad: Revisión y delimitación conceptual. Revista Summa. Psicológica UST, 16(1), 42-50. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7009167.pdf
4. García, M., Trujillo, A. (2022). Niveles de ansiedad durante el confinamiento obligatorio por covid-19, en estudiantes de una Universidad Estatal del Caribe colombiano. Psicogente, 25(47), pp. 1-22. https://doi.org/10.17081/psico.25.47.4421
5. Gavilanes, F. R. & Supe, R. V., (2023). Ansiedad y calidad de vida en estudiantes universitarios. LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales y Humanidades, 4(2), 2522–2530. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.774
6. Real Academia Española. (s.f.). Pandemia. En Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.7 en línea]. Recuperado el 20 de agosto, 2024, de https://dle.rae.es/pandemia
7. Tafoya, S., Gómez, G., Ortega, H. & Ortíz, S. (2006). Inventario de Ansiedad de Beck (BAI): validez y confiabilidad en estudiantes que solicitan atención psiquiátrica en la UNAM. Psiquis, 15(3), pp. 82-87. https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=47543
8. Zaragoza, C. (27 de febrero de 2021). Línea del Tiempo COVID-19 [Conferencia de prensa]. Informe diario sobre coronavirus COVID-19 en México, Secretaría de Salud, Palacio Nacional, México. https://www.youtube.com/watch?v=ibHzJxNngNw

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 4. Ciencias Sociales y Humanidades

Octubre, 2024
ID: CV0424110

COMPETENCIA DIGITAL: FACTOR INDISPENSABLE EN LA FORMACIÓN EN UN PROGRAMA DE ESTUDIOS EN LÍNEA

Karina Cortés Melchor[1], Marisol Morales Rodríguez[2], María Elena Flores Villavicencio[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; karina.cortes@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Marisol.morales@umich.mx
3Universidad de Guadalajara, Centro Universitario en Ciencias de la Salud; maria.fvillavicencio@academicos.udg.mx

Palabras Clave: TIC, Recursos Tecnológicos, Habilidades, Universitarios.

RESUMEN. Introducción. La integración de las tecnologías en la formación de los estudiantes favorece el desarrollo integral de los mismos, brindando capacidad para enfrentar los desafíos y oportunidades que ofrece la era digital, además de ser un elemento imprescindible dentro de los programas educativos a distancia. En ese sentido, las Instituciones de Educación Superior (IES) que oferten este tipo de programas deben tener la capacidad para realizar de forma oportuna la evaluación de competencias digitales en su comunidad estudiantil, puesto que de esa manera se garantiza una mejor adaptación a los entornos virtuales y, por ende, en su proceso de aprendizaje. Objetivo. Describir la competencia digital en estudiantes que cursan la carrera de Psicología en modalidad en línea dentro de la Facultad de Psicología de la UMSNH. Metodología. La presente investigación estuvo basada en una metodología cuantitativa, con un alcance descriptivo, un diseño no experimental y de corte longitudinal. El muestreo fue probabilístico y la muestra fue conformada por 191 universitarios. Para la obtención de los datos se aplicó un cuestionario elaborado por la coordinación. Resultados. Los resultados muestran que más del 50% de los estudiantes poseen habilidades digitales en un nivel intermedio, es decir, conocen, utilizan y generan recursos en plataformas como YouTube, Facebook, Moodle, además de utilizar Word, PowerPoint y Excel. Esto indica que están familiarizados con el uso de tecnologías digitales como computadoras, dispositivos móviles y aplicaciones en línea, sin embargo, algunos presentan cierto grado de dificultad para realizar tareas digitales con autonomía. Conclusiones. Si bien, los indicadores del instrumento aplicado muestran un nivel aceptable se hace necesario realizar una evaluación más amplia que confirme estos datos, ya que se ha observado que a pesar de que manejan algunas plataformas y herramientas digitales, con frecuencia cuando lo hacen con fines académicos llegan a tener dificultes, situación que tienen un impacto en el rezago educativo y la reprobación.

INTRODUCCIÓN. La Competencia Digital (CD) es uno de los factores indispensables en el siglo XXI, por lo que se ha convertido en uno de los principales retos para la Educación. En ese sentido, las universidades son un espacio donde se pueden afianzar los conocimientos en el manejo y la utilidad de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC), sobre la línea de trabajo que posteriormente desarrollarán los estudiantes desde su campo, además, es el lugar responsable de supervisar y brindar capacitación al personal docente

para hacer uso de estrategias que faciliten los procesos de enseñanza y aprendizaje (Lázaro et al., 2018).

Siguiendo esta línea, en la actualidad se han creado programas educativos en línea en respuesta a una necesidad emergente por parte de un sector estudiantil vulnerable: madres y padres de familia que desean continuar su formación; personas que requieren realizar de forma simultánea sus estudios y actividades laborales; aquellos que presentan limitaciones geográficas o necesidades especiales; adultos que buscan una educación continua, entre otros. Estos programas virtuales permiten el acceso más amplio y flexible a la educación, sin embargo, uno de los desafíos a los que se enfrentan los estudiantes en línea es desarrollar la competencia digital para navegar eficazmente en los sistemas o plataformas institucionales de aprendizaje (Revilla, 2017).

Si bien, una parte de esta población son nativos digitales, es decir, están familiarizados con el uso de las tecnologías con fines recreativos, la aplicación de estas habilidades centradas en contextos educativos les representa un desafío, sumado a que un porcentaje significativo tiene una brecha generacional alta. Lo anterior ha contribuido a las deficiencias del sistema educativo mexicano y ha generado inseguridad entre los usuarios. Sin embargo, la digitalización facilita y ayuda a docentes y alumnos a ser más competentes, no solo en el ámbito laboral o escolar, sino también en otras áreas de su vida.

Pero, ¿qué son estas competencias digitales? Su concepto varía según el enfoque de investigación, pero desde una perspectiva educativa, se considera como

el uso crítico y seguro de las Tecnologías de la Sociedad de la Información para el trabajo y el tiempo libre, apoyándose en habilidades como el uso de computadoras para recuperar, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información, así como para comunicarse y participar en redes colaborativas en Internet (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2006).

En otras palabras, la competencia digital actúa como un facilitador en la acción educativa y debe entenderse como el resultado práctico de los procesos de alfabetización digital (Lévano et al., 2019). En general, incluye cinco áreas:

Información y datos
Comunicación y colaboración
Creación de contenido digital
Seguridad
Resolución de problemas (Carretero et al., 2017; como se cita en Marín, 2017).

Además, la incorporación de la tecnología en la educación no debe verse como un fin en sí mismo, sino como un medio para lograr los objetivos educativos, basado en los aprendizajes cognitivos que esta genera (Almeida-Aguilar et al., 2017). Por tanto, la pregunta central de esta investigación es: ¿cómo es la competencia digital de estudiantes de la Licenciatura en Psicología en Línea de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo?

ANTECEDENTES. A lo largo de la historia se han desarrollado investigaciones respecto a la competencia digital en la universidad, entre ellas se encuentran las siguientes: Léon et al. (2022) encontraron que dicha competencia en los universitarios se ubica en niveles intermedios; mientras que Chiecher (2020) menciona que los estudiantes de ingenierías son quienes presentan mayor dominio en cuestiones tecnológicas; y finalmente, Rentería (2021) señala que las competencias en los universitarios son intermedias o bajas.

OBJETIVO. Describir la competencia digital en estudiantes de la Licenciatura en Psicología en Línea de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Conocer las características sociodemográficas de los participantes. Explorar las competencias digitales de los universitarios.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Diseño y tipo de investigación. El estudio estuvo basado en una metodología cuantitativa con un alcance descriptivo, un diseño no experimental y corte longitudinal.
Participantes y tipo de muestro. Para la recolección de los datos se aplicó un muestreo no probabilístico, seleccionado por conveniencia. Los participantes fueron 191 aspirantes a la Licenciatura en Psicología Línea de la UMSNH, los cuales pertenecen a la segunda y tercera generación del programa.
Técnicas e instrumentos para la recolección de datos. Para la obtención de los datos se aplicó un cuestionario elaborado por la coordinación, el cual estuvo conformado por 35 preguntas.
Procedimiento. En primera instancia, se realizó un análisis de los estudios previos, posteriormente se elaboró el protocolo de investigación. En segunda instancia, se realizó la aplicación del cuestionario. En tercera instancia, una vez recopilados los datos se realizó el análisis descriptivo e inferencial a través del Programa SPSS, versión 21.

RESULTADOS. En la actualidad la investigación se encuentra en el análisis de los datos, no obstante, se presentan un avance sobre los principales hallazgos. En Tabla 1 se observa que 151 de los aspirantes son hombres y el resto mujeres, los cuales tienen una edad entre 15 a 60 años, además 123 tienen experiencia de aprendizaje en línea (Tabla 1).

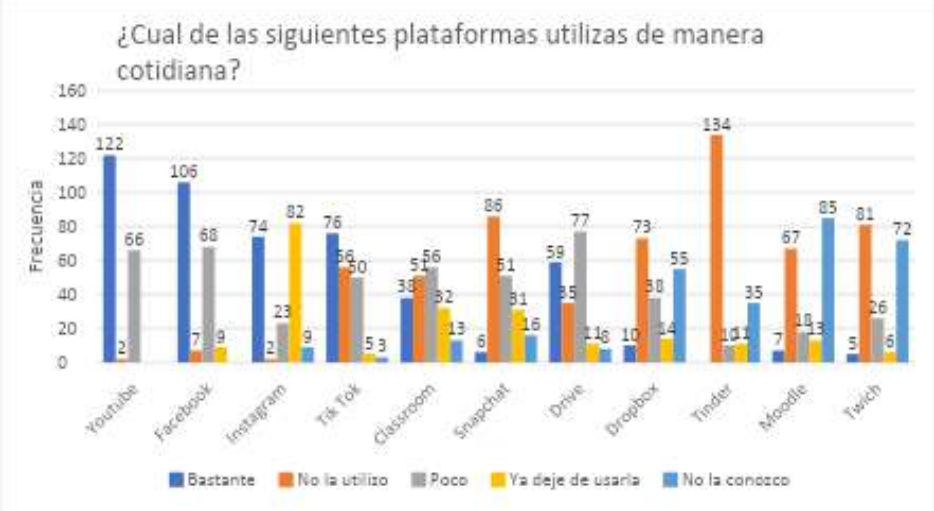
Descriptivos **Variable**	**f**
Edad	
De 15 a 17 años	9
De 18 a 20 años	39
De 21 a 25 años	34
De 26 a 30 años	33
De 31 a 40 años	42
De 41 a 50 años	26
De 51 a 60 años	5
Sexo	
Hombre	39
Mujer	151
Experiencia en el aprendizaje en línea	
No	67
Si	123

Tabla 1. *Datos sociodemográficos de los participantes.*

En la Figura 1 se identifican que 170 estudiantes utilizan WORD, 144 PowerPoint, 105 Excel, entre otros.



Mientras que en la Figura 2 se obtuvo información sobre las principales plataformas que utiliza el aspirante, entre ellas YouTube, Facebook, entre otras.



CONCLUSIONES. La competencia digital es crucial para los estudiantes en línea debido a su impacto directo en la efectividad y el éxito del aprendizaje en entornos virtuales, por tanto, no solo facilita la navegación y el uso de herramientas educativas, sino que también mejora su capacidad para resolver problemas, garantizar la seguridad en el manejo de datos y crear contenido digital relevante. Esta competencia es fundamental para maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles, mantener una participación activa y productiva en el curso, y adaptarse a las demandas tecnológicas del entorno académico y profesional. En conclusión, los programas educativos que se brindan bajo la modalidad en línea requieren que los usuarios puedan navegar por las plataformas de trabajo establecidas, y para ello es necesario contar con ciertos conocimientos, habilidades y competencias que faciliten su trayectoria académica.

REFERENCIAS.

1. Almeida-Aguilar, M. A., Jerónimo, R. Y., Arceo, G., & Morcillo, F. A. (2017). Una nueva ecología del aprendizaje: Los PLE, como propuesta para el desarrollo de habilidades digitales en la asignatura de Informática Educativa. Revista de Docencia e Investigación Educativa, 3(9), 62-75. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Docencia_e_Investigacion_Educativa/vol3num9/Revista_de_Docencia_e_Investigacion_Educativa_V3_N9.pdf
2. Chiecher, A. C. (2020). Competencias digitales en estudiantes de nivel medio y universitario. ¿Homogéneas o heterogéneas? Praxis Educativa, 24(2), 1-14. https://www.redalyc.org/journal/1531/153163488008/html/
3. Chomsky, N. (1985). Reflexiones sobre el lenguaje. Planeta-Agostini.

4. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (2006). Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las Competencias Clave para el Aprendizaje Permanente. http://eurlex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=E
5. Lázaro-Cantabrana, J. L., Gisbert-Cervera, M., & Silva-Quiroz, J. E. (2018). Una rúbrica para evaluar la competencia digital del profesor universitario en el contexto latinoamericano. Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 1(63), 1-14. https://doi.org/10.21556/edutec.2018.63.1091
6. León, I. A., Contreras, C. R., & León, G. A. (2022). Competencia digital en estudiantes universitarios: conductas en la comunicación y creación de contenido en espacios virtuales. Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa, (82), 45-58. https://doi.org/10.21556/edutec.2022.82.2639
7. Lévano-Francia, L., Sánchez, S., Guillén-Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Paico, N., & Collantes-Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación. Propósitos y Representaciones, 7(2), 569-588. https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.329
8. Marín, R. (2017). Diseño y evaluación de un instrumento de la competencia digital docente [Tesis Doctoral, Universidad de Islas Baleares]. Repositorio Institucional UIB. https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/148469
9. Rentería, H. J. (2021). Competencias digitales en estudiantes universitarios en Ecuador. Pol. Con. 6(11), 788-807. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8219369.pdf
10. Revilla, F. (2017). Las TIC y su aplicación a la enseñanza de la Historia. Revista Diacrónica, 6(4), 89-100. https://www.researchgate.net/publicat

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas
Mesa 5. Ciencias Médicas, Biomedicina y salud

Octubre, 2024
ID: CV0524102

COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD EEG EN LA BANDA THETA DURANTE EL APRENDIZAJE INTENCIONAL Y RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN VISUOESPACIAL EN ADULTOS SANOS DESCENDIENTES DE PADRES CON ENFERMEDAD DE ALZHEIMER Y NO DESCENDIENTES

Mariana Lizeth Junco Muñoz[1,3]; Victor Alfonso Sánchez Quintana[2]; Cecilia Guadalupe Sotelo Reyes[2] ;Claudia Guadalupe Alvarez Huante[3] ;José Miguel Cervantes Alfaro[2] ;María Esther Olvera Cortés[3]

1 Doctorado en Ciencias Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México. mariana.junco@umich.mx

2División de Estudios de Posgrado Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Neurociencias. miguel.cervantes@umich.mx

3Centro de Investigación Biomédica de Michoacán, Instituto Mexicano del Seguro Social, Laboratorio de Neurofisiología Experimental. maesolco@yahoo.com

Palabras Clave: memoria visoespacial, actividad electroencefalográfica Theta, deterioro cognitivo, Enfermedad de Alzheimer.

RESUMEN. La Enfermedad de Alzheimer (EA) es un trastorno neurodegenerativo progresivo e irreversible marcado por el deterioro cognoscitivo y conductual. Se ha descrito que los descendientes de pacientes con EA pueden presentar indicadores tempranos del deterioro de procesos cognoscitivos como la memoria visoespacial. Se propone que la potencia absoluta de actividad EEG en Theta (4-8 Hz) es importante para el aprendizaje y recuerdo. Objetivo: es el análisis comparativo de la potencia fronto-temporal durante el aprendizaje intencional y recuperación de la información visoespacial en adultos sanos descendientes de pacientes con EA y no descendientes. Método: se realizó un estudio de tipo transversal, comparativo y observacional. Participaron adultos sanos con puntaje >26 en el Test-MOCA (Grupo1 n: 17 y Grupo2 n: 14). Se extrajo la actividad EEG durante una prueba de evaluación-visoespacial (sistema10-20) y se analizó la potencia absoluta de 4-8Hz. Resultado: durante la etapa de aprendizaje (codificación) intencional Fp2(t=2.052;p=0.055),F4(t=2.095;p=0.051),F8(t=2.185; p=0.042) y durante la etapa de recuperación (memoria) FP1(t=3.385; p=0.002), FP2 (t=2.265; p=0.031), F3(t= 3.885; p< 0.001), F4 (t=2.945;p=0.006), F7(t=3.163;p 0.004), F8(t=2.037;p 0.051), T3(t=2.425;p=0.022), T5(t= 2.573;p=0.015), P3 (t=3.494;p=0.002) se observa menor actividad Theta en descendientes de pacientes con EA, especialmente durante la fase de recuperación de la información Conclusiones: Estos resultados sugieren alteraciones en los circuitos de memoria visoespacial en sujetos con antecedentes familiares de EA, lo que podría contribuir a la detección oportuna de deterioro cognitivo en este grupo de riesgo.

INTRODUCCIÓN. La Enfermedad de Alzheimer (EA) es una patología neurodegenerativo progresiva e irreversible con un periodo preclínico largo y un curso paulatino que se caracteriza por un deterioro cognoscitivo y conductual. Es la causa más común de

demencia y afecta significativamente la memoria y otras funciones cognitivas esenciales, lo que compromete la independencia del paciente. Investigaciones recientes sugieren que los descendientes de pacientes con EA pueden presentar indicadores tempranos del deterioro cognoscitivo que incluyen a la memoria visoespacial (Cope, Z et al. 2022). La búsqueda de un diagnóstico diferencial en estadios pre-clínicos requiere técnicas que contemplen parámetros fisiológicos, morfológicos y conductuales, ya que actualmente se realiza en primera instancia con parámetros clínicos, esto es cuando la propia persona o relaciones cercanas manifiestan una alteración en las funciones cognitivas o motoras, siendo la observación y entrevista las técnica más utilizada como primera aproximación al padecimiento. Además, se sabe que en personas afectadas por la EA ocurren cambios en el EEG, desde etapas tempranas de la enfermedad, como variaciones en los valores de potencia absoluta de la actividad Theta, que posiblemente correspondan a la expresión del funcionamiento de las estructuras cerebrales involucradas en las funciones cognoscitivas, de manera diferente a la de los individuos no descendientes de pacientes con EA (Musaeus, et al., 2018).

ANTECEDENTES. La memoria es un proceso complejo que involucra la codificación, almacenamiento y recuperación de información; en la cual participan estructuras del sistema nervioso central entre las que destacan la corteza prefrontal, la región temporal medial, grupos colinérgicos del prosencéfalo basal, hipocampo etc. Y se propone que variaciones en la integridad de estas redes neuronales genera fallos, ya sea durante la adquisición de la información o el recuerdo, entre os distintos tipos de memoria la información de tipo episódico visoespacial es particularmente vulnerable al deterioro asociado a la edad asociado con factores de salud. Una patología de la memoria es la demencia, descrito como un síndrome clínico caracterizado por un deterioro cognitivo progresivo, que en etapas avanzadas llega a impedir el funcionamiento autónomo a nivel personal y social del individuo, dicho síndrome se presenta en padecimientos como la Enfermedad de Alzheimer y se ha relacionado con otros padecimientos como la hipertensión (López-Vázquez et al., 2024). Las modificaciones del funcionamiento y/o estructura del cerebro se propone comenzaron a cambiar hasta 20 años antes de presentar los síntomas clínicos evidentes como los olivos que ya interfieren en la calidad de vida y autonomía de quien la padece, por ello estos pacientes tienen un diagnóstico en una etapa tardía de la enfermedad. En pacientes con EA el diagnóstico definitivo y certero del padecimiento se basa en el análisis post-mortem del cerebro (Cope, Z et al. 2022). La técnica de registro EEG y su análisis permiten una aproximación a parámetros fisiológicos en las condiciones del funcionamiento cognitivo que posibilita localizar y diferenciar redes de estructuras cerebrales involucradas en la memoria, es un enfoque en desarrollo prometedor para la detección de marcadores tempranos relacionados con la disfunción neurológica que compromete la integridad de las funciones cognitiva. Ya que, los valores de potencia absoluta de la actividad theta están relacionadas con el proceso de adquisición y recuperación de la información durante el aprendizaje y recuerdo, estos pueden ser indicadoras de los mecanismos eléctricos cerebrales involucrados en dichas funciones cognoscitivas (López-Loeza E., et al., 2016; Musaeus, et al., 2018; Junco-Muñoz M., et al., 2024).

OBJETIVO. El objetivo del estudio es comparar la potencia absoluta de la actividad Electroencefalográfica (EEG) en la banda Theta (4-8 Hz) durante las etapas de aprendizaje

intencional y recuperación de la información visoespacial en adultos sanos. Se analiza la actividad en regiones fronto-temporales en ambos hemisferios cerebrales en dos grupos de participantes adultos sanos, descendientes de pacientes con enfermedad de Alzheimer y no descendientes, para identificar diferencias en los patrones de actividad cerebral asociados con el procesamiento de la memoria visoespacial.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se obtuvo una muestra total (N) de 31 adultos mayores de 25 años, voluntarios, sanos, descendientes de pacientes con Enfermedad de Alzheimer (Grupo 1-n: 17 adultos) y en voluntarios sanos no descendientes de pacientes con Enfermedad de Alzheimer (Grupo 2-n: 14 adultos) que cumplan con los criterios de inclusión; sin alteraciones neurológicas, participantes que obtuvieron puntuaciones >26 en la prueba Montreal Cognitive Assessment (MoCA) que mide la integridad del coeficiente intelectual, atención, memoria y lenguaje, inteligencia visoespacial, se aplicó el test de Matrices progresivas RAVEN para valorar CI visoespacial aceptando participantes con puntaciones en el rango normal aceptado por el test (>50), se descartó síntomas que aludan a depresión con la prueba estandarizada Beck y acepten participar en el estudio mediante consentimiento informado. El estudio se realizó siguiendo los lineamientos y la normatividad en materia de Bioética vigentes. Se obtuvieron registros continuos de actividad EGG simultáneos a la realización de la prueba visoespacial (Junco-Muñoz M., et al., 2024), en las derivaciones FP1,FP2,F3,F4,F7,F8,T3,T4,T5,T6,P3 y P4 de acuerdo a sistema internacional 10-20. Para el registro EEG se utiliza un amplificador GRASS con una derivación monopolar a las referencias unidas A1 y A2, filtros pasa-banda de 1 a 100 Hz, con filtro de rechazo de 60 Hz, se emplea un ancho de banda de 4 a 12 Hz. Todas las señales serán digitalizadas a una frecuencia de muestreo de 1024 Hz y almacenadas para su posterior análisis analógico y cuantitativo. Se analizó la diferencia entre grupos mediante t-student para grupos independientes, valores <0.05 se conocieran estadísticamente significativos.

RESULTADOS. La muestra final consistió en 31 participantes (21 mujeres, 10 hombres), con una edad media de 59.9 años (± 8.045) y una media de 13.5 años de escolaridad (± 4.24). Nueve participantes fueron excluidos del análisis debido a criterios de inclusión. Se observó una menor potencia absoluta de la banda Theta en el grupo de descendientes de pacientes con Enfermedad de Alzheimer en comparación con los no descendientes. Durante la fase de aprendizaje visoespacial (Tabla 1)**:** las derivaciones Fp2 (t=2.052; p=0.055**),** F4 (t=2.095; p=0.051) y F8 (t=2.185; p=0.042) mostraron diferencias significativas en la actividad Theta entre los dos grupos (fig. 1). En la fase de recuperación de información (Tabla 2): Se encontraron mayores diferencias en las derivaciones FP1 (t=3.385; p=0.002), FP2 (t=2.265; p=0.031), F3 (t=3.885; p<0.001), F4 (t=2.945; p=0.006), F7 (t=3.163; p=0.004), T3 (t=2.425; p=0.022), T5 (t=2.573; p=0.015), y P3 (t=3.494; p=0.002), donde los no descendientes mostraron mayores valores de potencia Theta en comparación con los descendientes.

Aprendizaje

	t	df	p	VS-MPR*	Cohen's d	SE Cohen's d
FP1	1.933	18	0.069	1.992	0.864	0.487

FP2	**2.052**	**18**	**0.055**	**2.307**	**0.918**	**0.492**
F3	0.004	18	0.997	1.000	0.002	0.447
F4	**2.095**	**18**	**0.051**	**2.436**	**0.937**	**0.494**
F7	1.610	18	0.125	1.417	0.720	0.475
F8	**2.185**	**18**	**0.042**	**2.746**	**0.977**	**0.498**
T3	0.699	18	0.494	1.000	0.312	0.453
T4	1.283	18	0.216	1.112	0.574	0.465
T5	0.012	18	0.991	1.000	0.005	0.447
T6	1.127	18	0.275	1.036	0.504	0.461
P3	0.590	18	0.562	1.000	0.264	0.451
P4	0.919	18	0.370	1.000	0.411	0.457

***Tabla 1**: Comparación de la potencia absoluta durante el aprendizaje intencional de información visoespacial entre participantes sanos descendientes de padres con Enfermedad de Alzheimer y no descendentes. t: Valor del estadístico t-student; df: Grados de libertad; p: <.05 indica si las diferencias observadas son estadísticamente significativas; Cohen's d: Tamaño del efecto, que mide la magnitud de la diferencia; SE Cohen's d: Error estándar asociado con el tamaño del efecto, * Relación p máxima de Vovk-Sellke: basada en un valor p bilateral, la probabilidad máxima posible a favor de H_1 sobre H_0 es igual a 1/(-e p log(p)) para p ≤ .37 (Sellke, Bayarri, y Berger, 2001).*

[a] La prueba de Brown-Forsythe es significativa (p < 0,05), lo que sugiere una violación del supuesto de varianza igual

Recuerdo

	t	df	p		VS-MPR*	Cohen's d	SE Cohen's d
FP1	3.385	29	0.002		28.910	1.222	0.428
FP2	2.265	29	0.031		3.404	0.817	0.393
F3	3.885	29	< .001		89.594	1.402	0.448
F4	2.945	29	0.006		11.525	1.063	0.413
F7	3.163	29	0.004		17.958	1.141	0.420
F8	2.037	29	0.051		2.427	0.735	0.387
T3	2.425	29	0.022		4.417	0.875	0.397
T4	1.506	29	0.143		1.323	0.543	0.375
T5	2.573	29	0.015	[a]	5.701	0.928	0.401
T6	1.596	29	0.121	[a]	1.438	0.576	0.377

P3	3.494	29	0.002	36.711	1.261	0.432
P4	3.558	29	0.001	42.364	1.284	0.435

Tabla 2: *Comparación de la potencia absoluta durante el recuerdo de información visoespacial entre participantes sanos descendientes de padres con Enfermedad de Alzheimer y no descendentes. t: Valor del estadístico t-student; df: Grados de libertad; p: <.05 indica si las diferencias observadas son estadísticamente significativas; Cohen's d: Tamaño del efecto, que mide la magnitud de la diferencia; SE Cohen's d: Error estándar asociado con el tamaño del efecto, * Relación p máxima de Vovk-Sellke: basada en un valor p bilateral, la probabilidad máxima posible a favor de H_1 sobre H_0 es igual a 1/(-e p log(p)) para p ≤ .37 (Sellke, Bayarri, y Berger, 2001).*
[a] La prueba de Brown-Forsythe es significativa (p < 0,05), lo que sugiere una violación del supuesto de varianza igual

CONCLUSIONES. Encontramos que los hijos de pacientes con EA presentan menor actividad Theta durante el recuerdo y diferencias en el hemisferio derecho durante el aprendizaje en comparación con adultos no descendientes, sugiriendo diferencias en el procesamiento de los circuitos neuronales implicados en la memoria episódica visoespacial. Los resultados obtenidos destacan la utilidad de la técnica de Electroencefalograma (EEG) como herramienta accesible el sector salud público, a bajo costo y no invasiva para la cual brinda una resolución funcional entre circuitos corticales con respecto al tiempo, puede fungir como un paramento fisiológico para la detección oportuna del deterioro cognitivo. Futuros estudios deben ampliar el tamaño de la muestra y realizar un seguimiento longitudinal para evaluar la progresión de los cambios en la actividad EEG.

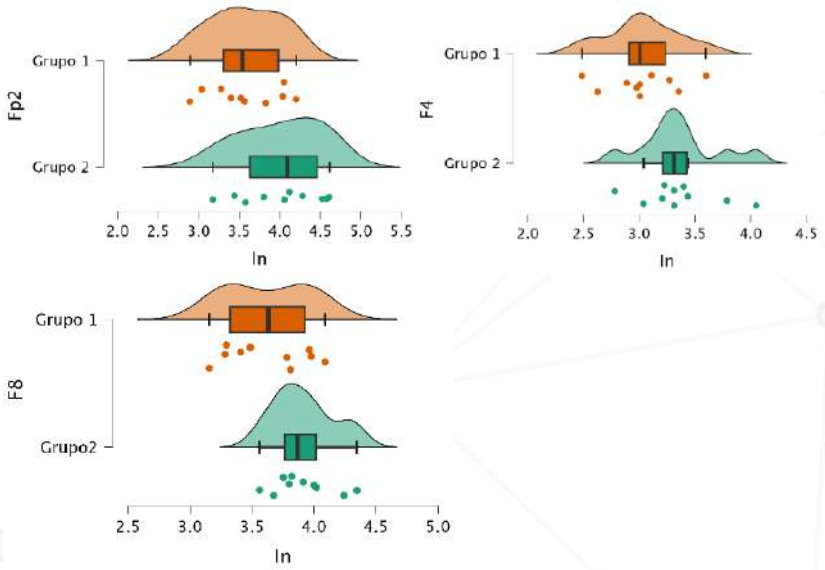


FIGURA 1: *Diferencia de la potencia absoluta en la banda Theta durante el recuerdo de información visoespacial en participantes sanos descendientes de padres con Enfermedad de Alzheimer (Grupo 1) y no descendentes (Grupo 2). Los puntos representan los datos individuales para cada, las cajas indican el rango intercuartílico. La diferencia entre los grupos es estadísticamente significativa (p < 0.05).*

REFERENCIAS.

1. Cope, Z. A., Murai, T., & Sukoff Rizzo, S. J. (2022). Emerging Electroencephalographic Biomarkers to Improve Preclinical to Clinical Translation in Alzheimer's Disease. Frontiers in Aging Neuroscience, 14. https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.805063
2. Junco-Muñoz, M.L.; MejíaRodríguez, O.; Cervantes-Alfaro, J.M.; Téllez-Anguiano, A.d.C.; LópezVázquez, M.Á.; Olvera-Cortés, M.E. Correlates of Theta and Gamma Activity during Visuospatial Incidental/Intentional Encoding and Retrieval Indicate Differences in Processing in Young and Elderly Healthy Participants. Brain Sci. 2024, 14, 786. https://doi.org/10.3390/ brainsci14080786
3. López-Loeza, E., Rangel-Argueta, A. R., López-Vázquez, M. Á., Cervantes, M., & Olvera-Cortés, M. E. (2016). Differences in EEG power in Young and mature healthy adults during an incidental/spatial learning task are related to age and execution efficiency. Age, 38(2), 37. https://doi.org/10.1007/s11357-016-9896-z
4. López-Vázquez, M. A., Varela-Montes, J., Serrano-Corral, M. L., Junco-Muñoz, M. L., & Olvera-Cortés, M. E. (2024). Interacción del tratamiento y el control de la presión en el deterioro de la memoria incidental visuoespacial en pacientes con hipertensión arterial sistémica. Archivos de cardiología de México, 94(1), 25-32.
5. Musaeus, C. S., Engedal, K., Høgh, P., Jelic, V., Mørup, M., Naik, M., Oeksengaard, A. R., Snaedal, J., Wahlund, L. O., Waldemar, G., & Andersen, B. B. (2018). EEG Theta Power Is an Early Marker of Cognitive Decline in Dementia due to Alzheimer's Disease. Journal of Alzheimer's disease : JAD, 64(4), 1359–1371. https://doi.org/10.3233/JAD-180300

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas **Octubre, 2024**
Mesa 7: Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CV0724101**

ACCIONES AFIRMATIVAS COMO CATALIZADORES DE LA IGUALDAD SUSTANTIVA: UN ANÁLISIS CRÍTICO

***Maribel Valdez Solis*[1], *Melissa Ceja Covarrubias*[2]**
1Universidad Virtual del Estado de Michoacán, mvaldez@univim.edu.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, covarrubias@outlook.cl

Palabras Clave: Igualdad sustantiva, derechos humanos, seguridad.

RESUMEN. A pesar de los avances legislativos y la implementación de acciones afirmativas en México para promover la igualdad de género, persisten brechas significativas entre hombres y mujeres en diversos ámbitos como el laboral, político y educativo. Aunque las acciones afirmativas se han utilizado como herramientas para acelerar el logro de la igualdad sustantiva, su efectividad y pertinencia continúan siendo objeto de debate. Es necesario evaluar críticamente el impacto real de estas medidas, considerando tanto sus logros como sus limitaciones, para determinar si están cumpliendo su propósito de catalizar la igualdad de género o si, por el contrario, podrían estar generando efectos no deseados o insuficientes. Este análisis es crucial para informar y mejorar las políticas públicas orientadas a alcanzar la igualdad sustantiva en México.

INTRODUCCIÓN. La igualdad sustantiva es un logro por alcanzar, un objetivo que engloba distintos esfuerzos gubernamentales en pro de eliminar las distintas brechas que impiden este mismo logro. Para poder materializarlo se requiere de muchos factores que responsabilizan a las autoridades, organismos que han sido creados, burocráticamente en el ejercicio de buenas prácticas que empujen a la sociedad en colaboración con estos mismos, tales como: el Instituto de la Mujer, Fiscalías especializadas en atención de víctimas de violencia, entre otras.
Así mismo, analizando en aristas que visibilizan del significado de la igualdad sustantiva nos vemos empujados a observar criterios, desmenuzar conceptos, encontrar definiciones. En primer momento, el Comité para la eliminación de la Discriminación contra la Mujer (ONU Mujeres, 2015), fue quien generó el concepto de igualdad sustantiva, en su Recomendación General N° 25 de 2004, hasta entonces, se habían usado conceptos como igualdad real, igualdad efectiva, igualdad de facto o igualdad de hecho y/o formales (Bareiro & Soto, 2015) para referirse a la concreción de las disposiciones legales sobre la igualdad entre hombres y mujeres, a la letra citamos lo expuesto en el párrafo 8:

"*En opinión del Comité, un enfoque jurídico o programático puramente formal, no es suficiente para lograr la igualdad de facto con el hombre, que el Comité interpreta como igualdad sustantiva. Además, la Convención requiere que la mujer tenga las mismas oportunidades desde un primer momento y que disponga de un entorno que le permita conseguir la igualdad de resultados. No es suficiente garantizar a la mujer un trato idéntico al del hombre. También deben tenerse en cuenta las diferencias biológicas que hay entre la mujer y el hombre y las diferencias que la sociedad y la cultura han creado. En ciertas*

circunstancias será necesario que haya un trato no idéntico de mujeres y hombres para equilibrar esas diferencias. El logro del objetivo de la igualdad sustantiva también exige una estrategia eficaz encaminada a corregir la representación insuficiente de la mujer y una redistribución de los recursos y el poder entre el hombre y la mujer".
Además, la Convención exige que las mujeres tengan igualdad de oportunidades desde el principio y que cuenten con un entorno que les permita lograr la igualdad de resultados. No basta con garantizar que las mujeres reciban el mismo trato que los hombres.
En el octavo párrafo, la Recomendación establece que deben tenerse en cuenta las diferencias biológicas que existen entre mujeres y hombres, pero también las diferencias creadas por la sociedad y la cultura. Por lo tanto, en determinadas circunstancias, es necesario un trato no idéntico entre mujeres y hombres para equilibrar esta situación. La igualdad sustantiva requiere estrategias efectivas destinadas a corregir la subrepresentación de las mujeres y la redistribución de recursos y poder entre hombres y niños. mujeres, señaló.
En el párrafo noveno, el Comité determina que la igualdad de resultados es la culminación lógica de la igualdad sustantiva o de facto; y que estos resultados pueden ser cuantitativos o cualitativos. Esto significa que las mujeres en diversos campos pueden disfrutar de derechos casi iguales a los de los hombres, tener el mismo nivel de ingresos, hay igualdad en la toma de decisiones y la influencia política y las mujeres viven libres de todo tipo de violencia.

ANTECEDENTES. Igualdad ante la Ley

El principio de igualdad está contenido en diversos artículos de la Constitución de diferentes formas, principalmente en el primer párrafo del artículo 1, se reconoce a todas las personas como iguales titulares de los derechos humanos reconocidos tanto en dicha Constitución como en los tratados internacionales, así como de las garantías. para la protección de tales derechos y, además, el tercer párrafo incluye una prohibición de discriminación. La igualdad formal (ante la ley y dentro de la ley) implica igualdad de trato. Sin embargo, debido a la diversidad y complejidad que existe en nuestra sociedad, brindar un trato igualitario es, para algunas personas, inadecuado e injusto (Navarro & Rosales, 2016); Por lo tanto, es necesario crear y justificar la posibilidad de brindar un trato diferente frente a diferentes supuestos fácticos, es decir, tratar "iguales con iguales y desiguales con desiguales", siempre que la diferencia o desigualdad sea relevante. Estamos hablando de lo que se llama igualdad real, sustancial o fáctica, razón de este texto. En tanto que el reconocimiento de que históricamente las mujeres han sido discriminadas es el punto de partida para la igualdad de género. Es necesario llevar a cabo acciones que eliminen la desigualdad histórica y reduzcan las diferencias entre mujeres y hombres. Estas acciones son fundamentales para establecer una verdadera igualdad de género. Es importante tener en cuenta que la desigualdad que experimentan las mujeres puede empeorar según la edad, la raza, la pertenencia étnica, la orientación sexual y el nivel socioeconómico. Partiendo de que, el logro de la igualdad sustantiva, sin embargo, implica que las mujeres tengan las mismas oportunidades, el mismo acceso a las oportunidades y un entorno propicio para lograr los mismos resultados. La igualdad sustantiva va más allá de las garantías jurídicas de igualdad de trato y de las investigaciones sobre el impacto de las intervenciones. Dentro del mismo tenor, las medidas a favor de las mujeres se encuentran avaladas por el hecho de que han sido víctimas de exclusión histórica, y han sufrido marginación laboral,

educativa, política y social. Esta es la justificación del trato diferente y favorable hacia ellas, el haber sido víctimas de discriminación sólo por el hecho de ser mujeres.

¿Qué es una acción afirmativa?

Denominemos lo que conocemos por una acción afirmativa en tanto a la legislación existente, por ejemplo, la Ley Federal para Prevenir la Discriminación nos explica:

"Artículo 15 Séptimus.- Las acciones afirmativas son las medidas especiales, específicas y de carácter temporal, a favor de personas o grupos en situación de discriminación, cuyo objetivo es corregir situaciones patentes de desigualdad en el disfrute o ejercicio de derechos y libertades, aplicables mientras subsistan dichas situaciones. Se adecuarán a la situación que quiera remediarse, deberán ser legítimas y respetar los principios de justicia y proporcionalidad".

La acción afirmativa implementada en México ha contribuido al avance hacia la igualdad de género en la política, el empleo y la educación; Sin embargo, su efectividad está limitada por factores estructurales y culturales, lo que destaca la necesidad de complementarlas con estrategias integrales que aborden las causas profundas de la desigualdad para lograr una igualdad sustantiva sostenible y de largo plazo. Ahora bien, Anna M. Fernández Poncela (Fernández Poncela, 2011) nos explica que las acciones afirmativas: "Pueden definirse como aquellas acciones cuyo objetivo es borrar o hacer desaparecer la discriminación existente en la actualidad o en el momento de su aplicación, corregir la pasada y evitar la futura, además de crear oportunidades para los sectores subordinados. Se trata de políticas concretas que sirven al objetivo más amplio de igualdad de oportunidades. Y son necesarias para vencer las resistencias al cambio, las dificultades, obstáculos y limitaciones que se levantan por doquier sembradas a diestra y siniestra en el largo y difícil camino hacia una igualdad de oportunidad verdadera". La institucionalización de una perspectiva de género es un proceso sistemático de integración de nuevos valores en las rutinas de trabajo de una organización, a través del cual las demandas de las mujeres por una igualdad sustantiva se incorporan a los procesos y procedimientos regulares, así como a las normas institucionales. Como resultado de esta incorporación formal de la perspectiva de género, se producen prácticas, normas y sanciones, mantenidas por la voluntad general de la sociedad, para promover la igualdad, combatir la violencia contra las mujeres y las niñas y contrarrestar las desventajas sociales asociadas al género genérico. La CEPAL (Chávez Toscano, 2020) nos brinda ejemplos a implementar para institucionalizar la perspectiva de género es necesario desarrollar diversas acciones, tales como:

- Formular políticas, leyes, normas y medidas de intervención específicas que permitan el logro de relaciones igualitarias.
- Desarrollar instrumentos técnicos y metodologías que sean capaces de incorporar perspectivas de género en la planificación, seguimiento y evaluación de programas.
- Sensibilizar y formar a funcionarios o personal de agencias en temas desde una perspectiva de género, para que puedan identificar asimetrías culturales, sociales, económicas y políticas entre mujeres y hombres y tomar las medidas adecuadas.
- Contar con recursos económicos adecuados para la planificación, implementación, seguimiento y evaluación de políticas institucionales para la igualdad entre mujeres y hombres.

Ejemplos de acción afirmativa para la igualdad sustantiva:

- Alerta de Violencia de Género
- Punto Naranja

Comenzando por la *Alerta de Violencia de Género*, nos remontamos a 1995, en donde la situación ocurrida en Ciudad Juárez, Chihuahua, despertó la atención mundial y obligó al

Estado mexicano a prestar atención a este asunto. El país fue declarado culpable por la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el caso de tres mujeres (Claudia González, Esmeralda Herrera y Laura Campos) que fueron encontradas muertas en 1995 en un terreno llamado Campo Algodonero en Ciudad Juárez. Se le impuso una sentencia por violar sus derechos humanos y por incumplir sus deberes de protección en relación a las tres víctimas y sus familias. Casos similares se han registrado desde 1993 (Damián Bernal, 2018). El artículo 23 de la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia establece que las tres órdenes de gobierno deben trabajar juntas para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra las mujeres. Se puede solicitar una alerta de violencia de género por parte de organismos internacionales de derechos humanos y organizaciones civiles. El propósito de la alerta (García-Flores, 2020) es *tomar medidas públicas rápidas para detener la violencia contra las mujeres* en un lugar específico, asegurar la seguridad de las mujeres y acabar con las desigualdades causadas por la legislación que viola sus derechos humanos.

¿Qué es el Punto Naranja?

El trabajo llevado a cabo por mujeres en Instituciones públicas que brinda un servicio integro, calculado e inteligentemente sistemático, es de apreciarse en Michoacán por ejemplo, este año el Instituto para la Mujer, dentro del programa municipal que incentiva y promueve la colaboración comunitaria para eliminar la desigualdad de género, a su vez la violencia contra la mujer, ha sido galardonada recientemente este año Naciones Unidas, por la creación de un espacio seguro, el cual reciben aquellas mujeres que hayan sido víctimas de violencia y acoso sexual comunitario. Dicho programa está siendo implementado en negocios, bibliotecas, escuelas, gasolineras, supermercados etcétera, los cuales están dotados con una guía informativa que seguirán para brindar apoyo, así como los números de emergencia para que puedan canalizar con las autoridades.

El Punto Naranja se basa en 3 pilares de acción:

- Compromiso de poner un alto a la violencia contra las mujeres y las niñas.
- Brindar el primer apoyo a las mujeres que han sido víctimas de violencia comunitaria.
- Promover la movilidad segura y el desarrollo igualitario de todas las personas.

Logrando que comercios y empresas se sumen a la campaña día con día y funjan como un lugar de apoyo para orientar y canalizar a mujeres en situación de violencia, siendo un vínculo con el Gobierno, esta es una de las acciones afirmativas que coadyuvan a cerrar las brechas que actualmente todavía existen, pero, que sin duda con estos pasos nos acercamos a por lo menor engrandecer los espacios seguros para mujeres y niñas en el Estado.

Objetivos específicos (Según INMujeres):

- Sensibilizar a las y los comerciantes en materia de prevención de la violencia comunitaria, y el derecho a la movilidad y tránsito seguro para las mujeres.
- Brindar capacitación e información impresa a los comercios para que cuenten con elementos de una canalización efectiva.
- Crear un compromiso entre Iniciativa Privada y Gobierno para prevenir, atender, sancionar y erradicar la violencia contra las mujeres y niñas (Reyes & Del Rocío, 2018)

OBJETIVO. Analizar críticamente la efectividad de las acciones afirmativas implementadas en México como catalizadores de la igualdad de género, evaluando su impacto en los

ámbitos político, laboral y educativo, para proponer mejoras o alternativas que contribuyan al logro de la igualdad sustantiva.

MATERIALES Y MÉTODOS. Este estudio empleó una metodología mixta, combinando análisis documental y revisión sistemática de literatura con datos cuantitativos de fuentes oficiales. Para el análisis documental, se examinaron leyes, políticas públicas y programas relacionados con acciones afirmativas e igualdad de género en México desde 2000 hasta 2024. Las fuentes incluyeron documentos del Instituto Nacional de las Mujeres, la Secretaría de Gobernación y organismos internacionales como ONU Mujeres. La revisión sistemática de literatura abarcó artículos académicos, informes gubernamentales y publicaciones de organizaciones de la sociedad civil sobre la implementación y efectividad de acciones afirmativas en México. Se utilizaron las bases de datos Scielo, Redalyc y Google Scholar, con términos de búsqueda como "acciones afirmativas México", "igualdad sustantiva" y "políticas de género". Los datos cuantitativos se obtuvieron de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Instituto Nacional Electoral (INE), incluyendo estadísticas sobre participación política, empleo y educación desagregadas por género.

RESULTADOS. El análisis reveló avances significativos en la implementación de acciones afirmativas en México, particularmente en el ámbito político. La paridad de género en candidaturas legislativas, establecida constitucionalmente en 2014, ha resultado en un aumento sustancial de la representación femenina en el Congreso. Según datos del INE, el porcentaje de mujeres en la Cámara de Diputados pasó del 37% en 2015 al 48% en 2021 (Instituto Nacional Electoral, 2021). En el ámbito laboral, las acciones afirmativas han tenido un impacto moderado. La brecha salarial de género se redujo del 16.5% en 2005 al 13.1% en 2020 (INEGI, 2021). Sin embargo, la segregación ocupacional persiste, con una subrepresentación de mujeres en puestos de liderazgo y sectores tradicionalmente masculinos. En educación, se observaron mejoras en el acceso y permanencia de las mujeres en todos los niveles educativos. La brecha de género en la matrícula universitaria se ha invertido, con las mujeres representando el 50.3% de los estudiantes de educación superior en 2020 (SEP 2021). No obstante, persisten disparidades en ciertas disciplinas, particularmente en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). La implementación de programas como la Alerta de Violencia de Género y el Punto Naranja ha mostrado resultados mixtos. Si bien han aumentado la visibilidad de la violencia de género y mejorado los mecanismos de respuesta, su efectividad varía significativamente entre estados y municipios.

CONCLUSIONES. Las acciones afirmativas han demostrado ser herramientas valiosas para promover la igualdad de género en México, particularmente en el ámbito político. Sin embargo, su efectividad varía según el sector y la forma de implementación. En política, las cuotas de género y la paridad han logrado aumentos significativos en la representación femenina, acercándose a la igualdad sustantiva en los órganos legislativos. No obstante, es necesario abordar las barreras culturales y estructurales que aún limitan la plena participación de las mujeres en la toma de decisiones. En el ámbito laboral y educativo, aunque se han logrado avances, las acciones afirmativas no han sido suficientes para eliminar completamente las brechas de género. Se requieren estrategias más integrales que aborden la discriminación sistémica y los estereotipos de género arraigados. La

implementación de programas como la Alerta de Violencia de Género y el Punto Naranja demuestra un compromiso institucional con la seguridad de las mujeres, pero su efectividad está limitada por desafíos en la coordinación interinstitucional y la asignación de recursos. Para lograr una igualdad sustantiva, es necesario complementar las acciones afirmativas con políticas que aborden las causas estructurales de la desigualdad, incluyendo cambios en normas sociales, educación en igualdad de género desde edades tempranas y medidas para conciliar la vida laboral y familiar. Futuras investigaciones deberían enfocarse en evaluar el impacto a largo plazo de las acciones afirmativas, identificar las mejores prácticas en su implementación y explorar enfoques innovadores para acelerar el progreso hacia la igualdad sustantiva en todos los ámbitos de la sociedad mexicana.

REFERENCIAS.

1. Chávez Toscano, I. A. (2020). Las acciones afirmativas como políticas públicas de igualdad de género en un estado constitucional de derechos. *Master's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Unidad de Posgrado, Maestria en Derecho Constitucional*.
2. (INE), Instituto Nacional Electoral. (2021). *Informe País 2020: El curso de la democracia en México. .* Ciudad de México: INE.
3. Bareiro, L. y. (2015). *La hora de la igualdad sustantiva: participación política de las mujeres en América Latina y el Caribe Hispano* . Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres -ONU Mujeres.
4. Damián Bernal, A. L. (2018). Feminicidios y políticas públicas: declaratorias de alertas de violencia de género en México, 2015-2017 . *Perspectiva geográfica*, 33-57.
5. Fernández Poncela, A. M. (2011). Las cuotas de género y la representación política femenina en México y América Latina . *Argumentos* , 247-274.
6. García-Flores, A. J. (2020). El mecanismo de alerta de violencia de género en México: ¿reminiscencia de un diseño normativo garantista? *Nova scientia*.
7. Geografía, I. N. (2021). *Mujeres y hombres en México 2020.* Aguascalientes: INEGI.
8. Gobierno de México. (s.f.). Ley Federal para Prevenir y Eliminar la Discriminación, (L.F.P.E.D.), Reforma [D.O.F.] 01-04-2024, 01 de abril de 2024, (México).
9. Gobierno de México. (s.f.). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
10. México, G. d. (2007). Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia.
11. Navarro, S. A. (2016). El derecho humano a la igualdad en la Constitución mexicana, algunas consideraciones . *Ciencia jurídica*, 137-154.
12. ONU Mujeres. (2015). *La igualdad de género. ONU para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres.* ONU.
13. Pública, S. d. (2021). *Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2020-2021.* Ciudad de México: SEP.
14. Reyes, L. &. (2018). *Redes comunitarias para erradicar la violencia de género contra las mujeres. Un análisis de su implementación a través del Consejo Estatal de la Mujer y Bienestar Social en el Estado de México.*

Eje 1. La investigación en las Ciencias Básicas **Octubre, 2024**
Mesa 7: Migración, Igualdad Sustantiva, Pueblos Indígenas, Inclusión **ID: CV0724102**

CONVICCION O CONSTITUCIONALIZACION, PARA GARANTIZAR LA ALTERNANCIA EN LOS PODERES EJECUTIVO Y JUDICIAL FEDERAL Y ESTATAL

José Padilla Alegre
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.alegre@umich.mx

Palabras Clave: Convencionalismo sociales, alternancia, poder ejecutivo, poder judicial.

RESUMEN. Desde el 2 de enero de 2023 la Suprema Corte de Justicia de la Nación tiene a una mujer como representante del Poder Judicial Federal y a partir del 1° de octubre de 2024 asumirá una mujer la titularidad del Poder Ejecutivo Federal, cabe señalar que en ambos casos sus antecesores fueron hombres; por lo que se impone una pregunta ¿el arribo de las féminas es porqué se trata de algo bien visto socialmente? O ¿Por qué se trata de una convicción en los operadores del sistema político jurídico mexicano? Y es que si, en el plano federal hay alternancia por primera vez en el ejecutivo, en los poderes de Michoacán no ocurre lo mismo, ya que el cambio en el ejecutivo en el 2021 fue de un hombre y caballero fue el que entrego poder; misma situación que sucedió en el poder judicial ya que un hombre le entrego a otro hombre la presidencia del Supremo Tribunal de Justicia del estado; lo que hace poner en duda la alternancia por convicción; toda vez que en el plano federal parece una estrategia política, y en Michoacán ni siquiera para eso les alcanza a los que deciden desde el centro del país quien sería su candidato, toda vez que en la entidad nunca ha habido una gobernadora, ni una presidenta del Supremo Tribunal de Justicia del Estado, por lo que aquí también se impone otra pregunta ¿será que debe estar regulada en la Constitución local la alternancia para que se cumpla? En nuestra entidad.

INTRODUCCIÓN. En este ejercicio de observación sociológica de la sociedad michoacana y de clase política, además de los ordenamientos relativos a la conformación de la forma de gobierno, el lector encontrara que pese a que en la Constitución federal y en la particular del estado se encuentra plasmada la igualdad de género, misma que en las leyes reglamentarias no se encuentra suficientemente garantizado el acceso al poder para las mujeres por su diseño legislativo, ya que solo está permitida la paridad para la contienda política electoral, lo que eventualmente permitirá el arribo a una representación de cargos de elección popular, pero no a la titularidad del ejecutivo y mucho menos a la paridad en el poder judicial y tampoco la alternancia en este último

ANTECEDENTES. El movimiento feminista es transversal y uno de sus ejes es el derecho al ejercicio de gobierno, entendido como la posibilidad de acceso de las mujeres a todos los cargos de la administración pública -ejecutivo, legislativo y judicial- en sus tres órdenes de gobierno. Para ello existen dos vías la legal y los convencionalismos sociales, respecto de la primera aún no llega a mandató constitucional, toda vez que apenas se encuentra en la legislación electoral y en los estatutos de los partidos políticos pero no en la norma

fundamental, el otro camino es lo socialmente correcto o esa conveniencia, estrategia o convicción en los partidos políticos de postular mujeres para cargos públicos porque es socialmente aceptado o en su caso designar mujeres en los cargos que no son de elección popular por el convencimiento de estar haciendo lo correcto para integrar a las mujeres a la administración pública.

OBJETIVO. El objetivo de esta ponencia es analizar en que etapa nos encontramos como sistema político mexicano y como sociedad respecto de la incorporación de las mujeres a la administración pública.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizará la técnica documental analítica, para revisar la normatividad relacionada con la participación de las mujeres en los cargos de elección popular y la técnica sociológica para analizar socialmente que participación les ha brindado la sociedad a las mujeres para incursionar en la política. Nuestro sistema social y político tiene un fuerte aroma a patriarcado, datos que revelan lo anterior existen muchos, los estudios universitarios en facultades como Veterinaria y en las Ingenierías esta dominadas por hombres, lo que por fortuna no sucede en las ciencias sociales y medicina, en donde el número de estudiantes es considerable y en algunos grupos superan con mucho las féminas a los jóvenes, sin embargo por lo que ve al primer supuesto es alta la proporción de mujeres que se siguen quedando en la casa para ayudar en las labores domésticas a sus mamas; otro rasgo de dominación de los hombres, lo encontramos en las sucesiones en donde hay testamento generalmente los bienes más importantes de la herencia son para el hijo varón, por lo que las mujeres adquieren a la muerte de sus padres menores haberes patrimoniales, lo que las relega a una codependencia económica de sus maridos en el mejor de los casos, ya que si no contraen matrimonio serán personas que vivan a expensas de algún familiar, solo por poner dos ejemplos de la realidad social de México, con sus excepciones; por fortuna el movimiento social 8M a propósito del día internacional de la mujer, está rompiendo muchos paradigmas, por lo que las mujeres jóvenes, se están desarrollando en un mejor entorno y se advierte que su futuro inmediato será mejor.
Pero si no tenemos políticas públicas que atiendan las necesidades de las mujeres impulsadas por ellas mismas, difícilmente se atenderán esos rubros y aquí cabe una interrogante ¿Cómo pueden las mujeres intervenir en el ejercicio de gobierno? Y la respuesta es a través de garantizar constitucionalmente que las féminas accedan a cargos de elección popular y a las designaciones en los gabinetes de gobierno.
Por lo anterior es conveniente revisar la legislación sobre el particular para con ello establecer en qué momento nos encontramos.
Las leyes secundarias de las normas constitucionales relativas a la forma de gobierno tanto en el plano federal como estatal respectivamente en sus artículos 41 y 13 establecen la garantía de la igualdad de la mujer y el hombre en la vida política, por lo que les aseguran la paridad en las candidaturas a los géneros y como resultado las legislaciones que reglamenta esos mandatos, es decir la Ley General de Instituciones y Procedimientos Electorales en adelante LEGIPE y el Código Electoral del estado de Michoacán, en adelante Código Electoral se refieren a la igualdad y a la paridad y eventualmente a la alternancia, pero solo para las candidaturas, es decir solo para competir.
Por su parte la Constitución Federal contempla la paridad de género en la conformación del gabinete del ejecutivo, pero nada más y aunque si bien es cierto la LEGIPE establece paridad en las candidaturas lo que obliga a proponer para la contienda electoral el mismo

número de hombres y mujeres como candidatos, ello no garantiza la llegada al poder a las mujeres ya que solo les permite competir en un número igual al de los hombres y así lo hacen todos los partidos políticos, pero que se les asegure el arribo a los cargos de representación popular y eventualmente a participar en el diseño de las políticas públicas no hay garantía. Pero esa paridad de género -en el ejecutivo [solo para la integración del gabinete] y eventualmente en el legislativo- deja de lado al poder judicial, al que no se le menciona sobre la igualdad de género, el que ellas estén ganando espacios en el Poder Judicial Federal solo se debe a su dedicación, esfuerzo y superación, pero no por política pública como tal. Sobre este tema la Constitución Local solo garantiza en el artículo décimo tercero la paridad entre los géneros para las candidaturas para la elección popular lo anterior regulado o reglamentado en los partidos políticos, por lo que a semejanza de la federación tampoco en el plano estatal es garantía de que las mujeres lleguen a ser diputadas, presidentas municipales, sindicas o regidoras. En nuestro estado la constitución particular no impone, como si la hace la federal, la paridad de género en la conformación del gabinete del gobernador y respecto del poder judicial nada se dice y como se afirma inicialmente nunca ha existido una mujer titular en el Poder Judicial.

A pesar de lo anterior el próximo primero de octubre de 2024 una mujer tomara protesta como titular del ejecutivo y desde el 2 de enero de 2023 la Suprema Corte de Justicia de la Nación -Poder Judicial Federal- tiene a una mujer como representante, estos dos cargos son el motivo de la ponencia, esta realidad contrasta con el contenido de la legislación y obliga a preguntarse ¿es necesario establecer la alternancia en la Constitución para ambos poderes, cuando de hecho ya sucede en el país a nivel federal? Y la respuesta es sí, ya que ambas situaciones son circunstanciales y para nada una regla.

Para una mayor comprensión de la respuesta es analizar qué es lo que rodeo candidatura de la hoy presidenta electa, un benefactor como lo fue el titular del ejecutivo que concluye el sexenio 2018-2024 persona que vio en esa colaboradora bien la mejor intérprete de su forma de gobierno o quizás la persona que pudiera manipular, ya que desde el inicio de su administración la estuvo candidateando, pero todavía más en los estatutos del partido oficialista no existe la alternancia en las candidaturas presidenciales, por lo que la designación de la candidatura no tierne sustento en sus documentos internos, porque no eras obligación candidatear a una mujer; luego entonces estamos ante una mera designación del Presidente de la república, pasada por una encuesta para darle cariz democrático a lo que era una voluntad anticipada.

Y en relación al arribo de una mujer en la Corte, esta también fue una situación de coyuntura, ya que el Presidente de la república estaba candidateando a una mujer Ministro para ser la titular del Alto Tribunal solo que esta fue pillada en el plagio de su tesis de licenciatura lo que la evidencio ante la opinión pública y es en ese momento en el que el bloque de Ministros opositores al Ejecutivo Federal deciden que contienda para la presidencia y fue esa circunstancias lo que le permitió alcanzar la mayoría y por ende la titularidad del tribunal más importante del país.

En ambos casos sin duda la ola del 8M sirvió para ver con buenos ojos ante la sociedad a dos mujeres en esas instancias de gobierno.

RESULTADOS. El M8 que es el acrónimo del día internacional de la mujer que se conmemora cada 8 de marzo es una fecha que ha permitido a los grupos feministas manifestarse con demandas mucho muy variadas las que han llamado la atención de varios actores políticos y a permitido por lo correctamente político, la incorporación de algunas

mujeres en los tres poderes y en los tres niveles de gobierno; es decir por conveniencia, pero no por convicción y mucho menos por mandato constitucional.

CONCLUSIONES. Se sugiere un diseño de participación política en el que siempre en el poder legislativo haya paridad de género, a pesar de la proliferación de partidos políticos. También a manera de sugerencia se debe instaurar la alternancia como principio constitucional para que la titularidad del ejecutivo sea alternada entre un hombre y una mujer sexenio a sexenio. Misma situación -alternancia- que deberá cuidarse en el poder judicial para que con ello se haga efectiva la igualdad en este caso de ejercicio de gobierno por esa vía.

REFERENCIAS.

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
2. Ley Orgánica del Poder Judicial de la Federación
3. Ley General de Instituciones y Procedimientos Electorales
4. Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Michoacán de Ocampo
5. Ley Orgánica del Poder Judicial del Estado de Michoacán
6. Código Electoral de Michoacán

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CV0824103

LA GOBERNANZA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: PERSPECTIVAS GLOBALES

Haidi Medina Martínez[1], Jair Alfredo Juárez de la Rosa[2], Liliana Márquez Benavides[3]

1Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional;

hmedinam2300@alumno.ipn.mx

2Consorcio de Ingeniería SOAAMI, Oaxaca; jairjuarezdelarosa@gmail.com

3Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; liliana.marquez@umich.mx

Palabras Clave: Revisión Sistemática Exploratoria, residuos sólidos, investigaciones, gobernanza.

RESUMEN. El crecimiento demográfico ha generado nuevas dinámicas en las formas de producción y en los hábitos de consumo. La producción de bienes ha supuesto un aumento en la generación y en la diversidad de los residuos sólidos. Por lo que aproximadamente el 70% de las naciones cuentan con entidades encargadas de establecer políticas y supervisión normativa en materia de residuos. Sin embargo, la participación directa del gobierno central en los servicios de residuos es poco común, siendo la supervisión y gestión mayormente responsabilidad de las autoridades locales. A través del concepto de la gobernanza se puede estudiar la forma de dirigir un país o entidad o las formas de administración para alcanzar de manera sostenible el progreso económico, el desarrollo social y el fortalecimiento de las instituciones. El propósito de este trabajo es conocer el número de investigaciones y la diversidad de enfoques en los que se aborda la gobernanza en la temática de residuos sólidos urbanos. Para ello a través de una Revisión Sistemática Exploratoria, empleada en el buscador Science Direct, se determinaron las investigaciones desarrolladas sobre gobernanza y/o gobernanza ambiental en los residuos sólidos urbanos en el periodo del 2019 al 2023. Se obtuvieron catorce artículos sobre la gobernanza y la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GRSU). Se concluye que el estudio de la gobernanza en la GRSU ha presentado en los últimos cinco años una variedad de enfoques bajo las cuales puede ser estudiada. Sin embargo, las investigaciones desarrolladas en continentes cómo Asia, Europa y África se encuentran centradas en la participación de la ciudadanía en la toma de decisiones. Si bien es un aspecto fundamental, en América, las investigaciones se enfocan en la falta del fortalecimiento de las instituciones o de las autoridades locales.

INTRODUCCIÓN. El crecimiento demográfico ha generado nuevas dinámicas en las formas de producción y en los hábitos de consumo (Kay, 2002). Aunado a ello, la demanda comercial de la sociedad se encuentra marcada por un incremento en el consumo de bienes. Esto ha permitido el funcionamiento del sistema industrial, que se caracteriza por la producción de bienes que satisfacen las necesidades de la humanidad (Vargas y Vásquez, 2023). El incremento en la oferta y consumo de bienes y servicios han supuesto un aumento

en la generación y en la diversidad de los residuos sólidos y residuos sólidos urbanos (Kaza et al., 2018). Se considera un residuo a aquel material o producto que un usuario desecha, y se consideran RSU por generarse en las actividades domésticas (Cámara de Diputados, 2015). Dentro de este contexto, el Banco Mundial proyecta, un incremento de los residuos globales de alrededor de 3.400 millones de toneladas para el año 2050. Ante este panorama y para fortalecer las acciones en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GRSU), aproximadamente el 70% de las naciones cuentan con entidades encargadas de establecer políticas y supervisión normativa en materia de residuos. Sin embargo, la participación directa del gobierno central en los servicios de residuos es poco común, siendo la supervisión y gestión mayormente responsabilidad de las autoridades locales, abarcando alrededor del 70% de estos servicios (Kaza et al., 2018). Dentro de estas autoridades locales se pueden contemplar a las autoridades municipios o comunidades. El concepto de gobernanza permite estudiar la forma de dirigir un país o entidad o bien las formas de administración para alcanzar de manera sostenible el progreso económico, el desarrollo social y el fortalecimiento de las instituciones desde el nivel global hasta local (Juárez et al., 2023; Figueroa y Cruz-Morales, 2019). Ante lo anterior, el propósito de este trabajo es conocer el número de investigaciones y la diversidad de enfoques en los que se aborda la gobernanza y/o gobernanza ambiental en la temática de residuos sólidos urbanos. El trabajo abordará investigaciones a nivel mundial y nacional. La revisión de la literatura se presenta como una herramienta para comprender cómo diferentes autores investigan, interpretan y enfrentan la problemática ambiental de la gestión de RSU desde la gobernanza y con ello proporcionar una base sólida para futuras políticas públicas y acciones replicables.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente proyecto tuvo como estrategia de investigación una búsqueda bibliográfica sistematizada, a través de la Revisión Sistemática Exploratoria (RSE). La RSE se enfoca en identificar, evaluar y sintetizar la evidencia científica disponible de una temática o área de interés (Linares-Espinós et al., 2018). El desarrollo de la RSE se realiza en cinco fases, que son las propuestas por Arksey y O´Malley (2005).
Identificación de la pregunta de investigación
Establecimiento de criterios de inclusión y exclusión, y búsqueda sistemática
Revisión y selección de los estudios
Extracción de datos
Análisis y reporte de los resultados
La utilización de revisiones sistemáticas se aplica con un enfoque de transparencia y rigurosidad en la selección de documentos con el objetivo de integrar los resultados reportados por diferentes estudios para dar respuestas a una pregunta de investigación (Anguera, 2023). Con ello se tiene una visión general de la evidencia científica para examinar su alcance, resumir y difundir los hallazgos existentes e identificar posibles vacíos de conocimiento (Linares-Espinós et al., 2018).

RESULTADOS. Se presentan los resultados conforme a cada una de las fases de la RSE:

1. Identificación de la pregunta de investigación:

¿Cuál es la cantidad y diversidad de investigaciones existentes que abordan la gobernanza ambiental de residuos sólidos urbanos?

2. Establecimiento de los criterios de inclusión y exclusión y búsqueda sistemática

Esta fase permitió delimitar los campos de la evidencia científica sobre la gobernanza ambiental y la GRSU. Se determino realizar la búsqueda bibliográfica en la base de datos de Science Direct, debido a su fiabilidad y alojamiento de textos de carácter científico.

Se establecieron como criterios de inclusión contemplar: textos de investigaciones científicas publicados en los últimos 5 años (2023-2019), que aborden la gobernanza ambiental en los residuos sólidos urbanos y/o gestión de residuos sólidos urbanos; y publicados en áreas temáticas de: Ciencias del Ambiente, Ciencias Sociales, Ciencias de Toma de Decisiones. Como criterio de exclusión se descartaran los artículos que no contengan las palabras clave en conjunto, los que contengan solo una de las palabras clave y/o contengan palabras como: *"generación de residuos sólidos", "gestión de residuos sólidos"* o no tengan relación con la gobernanza en los residuos sólidos.

Las palabras clave fueron introducidas en el buscador de la base de datos. Para tener resultados más específicos se emplearon los operadores booleanos (*not, and, or*) (Rendón Rojas, 2017). Para este trabajo la combinación de palabras clave empleadas fueron las siguientes: *((gobernanza ambiental) or (gobernanza) and (gestión de residuos sólidos urbanos) or (gestión de residuos sólidos) or (sistema de manejo de residuos)) not (generación de residuos sólidos).*

3. Revisión y selección de los estudios

La búsqueda con las palabras clave de búsqueda en ScienceDirect dio un total de 1,383 artículos que pasaron a la siguiente fase. En base a los criterios de inclusión se descartaron 1,343 artículos, debido a que se enfocaban en temáticas como: generación, caracterización, gestión, planes de manejo, estrategias de revalorización o aprovechamiento de RSU o en gobernanza en la gestión o manejo de recursos hídricos, en áreas o reservas naturales o en minería. El número restante de artículos fue de 40, para los cuales se analizó el resumen y las palabras clave, y conforme a los criterios de inclusión se descartaron 26 artículos, ya que se enfocaban en residuos marinos, residuos COVID-19, RPBI y/o en residuos electrónicos, quedando un total de 14 artículos para analizar en la siguiente fase.

4. Extracción de datos

Dentro de los 14 artículos seleccionados para analizar en esta fase, se contemplaron los artículos que abordaban la GRSU o la problemática de los RSU desde cualquier tipo de gobernanza, no solamente la ambiental. Para poder ampliar aún más el campo de estudio.

5. Análisis y reporte de los resultados

Los artículos finales se analizaron y se detectó que no solo versan sobre gobernanza o gobernanza ambiental. Se detectaron siete tipos de enfoques de gobernanza bajo los cuales se pueden analizar la temática de la GRSU (tabla 1).

No	Año	País	Tipo de gobernanza	Investigación	Planeación	Estrategia	Cita
1	2023	China	Gobernanza policéntrica	✓			Hao et al., (2023)
2	2022	China	Gobernanza participativa de residuos	✓			Xie, Zhu. y Benson (2022)
3	2023	Perú	Gobernanza	✓			Arteaga et al., (2023)
4	2023	Suecia	Gobernanza	✓			Nathaniel et al., (2023)

5	2022	Colombia	Capacidad de gobernanza	✓		✓	García et al., (2022)
6	2021	España	Gobernanza local	✓			Benito et al., (2021)
7	2021	EUA-Corea del Sur	Gobernanza participativa en residuos	✓		✓	Lee-Geiller y Kütting (2021).
8	2021	México	Gobernanza y gobernanza del sistema de GRS	✓			Turcott et al., (2021)
9	2021	Etiopía	Gobernanza colaborativa y gobernanza multinivel	✓			Woldesenbet (2021).
10	2020	China	Gobernanza colaborativa	✓	✓	✓	Arantes, Zou, y Che (2020)
11	2020	Brasil	Gobernanza corporativa	✓		✓	Ribeiro et al., (2020)
12	2020	Kenia	Capacidad de gobernanza	✓			Ddiba et al., (2020)
13	2019	Noruega	Regímenes de gobernanza	✓	✓		Bugge et al., (2019)
14	2019	Malasia	Gobernanza ambiental	✓			Puppim (2019).

Tabla 1. *Extracción de información de los artículos seleccionados.*
Fuente: *Elaboración propia.*

CONCLUSIONES. El estudio de la gobernanza en la GRSU ha presentado en los últimos cinco años una variedad de enfoques bajo las cuales puede ser estudiada. Sin embargo, las investigaciones desarrolladas en continentes cómo Asia, Europa y África se encuentran centradas en la participación de la ciudadanía en la toma de decisiones. En contraste, en América, las investigaciones se han enfocado en el fortalecimiento de las instituciones o de las autoridades locales. Aunque la participación ciudadana es un aspecto fundamental en la gobernanza, sin duda alguna las políticas públicas y legislaciones son herramientas que pueden llegar a contribuir a fortalecer una mayor participación de la sociedad. El número de investigaciones aún no es considerable, es un campo de estudio que se encuentra en desarrollo. Lo cual representan los siete diferentes tipos de enfoques de gobernanza que se han aplicado para estudiar la temática de la GRSU.

REFERENCIAS.

1. Anguera, M. T. (2023). Revisiting systematic reviews from a methodological perspective. RELIEVE, 29(1), art. M4. http://doi.org/10.30827/relieve.v29i1.27758
2. Arantes, V., Zou, C., Che, Y. (2020). Coping with waste: A government-NGO collaborative governance approach in Shanghai. Journal of Environmental Management, 259. 109653. ISSN 0301-4797. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109653

3. Arksey, H y O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. International Journal of Social Research Methodology, 8(1), pp. 19-32, 10.1080/1364557032000119616.
4. Arteaga, C., Silva, J. y Yarasca-Aybar, C. (2023). Solid waste management and urban environmental quality of public space in Chiclayo, Peru. City and Environment Interactions, 20. 100112. ISSN 2590-2520. https://doi.org/10.1016/j.cacint.2023.100112
5. Benito, B., Guillamón, M. D., Martínez-Córdoba, P. J. y Ríos, A. M. (2021). Influence of selected aspects of local governance on the efficiency of waste collection and street cleaning services. Waste Management, 126. Pp. 800-809. ISSN 0956-053X. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.019.
6. Bugge, M. M., Fevolden, A. M. y Klitkou, A. (2019). Governance for system optimization and system change: The case of urban waste. Research Policy, 48 (4). Pp. 1076-1090. ISSN 0048-7333. https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.013
7. Cámara de Diputados. (2015). Ley General para La Prevención y Gestión Integral de los Residuos. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf
8. Ddiba, D., Andersson, K., Koop, S. H. A., Ekener, E., Finnveden, G. y Dickin, S. (2020). Governing the circular economy: Assessing the capacity to implement resource-oriented sanitation and waste management systems in low- and middle-income countries. Earth System Governance, 4. 100063. ISSN 2589-8116. https://doi.org/10.1016/j.esg.2020.100063.
9. Figueroa Sánchez, J. C. y Cruz-Morales, J. (2019). ¿Gobernanza de los residuos sólidos? Estudio de caso sobre el ejido Los Ángeles, Reserva de la Biósfera La Sepultura, Chiapas, México. Sociedad y Ambiente, 20. Pp. 79-102. https://doi.org/10.31840/sya.v0i20.1993
10. García Aguilar, M, Jaramillo, J. F., Ddiba, D., Páez, D. C., Rueda, H., Andersson, K. y Dickin, S. (2022). Governance challenges and opportunities for implementing resource recovery from organic waste streams in urban areas of Latin America: insights from Chía, Colombia. Sustainable Production and Consumption, Vol. 30. Pp. 53-63. ISSN 2352-5509. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.025.
11. Hao, X., Dong, L., Liu, G. y Zhang, X. (2023). Polycentric governance in waste management: A mechanism analysis of actors' behavior evolution at the community level. Resources, Conservation and Recycling, 191. 106879. ISSN 0921-3449. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106879
12. Juárez de la Rosa, J. A., Medina Martínez, H., Taboada González, P., Aguilar Virgen, Q., & Márquez Benavides, L. (2023). Gobernanza ambiental en la gestión de residuos sólidos de los municipios en Oaxaca, México. Acta Universitaria 33, e3704. DOI: http://doi.org/10.15174.au.2023.3704
13. Kay, Cristóbal (2002). "Enfoques sobre el desarrollo rural en América Latina y Europa desde mediados del siglo veinte". En Francisco García Pascual (coord.), El mundo rural en la era de globalización: incertidumbres y potencialidades. España: Universitat de Lleida/Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, pp. 337-429
14. Kaza, S.; Yao, L. C.; Bhada-Tata, P.; Van Woerden, F. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank. http://hdl.handle.net/10986/30317
15. Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., ... & Ribal, M. J. (2018). Metodología de una revisión sistemática. Actas Urológicas Españolas, 42(8), 499-506
16. Lee-Geiller, S. y Kütting, G. (2021). From management to stewardship: A comparative case study of waste governance in New York City and Seoul metropolitan city. Resources, Conservation and Recycling. Vol.164. 105110. ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105110.
17. Nathaniel, H., Franzén, D., Lingegård, S., Franzén, F., Söderqvist, T. y Gröndahl, F. (2023). Using stakeholder perceptions to deepen the understanding of beachcast governance and management practices on Gotland, Sweden. Ocean & Coastal Management, 239. 106583. ISSN 0964-5691. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106583.
18. Puppim de Oliveira, J. A. (2019). Intergovernmental relations for environmental governance: Cases of solid waste management and climate change in two Malaysian States. Journal of Environmental Management, 233. Pp. 481-488. ISSN 0301-4797. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.097
19. Rendón Rojas, M. A. (2017). Introducción a la teoría de conjuntos, los operadores booleanos y la teoría del concepto para profesionales de la información documental. UNAM, Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información. 1ra edición. 156 p. ISBN: 978-607-02-9485-3. http://ru.iibi.unam.mx/jspui/handle/IIBI_UNAM/L140
20. Ribeiro Siman, R., Harue Yamane, L., de Lima Baldam, R., Pardinho Tackla, J., de Assis Lessa, S. F. y Mendonça de Britto, P. (2020). Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. Waste Management,105. Pp. 148-169. ISSN 0956-053X. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.040.
21. Turcott Cervantes, D. E., Olay Romero, E., Hernández Berriel, M. del C., López Martínez, A., Mañón Salas, M. del C. y Lobo, A. (2021). Assessment of some governance aspects in waste management systems: A

case study in Mexican municipalities. Journal of Cleaner Production, 278. 123320. ISSN 0959-6526. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123320.

22. Vargas Cancino, H., Velázquez Muñoz, D. E., (2023). El consumo consciente y los derechos de la comunidad de la vida: perspectivas desde la ética del cuidado. 83 p. - ISBN: 9788411700047. http://digital.casalini.it/9788411700047

23. Woldesenbet, W.G. (2021). Stakeholder participation and engagement in the governance of waste in Wolkite, Ethiopia. Environmental Challenges,3. 100034. ISSN 2667-0100. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100034.

24. Xie, L., Zhu, J. y Benson, D. (2022). Partnership building? Government-led NGO participation in China's grassroots waste governance. Geoforum, 137. Pp. 32-41. ISSN 0016-7185. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.10.004

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CV0824107

INCENDIOS EN LOS MUNICIPIOS DE MICHOACÁN EN 2024 A PARTIR DE DATOS VIIRS

***Rodrigo Piñón Cervantes, María Luisa España Boquera, Luis López Pérez, María Dolores Uribe Salas, Omar Champo Jiménez, Alfredo Reyes Tena*[1]**
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1724551e@umich.mx

Palabras Clave: Teledetección, forestal, quemas agrícolas.

RESUMEN. Resumen. Los incendios forestales y las quemas asociadas a prácticas agrícolas constituyen una de las mayores preocupaciones ambientales a nivel global; sin embargo, las estrategias de monitoreo, prevención y combate de los incendios deben implementarse a nivel estatal y municipal, para lo que se requieren datos confiables. Los datos satelitales de detección de incendios son objetivos y sistemáticos, además de gratuitos. En particular, la tercera versión del sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) de la NASA, embarcado en el satélite NOAA-21, que tiene la capacidad de detectar incendios a partir de la medición de la temperatura de superficie, inició operaciones el 17 de enero de 2024, con una resolución de 375 m. El objetivo de este trabajo fue contabilizar y cartografiar los incendios ocurridos en el estado de Michoacán, por municipio y fecha, del 17 de enero hasta el 30 de junio del 2024. Se utilizaron los datos VIIRS-NOAA-21, descargados en la página https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire y analizados con el programa: QGIS. Se contabilizaron 19491 detecciones (6.75% del total nacional en el mismo periodo). En enero, el municipio de Lázaro Cárdenas tuvo el mayor número de detecciones, con 50, seguido de Coeneo, con 24. Lázaro Cárdenas también encabezó la lista de febrero, con 115, mientras que Tumbiscatío tuvo 43. En marzo, Tumbiscatío registró el mayor número de detecciones (323), seguido por Chilchota (223). En abril, Coalcomán tuvo un pico notable, con 801 detecciones, y Tumbiscatío le siguió con 558. En mayo, Aquila presentó el mayor número de detecciones (1043), seguido por Lázaro Cárdenas (596). En junio, Aquila fue el municipio con más detecciones (290), si bien hubo una disminución considerable en comparación con los meses anteriores. En general, abril y mayo fueron los meses con mayor actividad de fuego y algunos municipios destacaron recurrentemente por el número de incendios.

INTRODUCCIÓN. Los incendios forestales y las quemas asociadas a prácticas agrícolas tienen consecuencias ambientales negativas a nivel global, como la erosión y degradación del suelo y la alteración de los ciclos hidrológicos (Chuvieco et al., 2019), además de que provocan contaminación atmosférica y contribuyen al almacenamiento de carbono y el calentamiento global; como consecuencia del cambio climático, los incendios están aumentando en todo el planeta (Jones et al., 2022). Las estrategias de combate y prevención de incendios, así como las campañas de restauración y reforestación, deben implementarse a nivel estatal y municipal, por lo que es importante que en cada territorio se

cuente con datos actualizados de ocurrencia de incendios. La metodología más utilizada es la generación de reportes de incendios en campo; sin embargo, en muchos casos puede resultar compleja peligrosa e ineficiente (González-Gutiérrez et al., 2019), en particular si se trata de territorios grandes, remotos o de difícil acceso (Sofan et al., 2022). Además, se requieren mapas de los sitios más perturbados, que faciliten la evaluación de los impactos ambientales, sociales y económicos del fuego, y el monitoreo de los procesos de recuperación y restauración (Manzo-Delgado, 2016). En este sentido, los productos globales sobre superficies quemadas derivados a partir de datos satélites de teledetección son una fuente de información global, objetiva y sistemática, muy útil para monitorear los incendios de cualquier territorio (Chuvieco et al., 2019). Se trata, además, de datos que se encuentran disponibles en internet de manera gratuita.

ANTECEDENTES. Los primeros productos satelitales de incendios se generaron a finales de los años 1990 por la ESA (European Space Agency) con datos satelitales SPOT-VEGETATION (VGT) de 1 km de resolución (Chuvieco et al., 2019). Se completó una serie de 15 años, de 2001 a 2015, que se continuó con el satélite PROBA-V del programa europeo Copernicus, con cuyos datos se generó una colección de 300 m, de 2014 a 2020 (Smets et al., 2017). Actualmente se genera la serie de 300 m, a partir de datos Sentinel-3 (Padilla, 2021). Por su parte, la NASA (National Aeronautics and Space Administration) produce desde 2008 colecciones MCD45A1 y MCD64A1, de 500 m, con datos del sensor MODIS, que inician en el año 2000 (Giglio et al., 2018; Chuvieco et al., 2019; Padilla, 2021). España et al (2024) realizaron el análisis de la serie MODIS de Michoacán para los años 2015-2022. Para dar continuidad a los datos MODIS, la NASA cuenta con el sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), de 375 m (Neger y Manzo- Delgado, 2021), cuya primera versión inició el 20 de enero 2012 y corresponde al sensor VIIRS embarcado en el satélite Suomi NPPS; la versión 2 corresponde al satélite NOAA-20 e inicia el 1 de enero 2020 y la versión 3 corresponde a datos NOAA-21 e inicia el 17 de enero de 2024.

OBJETIVO. El objetivo de este trabajo fue contabilizar y cartografiar los incendios ocurridos en el estado de Michoacán, por municipio y fecha, en la temporada de incendios 2024, a partir de datos VIIRS NOAA-21.

MATERIALES Y MÉTODOS. La zona de estudio fue el estado de Michoacán de Ocampo, México.
Se descargaron los datos VIIRS-NOAA-21 de la página https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire, del 17 de enero hasta el 31 de junio del 2024. Se utilizó el mapa de división municipal de Michoacán de INEGI (Figura 1).
Los datos se clasificaron por mes y municipio con el programa QGIS 3.22, obteniendo los mapas correspondientes.

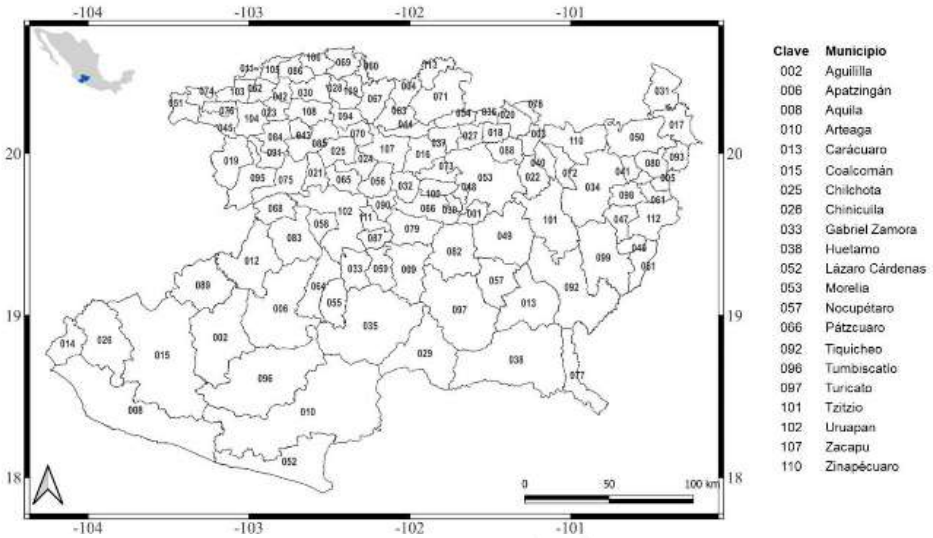


Figura 1: *División municipal del estado de Michoacán de Ocampo (INEGI), con los municipios más afectados por incendios en la temporada 2024.*

RESULTADOS. Durante la temporada de incendios 2024 se contabilizaron 19491 detecciones en el estado de Michoacán, lo que representó el 6.75% del total nacional en el mismo periodo. Los mapas de la figura 2 muestran las detecciones de cada mes; los tonos más oscuros permiten identificar los municipios con más detecciones.

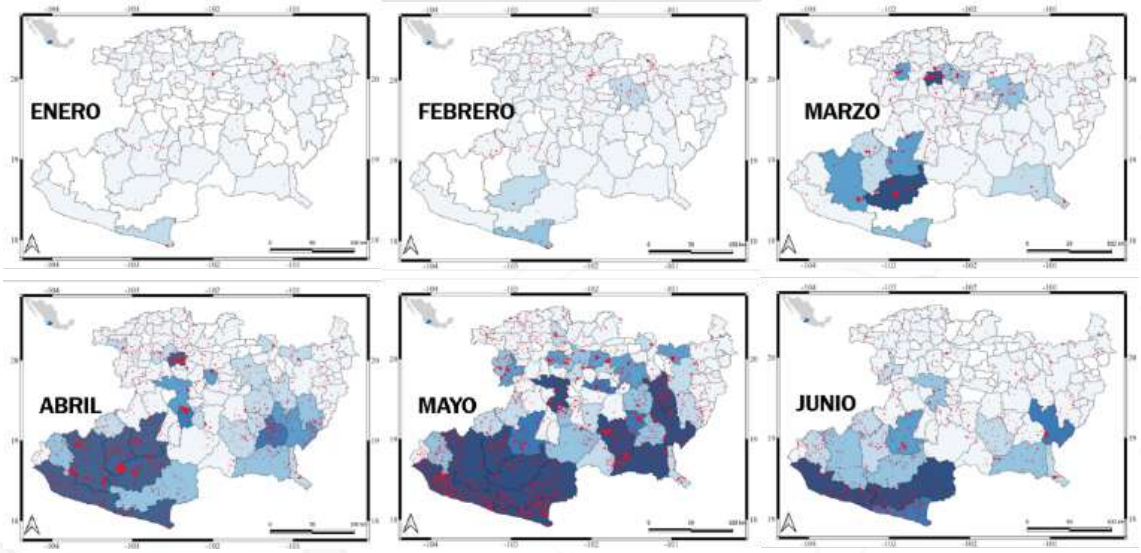


Figura 2: *Detecciones de incendios en Michoacán cada mes de 2024 (datos VIIRS)*

Las detecciones fueron escasas en los primeros meses del año. El mes de enero fue el presentó el menor número de incendios, con un total acumulado de 273. El mayor número de detecciones correspondió al mes de mayo (8144) seguido de abril (5717), que son los meses más calurosos y secos del año, antes del inicio de la temporada de lluvias. La tabla 1 muestra los municipios con mayor número de detecciones cada mes. En enero, el municipio de Lázaro Cárdenas tuvo el mayor número de detecciones, con 50, seguido de Coeneo, con 24. Lázaro Cárdenas también encabezó la lista de febrero, con 115, mientras

que Tumbiscatío tuvo 43. En marzo, Tumbiscatío registró el mayor número de detecciones (323), seguido por Chilchota (223). En abril, Coalcomán tuvo un pico notable, con 801 detecciones, y Tumbiscatío le siguió con 558. En mayo, Aquila presentó el mayor número de detecciones (1043), seguido por Lázaro Cárdenas (596). En junio, Aquila fue el municipio con más detecciones (290), si bien hubo una disminución considerable en comparación con los meses anteriores.

Enero		**Febrero**		**Marzo**	
Municipio	Detecciones	Municipio	Detecciones	Municipio	Detecciones
Lázaro Cárdenas	50	Lázaro Cárdenas	115	Tumbiscatío	323
Coeneo	24	Tumbiscatío	43	Chilchota	223
Tepalcatepec	14	Morelia	43	Tangamandapio	158
Apatzingán	13	Cuitzeo	35	Coalcomán	145
TOTAL	273	TOTAL	614	TOTAL	2395
Abril		**Mayo**		**Junio**	
Municipio	Detecciones	Municipio	Detecciones	Municipio	Detecciones
Coalcomán	801	Aquila	1043	Aquila	290
Tumbiscatío	558	Lázaro Cárdenas	596	Arteaga	208
Aguililla	552	Arteaga	569	Lázaro Cárdenas	197
Aquila	346	Turicato	460	Tiquicheo	181
TOTAL	5717	TOTAL	8144	TOTAL	2348

Tabla 1: *Municipios de Michoacán con mayor número de detecciones de incendios por mes en 2024 (datos VIIRS).*

CONCLUSIONES. La temporada de incendios en Michoacán en 2024, monitoreada con datos VIIRS del satélite NOAA-21, reveló una importante variabilidad en la incidencia de incendios entre los municipios y meses analizados. Con 19,491 detecciones en el estado, Michoacán representó el 6.75% del total nacional durante el periodo estudiado. Los meses más críticos fueron abril y mayo, debido a las condiciones climáticas secas y calurosas que preceden la temporada de lluvias. Los municipios de Aquila, Tumbiscatío, Lázaro Cárdenas y Coalcomán sobresalieron por su alta actividad de fuego. El uso de datos satelitales en la cartografía y monitoreo de incendios permite identificar áreas prioritarias para la intervención, así como establecer estrategias de prevención y restauración a nivel municipal. La información generada es útil para la toma de decisiones en la gestión de recursos forestales y la mitigación del impacto de los incendios en Michoacán.

REFERENCIAS.

1. Chuvieco, E., F., Mouillot, G. R., van der Werf, J., San Miguel, M., Tanasse, N., Koutsias, M., García, M., Yebra, M., Padilla, I., Gitas, A., Heil, T. J., Hawbaker and L., Giglio. 2019. Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation. Remote Sensing of Environment 225:45–64. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.013Jones et al., 2022
2. España-Boquera, M.L.; O. Champo-Jiménez y M.D. Uribe-Salas (2024) Incendios en Michoacán a partir de series MODIS (2015-2022) y su relación con el clima. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 15(84): 54-80. http://doi.org/10.29298/rmcf.v15i84.1406.

3. Giglio, L., L., Boschetti, D.P., Roy, M., Humber and C.O., Justice. 2018. The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. Remote Sensing of the Environment, 217, 72-85, http://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005
4. González-Gutiérrez, I., J. F., Mas C., L. M., Morales M. and K. A., Oceguera S. 2019. Thematic accuracy of hotspots and wildfires in Michoacán, Mexico. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 26(1):17-35, https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2019.01.011
5. Jones, M. W., J. T., Abatzoglou, S., Veraverbeke, N., Andela, G., Lasslop, M., Forkel, A. J. P., Smith, C., Burton, R. A., Betts, G. R., van der Werf, S., Sitch, J. G., Canadell, C., Santín, C., Kolden, S. H., Doerr and C., Le Quéré. 2022. Global and regional trends and drivers of fire under climate change. Reviews of Geophysics 60(3):1-76, https://doi.org/10.1029/2020RG000726
6. Manzo-Delgado, L. L. (2016). Incendios forestales de gran relevancia: algoritmos y sensor MODIS para su detección y monitoreo. En O. Mocada, A. López (Eds.), Geografía de México (pp. 334–349). Universidad Nacional Autónoma de México.
7. Neger, C. y Manzo-Delgado, L. L. (2021). La evaluación de la gestión del riesgo de los incendios forestales en áreas naturales protegidas tropicales: el caso de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (México). Cuadernos Geográficos, 60(3): 95-128. DOI: https://doi. org/10.30827/cuadgeo. v60i3.16236
8. Padilla, M. (2021). Copernicus Global Land Operations “Vegetation and Energy”, “CGLOPS-1”. Algorithm theorethical basis document. Burned area and sea- sonality. Collection 300m, Version 3. Recuperado de https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls. vito.be/files/products/CGLOPS1_ATBD_BA300m- V3_I1.10.pdf Giglio et al., 2018
9. Sofan, P., Yulianto, F. y Sakti, A. D. (2022). Charac- teristics of False-Positive Active Fires for Biomass Burning Monitoring in Indonesia from VIIRS Data and Local Geo-Features. International Journal of Geo-Information, 11(12), 601. DOI: https://doi. org/10.3390/ijgi11120601.
10. Smets, B., Tansey, K., Wolfs, D., y Jacobs, T. (2017). Copernicus Global Land Operations “Vegetation and Energy”, “CGLOPS-1”. Product user manual. Collection 300m, Version 1. Recuperado de https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CV0824109

IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN LA ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES ECOLÓGICOS, MODELIZANDO LA HIDRODINÁMICA EN UNA DIMENSIÓN

Ezequiel García Rodríguez[1], Ricardo Ruiz Chávez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ezequiel.garcia@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ricardo.ruiz@umich.mx

Palabras Clave: Caudales ecológicos, Simulación del hábitat, geomorfología fluvial.

RESUMEN. El agua de los ríos se utiliza para diferentes fines, a decir: uso y consumo humano, uso agrícola, uso industrial, entre otros. En la ley de aguas nacionales se establece el uso para conservación ecológica que pretende, en el caso de los ríos, que se reserve una cantidad de agua que permita que el ecosistema fluvial se conserve en condiciones adecuadas, mediante el establecimiento de un régimen de caudales ecológicos o ambientales. En Norma Mexicana NMX-AA-159- SCFI-2012, se establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas de México. Una de las metodologías incluidas en esta norma es la de simulación del hábitat físico fluvial que, para su aplicación, requiere información hidráulica, biológica y geomorfológica. En el presente trabajo se presenta y analiza la estrategia a seguir para que la información geomorfológica, una de las más costosas y consumidoras de tiempo, se obtenga adecuadamente, en cuanto a calidad y cantidad, para alimentar un sistema de simulación del hábitat fluvial basado en la modelización unidimensional de la hidrodinámica, de tal manera que los resultados sean igualmente adecuados; aportando, como resultado, información práctica valiosa a utilizar en la gestión de los recursos hídricos.

INTRODUCCIÓN. Los regímenes de caudales ecológicos o ambientales se establecen en los ríos con el objetivo de conservar los ecosistemas en condiciones adecuadas, de tal manera que sus recursos hidráulicos se aprovechen en el marco del desarrollo sostenible; por lo que tales caudales deben estar presentes en todo momento en el cauce correspondiente, mediante un régimen a determinar con una metodología adecuada. La Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 (Secretaría de Economía, 2012), establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, y en la misma se incluye una metodología hidrobiológica basada en la simulación del hábitat físico, que requiere una cantidad considerable de información de campo para determinar los regímenes de caudales ecológicos, misma información que debe ser suficiente y de calidad adecuada para obtener un buen resultado.

ANTECEDENTES. En los métodos basados en la simulación del hábitat físico fluvial se integra la estructura física del hábitat (forma del cauce, cobertura vegetal y distribución del sustrato) y el régimen de flujo, dos de los componentes que determina la productividad de

los organismos acuáticos (Karr et al., 1978, en Milhous et al., 1989). En la integración de la estructura física del hábitat y el régimen de flujo se utilizan sistemas de simulación que incluyen modelos de la hidrodinámica fluvial y del hábitat, que se alimentan con datos de la geomorfología fluvial, biológicos e hidrométricos tomados del río en estudio, para determinar el hábitat potencialmente utilizable por la(s) especie(s) objetivo en función de los diferentes caudales circulantes por el mismo rio a lo largo del año. En los sistemas de simulación del hábitat se utilizan programas de cómputo que pueden incluir uno o varios modelos de la hidrodinámica fluvial (MESC ,2001; Milhous et al., 1984 y 1989), así como uno o varios modelos para la simulación del hábitat fluvial. Uno de los tipos de modelos de la hidrodinámica fluvial más utilizado, es el basado en la representación unidimensional del río (Jowett, 1998). Los resultados de la simulación del hábitat permiten conocer el o los caudales que maximizan el hábitat disponible para la(s) especie(s) objetivo y sus estadios de desarrollo, y constituyen la base para diseñar el correspondiente régimen de caudales ecológicos o ambientales (Bovee et al., 1992 y 1998; Stalnaker et al., 1995).

OBJETIVO. Aportar conocimientos prácticos relativos a la obtención de la información del hábitat físico hidráulico, con la finalidad de estimar adecuadamente los caudales ecológicos o ambientales utilizando modelos unidimensionales de la hidrodinámica.

RESULTADOS. La obtención de la información geomorfológica de un cauce fluvial es una parte fundamental para la correcta simulación del hábitat correspondiente, y se debe obtener en cantidad suficiente y con la calidad adecuada para alimentar los modelos del sistema de simulación. Para su obtención se suelen utilizar equipos convencionales de topografía, como son las estaciones totales y ecosondas con GPS, así como equipos complementarios para efectuar los ajustes pertinentes y lograr el grado de precisión adecuado (fig.1).



Figura 1. *Obtención de la geomorfología fluvial mediante estación total, ecosonda y GPS.*

En la simulación del hábitat fluvial se suelen utilizar modelos unidimensionales de la hidrodinámica, que tienen ciertos requerimientos de información. Para efectuar la simulación se utilizan sistemas de cómputo basados en la simulación unidimensional de la hidrodinámica (1D), como es el caso del Sistema de Simulación del Hábitat Físico (PHABSIM-Physical Habitat Simulation System) (MESC, 2001; Milhous *et al*., 1989). En la modelización 1D de la hidrodinámica fluvial se simplifica el comportamiento tridimensional

del flujo de los cauces naturales, con la finalidad de hacer más manejable su representación matemática. En esta modelización la discretización de la morfología del cauce se suele realizar mediante secciones transversales distribuidas a lo largo del tramo de río en estudio (fig. 2). La simplificación que se efectúa al representar la hidrodinámica fluvial en una dimensión, propicia que ciertas características del flujo en cauces naturales no se representen adecuadamente, situación que se suele tratar de compensar aumentando la cantidad información geomorfológica en esas zonas, mediante la colocación de una mayor cantidad de secciones transversales.

En la modelización 1D se requieren como datos de inicio: (1) la topografía del cauce, cuya precisión en la obtención es un paso decisivo que requiere gran cantidad de tiempo y otros recursos; (2) la rugosidad, como valor del coeficiente de rugosidad de Manning. En este tipo de modelización se suele obtener la morfología fluvial con base en secciones transversales (fig. 2, 3 y 4) que se distribuyen a lo largo del tramo de río en estudio. La determinación del número de secciones transversales a utilizar y su ubicación tienen relación directa, ya que desde el punto de vista de la hidráulica se deben ubicar en los controles hidráulicos del tramo de estudio, así como en los puntos situados entre dichos controles, de tal manera que permitan definir adecuadamente el perfil longitudinal general del cauce, las variaciones del cauce en planta (zonas estrechas y anchas), zonas de flujo dividido, así como los perfiles de flujo y la existencia de entradas de tributarios y/o extracciones de agua.

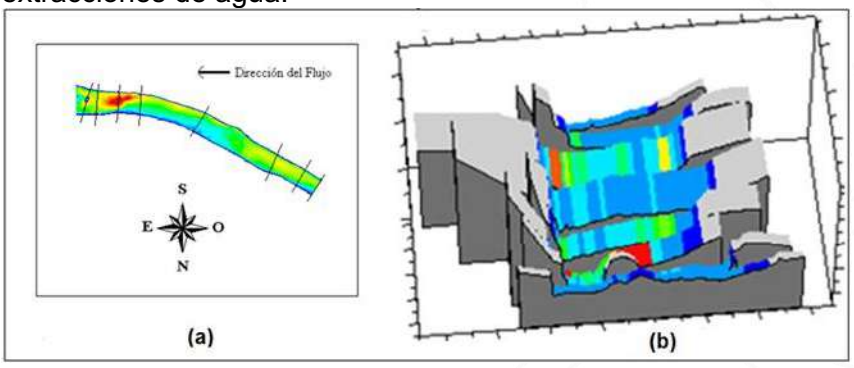


Figura 2. *Discretización para la modelización 1D mediante secciones transversales.*

En la figura 3 se muestra un tramo de río en el que se colocaron sesenta secciones transversales, 39 en el cauce principal y 21 en los cauces secundarios. Una vez definidas las secciones transversales, se colocan elementos de marqueo, que pueden ser varillas metálicas, ubicadas, como mínimo, en los extremos de las mismas secciones, con el objeto de que constituyan una referencia horizontal y vertical permanente durante el tiempo que duren los trabajos de campo. Con la finalidad de contar con un punto de coordenadas conocidas, respecto al cual se efectuarán los trabajos topográficos y todos aquellos trabajos que requieren ser georreferenciados respecto a un punto en específico, se establece, también, un banco de nivel. En la figura 3 se puede observar la ubicación de un banco de nivel y de las 230 marcas de referencia colocadas en un tramo de estudio. Una vez colocado el banco de nivel y las marcas de referencia de las secciones transversales, se realiza el levantamiento topográfico de los puntos de liga que forman parte de una poligonal longitudinal de apoyo, situada a los largo del tramo de río en estudio, y a partir de estos se hace lo propio con todos los elementos de marqueo (*i.e.*, varillas metálicas), situados en las secciones transversales, determinando sus coordenadas (X, Y, Z) respecto a las

coordenadas del banco de nivel, de tal manera que se puedan utilizar como referencias permanentes durante el desarrollo de los trabajos de campo en general. Acto seguido, se obtiene la morfología del cauce en cada una de las secciones transversales ubicadas en el tramo de estudio, con los puntos necesarios para describir su forma de manera precisa. Las mismas secciones delimitan longitudinalmente los diferentes tipos de sustrato y cobertura vegetal que se observen en el cauce, y transversalmente delimitan los tipos de sustrato mediante los puntos que forman parte de la sección, clasificando los tipos de material de una forma predefinida y relacionada con la rugosidad del cauce. De acuerdo con Herschy (1999), se deberá utilizar, por lo menos, cierto número de puntos en el perfil de las secciones transversales del cauce (figura 4), para definir su topografía adecuadamente, captando los puntos importantes de cambio de altura en el cauce; mismos puntos en los que se efectuará la medición de las velocidades del agua y la profundidad o tirante de la misma, para determinar, también adecuadamente, los caudales que fluyen por tal sección.

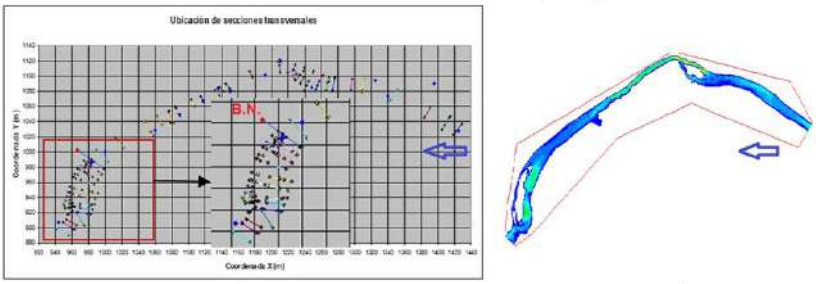


Figura 3. *Ubicación de las secciones transversales, sus correspondientes marcas de referencia y del banco de nivel (B.N.) (a), en un tramo de río (b).*

En la figura 5b se observa un tramo de río y en la figura 5a el perfil natural de profundidades máximas del terreno del mismo tramo de río (*i.e.* thalweg), así como los perfiles de flujo obtenidos utilizando las alturas de la superficie libre del agua que se determinaron en cada sección transversal y para cada uno de los caudales de medición. A la par con la topografía, como insumo para la simulación de la hidrodinámica, se obtienen las características del cauce que le proporcionan resistencia al flujo, las cuales servirán para determinar el coeficiente de rugosidad "*n*" de Manning utilizando valores típicos de la literatura (Henderson, 1966).

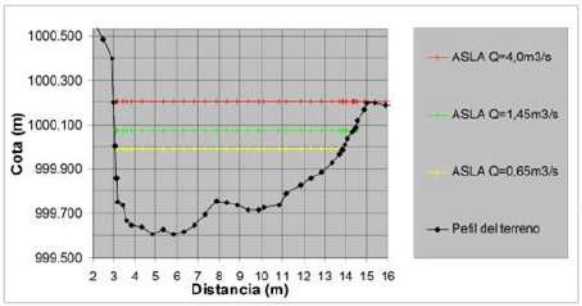


Figura 4. *Perfil de una sección transversal (i.e. perfil del terreno) con los puntos levantados que la delinean, y las alturas de la superficie libre del agua (ASLA´s) para tres caudales diferentes.*

CONCLUSIONES. En el presente trabajo se proporciona información para obtener una representación adecuada de la morfología de cauce de un río, de cara a su utilización en

un modelo unidimensional para la simulación de la hidrodinámica fluvial y en un sistema para la simulación del hábitat físico, con la finalidad de determinar los requerimientos hídricos del ecosistema (e.g. la determinación del régimen de caudales ecológicos o ambientales). Es fundamental tener en cuenta, que la correcta modelización de la hidrodinámica fluvial y, por lo tanto, la simulación del hábitat, dependen de manera crítica de la calidad de la representación de la geomorfología del cauce del río.

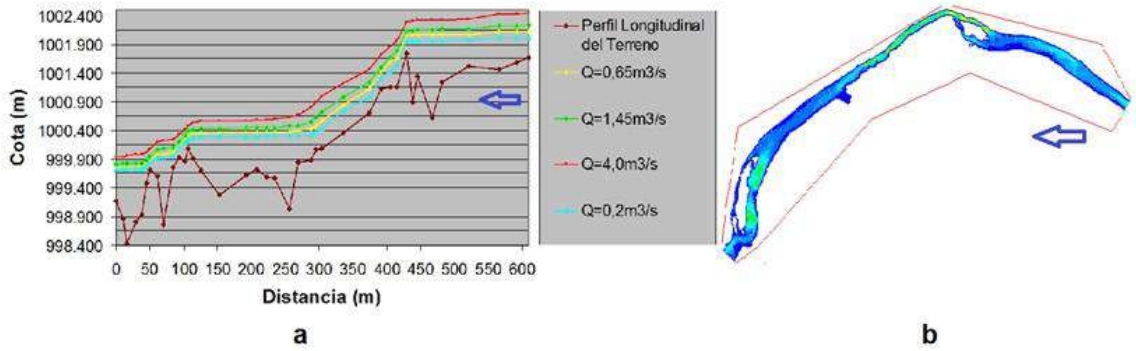


Figura 5. *Perfil longitudinal del terreno en la línea de profundidades máximas (thalweg) y perfiles de flujo (a), obtenidos en un tramo de río (b), para cuatro caudales diferentes.*

REFERENCIAS.

1. Bovee, K.D. (1992): A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Fort Collin, CO., U. S. Fish and Wildlife Service.
2. Bovee K. D., B. L. Lamb, J. M. Bartholow, C.B. Stalnaker, J. Taylor and J. Enriksen. (1998). Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD-1998-0004.viii+131 pp.
3. Jowett, I.G. (1998): RHYHABSIM for DOS. User's Manual. New Zealand. 61pp.
4. MESC (2001). PHABSIM for Windows. User's Manual and Exercises. Midcontinent Ecological Science Center. Open File Report 01-340. United States of America.
5. Milhous, R.T., Wegner, D.L, y Waddle, T. (1984): Physical Habitat Simulation System User's Guide. Instream Flow Information Paper No. 11. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-81/43.
6. Stalnaker, C., Lamb, B.L., Henriksen, J., Bovee K., and Bartholow, J. (1995): The Instream Flow Incremental Methodology, A primer for IFIM. Biological Report 29. U.S. Department of the Interior, National Biological Service. Washington, D.C.
7. Henderson, F. M. (1966): Open channel flow. Macmillan Publishing Co., Inc. New York. 522 pp.
8. Herschy, R.W. (1999): HYDROMETRY Principles and Practices. Wiley. Segunda Edición. Inglaterra. 376 pp.
9. Milhous, R.T., Updike, and Schneider, D.M. (1989): Physical Habitat Simulation System Reference Manual - Version II. Instream Flow Information Paper No. 26. U.S. Fish and Wild. Serv. Biol. Rep. 89 (16). v.p.
10. Secretaría de Economía. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2012): Norma Mexicana (NMX-AA-159-SCFI-2012) Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. México. 123 pp.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 8. Recursos Forestales e Hidrológicos, Sanidad, Medio Ambiente, Cambio Climático y Ecotecnias

Octubre, 2024

ID: CV0824110

IMPORTANCIA DE LOS MODELOS DE CONVENIENCIA DE HÁBITAT EN LA SIMULACIÓN DEL HÁBITAT FÍSICO FLUVIAL PARA DETERMINAR CAUDALES ECOLÓGICOS

Ezequiel García Rodríguez[1], Ricardo Ruiz Chávez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ezequiel.garcia@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ricardo.ruiz@umich.mx

Palabras Clave: Modelos de conveniencia de hábitat, caudales ecológicos, NMX-AA-159-SCFI-2012.

RESUMEN. Resumen
Para conservar los ecosistemas fluviales en condiciones adecuadas se establecen regímenes de caudales ecológicos que se determinan con base en diferentes metodologías. En la Norma Mexicana NMX-AA-159- SCFI-2012 se establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas de México, y una de las metodologías incluidas en esta norma es la basada en la simulación del hábitat físico fluvial que, cabe mencionar, es una de las más utilizadas a nivel internacional. Para la simulación del hábitat físico fluvial se requiere información hidráulica, topográfica y biológica. La información biológica suele estar representada por una serie de modelos que se desarrollan con base en lo conveniente que resulte el hábitat fluvial para el desarrollo de una o varias especias objetivo de conservación. En el presente trabajo se analizan los diferentes modelos de conveniencia de hábitat que se desarrollan para utilizarlos en la simulación del hábitat físico fluvial, con la finalidad de determinar regímenes de caudales ecológicos con base en información biológica adecuada.

INTRODUCCIÓN. Los ríos han estado ligados históricamente al desarrollo de la humanidad ya que son fuente de alimento, de agua para diferentes usos y además de los efectos ambientales positivos de su presencia. El consumo del agua de los cuerpos fluviales ha ido aumentando a partir del crecimiento de la población, y se han construido grandes obras de ingeniería que han permitido tomar, cada vez, una mayor cantidad de sus recursos. Si se pretende seguir disfrutando de los recursos fluviales, de manera sostenible, se debe tener presente la necesidad de conservar los ecosistemas fluviales adecuadamente y, para este fin, determinar regímenes de caudales ecológicos o ambientales. La Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 (Secretaría de Economía, 2012) establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, y en la misma se incluye una metodología hidrobiológica basada en la simulación del hábitat físico fluvial, en la que se emplean datos topográficos e hidráulicos que se obtienen directamente del río en estudio, así como datos biológicos relativos a las especies a proteger. Con los datos biológicos se generan modelos de conveniencia de hábitat que, junto a los demás datos mencionados, constituyen el insumo para los sistemas de simulación, y estos últimos permiten obtener

curvas que relacionan los caudales que fluyen por el río respecto a la cantidad de hábitat con condiciones adecuadas para la(s) especie(s) cuyas curvas de conveniencia se introdujeron en el sistema de simulación (i.e. curvas caudal-hábitat). Las curvas caudal-hábitat constituyen información básica para el diseño de los regímenes de caudales ecológicos o ambientales. Por lo antes mencionado, la aplicación de la simulación del hábitat para determinar caudales ecológicos, contenida en NMX-AA-159-SCFI-2012, requiere el desarrollo de modelos de conveniencia de hábitat, sin embargo, a diferencia de lo que sucede en otros países, cabe mencionar que en México es necesario trabajar más intensamente al respecto, por lo que este tema constituye un área a de oportunidad.

ANTECEDENTES. En la metodología hidrobiológica basada en la simulación del hábitat físico, contenida en la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, se requiere información topográfica, hidráulica y biológica para estimar los caudales ecológicos o ambientales (fig. 1). La información biológica relativa a las especies de referencia u objetivo de protección, se incluye en el proceso de simulación del hábitat mediante los modelos o criterios de conveniencia, y/o preferencia de hábitat, que se obtienen a partir de los datos levantados en campo (fig. 2). *Curvas de Requerimiento de Hábitat (CRH).* - Las curvas de requerimiento de hábitat pretenden modelizar, de la mejor manera posible, los rasgos de comportamiento característicos de los estadios de vida de una especie que habite o haya habitado en el río en estudio (Bovee, 1986). Las curvas de requerimiento de hábitat, de las especies y de sus correspondientes estadios de desarrollo, representan el grado en que el hábitat les es favorable y, por lo tanto, la calidad de dichas curvas (en cuanto a realismo y precisión) será determinante en el éxito en la modelización del hábitat. Las curvas de requerimiento de hábitat son de varios tipos o categorías, los cuales se describen más adelante. Cabe mencionar que el aspecto simple de las curvas o modelos de requerimiento de hábitat, puede dar una idea que suele reducir la magnitud del esfuerzo que representa su obtención (MESC, 2001).

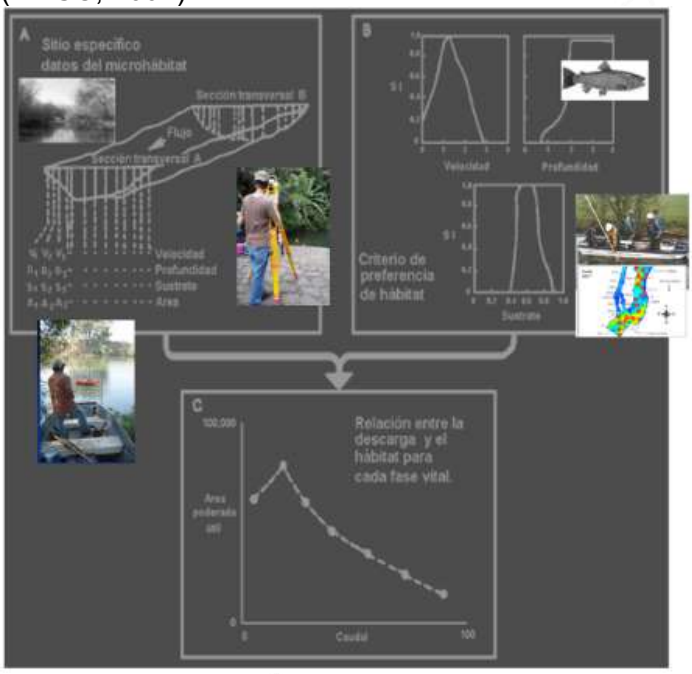


Figura 1.- *Etapas en la simulación del hábitat físico hidráulico (modificado de Stalnaker et al., 1995).*

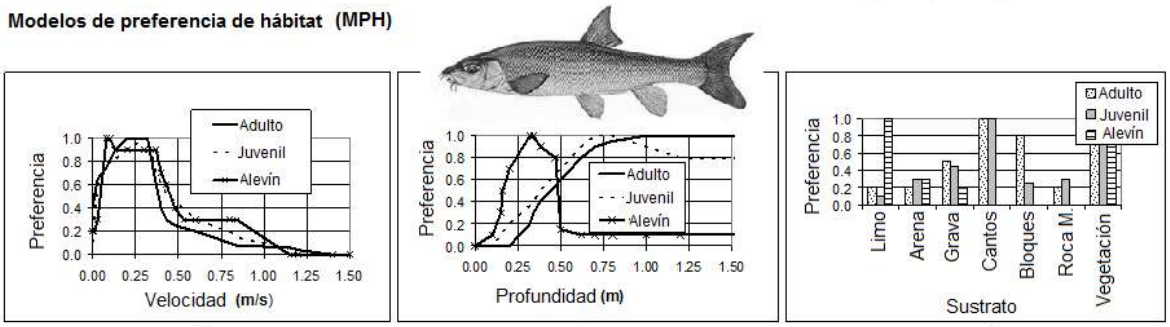


Figura 2. *Modelos de Preferencia de Hábitat de tres estadios de desarrollo de la especie Barbus bocagei (Modelos: García de Jalón, 2000).*

● *Categorías de las Curvas o modelos de Requerimiento de Hábitat.* - La categoría de las curvas de requerimiento de hábitat se refiere al tipo de información que se ha utilizado para desarrollarlas.

Categoría I. Este tipo de curvas se basan en la opinión de expertos. Su principal ventaja es que se pueden obtener de una manera más rápida y con un costo considerablemente menor que las curvas que se basan en información obtenida en campo. Su desventaja consiste en que, si no se justifican las bases de su obtención, pueden surgir problemas de credibilidad en las personas que no han participado en su desarrollo.

Categoría II. Las curvas de categoría II (fig 3), también conocidos como curvas de utilización de hábitat, se basan en el análisis de frecuencia de las características (medidas) del microhábitat utilizado por las especies y sus estadios de desarrollo.

De acuerdo con Bovee (1986), existen varios métodos para obtener la información que se emplea en el desarrollo de las curvas de categoría II: (a) Mediante observación directa del microhábitat que utilizan los peces. Esta observación se puede hacer a nivel de la superficie del agua, mediante buceo, o apoyándose en la video-grabación subacuática. (b) Mediante biotelemetría, que implica la implantación de un transmisor en los organismos objetivo. (c) Mediante electropesca (*i.e.*, con equipo convencional o mallas preposicionadas), y (d) mediante muestreadores de área (*i.e.,* redes y dispositivos con mallas de diferentes tipos).

El precursor conceptual del primer Sistema de Simulación del Hábitat Físico (PHABSIM) es un método de obtención de datos para desarrollar curvas de categoría II, implementado por el Departamento de Pesca de Washington (Collins, *et al*., 1972). Este método consiste en localizar numerosos frezaderos de salmón del pacífico y medir la velocidad y el tirante del agua en varios sitios de cada frezadero, para diferentes caudales, con la finalidad determinar el área de freza disponible. Con base en estos datos de desarrollaron curvas se requerimiento de hábitat.

Categoría III. Estas curvas (fig. 3) se desarrollan de manera similar a las de categoría II, con la diferencia que se introduce una corrección por disponibilidad de hábitat. La corrección se basa en el principio de que los organismos seleccionan el hábitat más favorable, pero si no tiene disponible este tipo de hábitat seleccionarán otro dentro de las opciones que se le presenten; y consiste en comparar la cantidad de hábitat utilizado por el organismo con la cantidad disponible, obteniendo un índice de preferencia. A las curvas de requerimiento de hábitat de categoría III también se les llama curvas o modelos de conveniencia o preferencia de hábitat.

Independientemente de que las curvas desarrolladas sean de los tipos II o III, la obtención de la información con la que se construyen suele representar una importante inversión de recursos, por esta razón es común utilizar los criterios existentes en corrientes diferentes a

aquellas en las que se obtuvieron los datos. Por lo tanto, es importante verificar que la transferencia sea adecuada. Existen métodos para probar la transferibilidad de los criterios de preferencia de una corriente (corriente fuente) a otra (corriente destino). Uno de estos métodos se puede consultar en Thomas y Bovee (1993).

OBJETIVO. Analizar el estado, en México, en la obtención de modelos o curvas de requerimiento de hábitat, en general, y en particular de modelos de conveniencia o preferencia de hábitat, para la simulación del hábitat físico aplicado a la determinación de caudales ecológicos o ambientales.

RESULTADOS. En México se ha efectuado la simulación del hábitat de en varios ríos, utilizando curvas, modelos o criterios de conveniencia o preferencia del hábitat, sin embargo, es todavía relativamente pequeño el número de casos, así como el desarrollo mismo de los modelos de preferencia de hábitat. En García *et al*. (1999), se describe la obtención de las curvas de preferencia de hábitat de la especie *Dorosoma smithii*, y su utilización en la simulación del hábitat en un tramo del río Santiago, aguas abajo de la presa San Rafael, en el estado de Nayarit. Se describe, también, la obtención de la curva caudal-hábitat para determinar el caudal que maximiza el hábitat potencialmente utilizable por la especie mencionada. En Meza *et al*. (2017), se describe un estudio de caudales ecológicos en la cuenca del Río Ayuquila-Armería, y la utilización de la simulación del hábitat seleccionando dos especies objetivo: "*Agonostomus monticola* (Bancroft, 1834) y *Allodontichthys zonistius* (Hubbs, 1932)", y se generaron las "curvas de idoneidad de hábitat" que, de acuerdo con lo que se menciona en el trabajo, se trata de modelos de tipo II.

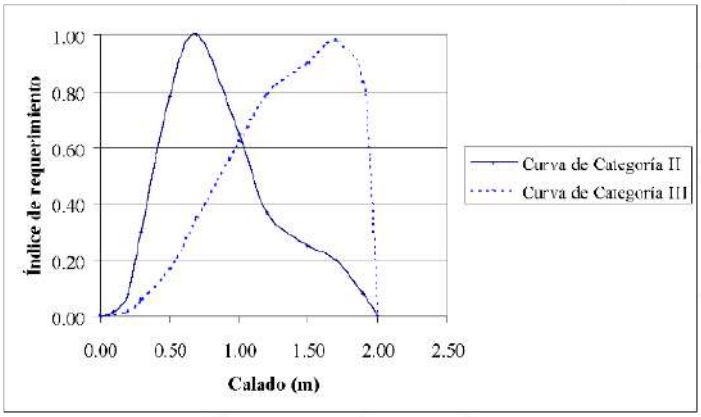


Figura 3. *Comparación de las curvas de requerimiento de profundidad para la trucha común adulta, de categorías II y III (Modificada de Bovee, 1998).*

En Armas-Vargas *et al.* (2017), se describe la simulación del hábitat físico en la Cuenca baja del Río Duero, realizada para cinco especies de peces: "*Menidia jordani, Algansea tincella, Aztecula sallaei, Goodea atripinnis* y *Alloophorus robustus*", utilizando "curvas de idoneidad (Categoría III)" o modelos de conveniencia o preferencia de hábitat.
En Meza *et al*. (2019), se describe la simulación del hábitat efectuado en un tramo del río Ayuquila-Armería, y la utilización de las "curvas de idoneidad de hábitat de las especies: *Nandopsis istlanum* (Jordan y Schneider, 1899), *Astyanax cf. aeneus* (Günther, 1860), *Poecilia butleri* (Jordan, 1889) e *Ilyodon furcidens* (Jordan y Gilbert, 1882)".

En Meza *et al*. (2021), se describe la obtención de "curvas de aptitud del hábitat" basadas en datos de profundidad, velocidad y tipo de sustrato en el río Ayuquila, concretamente de las especies *Sicydium multipunctatum*, *Agonostomus monticola* y *Allodontichthys zonistius*, y los autores las describen como "curvas univariadas de categoría III".
De acuerdo con Torres-Orozco y Pérez-Hernández (2009), unas 400 especies de peces de las más de 500 que habitan en las aguas interiores de México, están prácticamente confinadas a los ambientes dulceacuícolas, de las cuales en pocos casos, como se ha mencionado anteriormente, se ha trabajado en el desarrollo de las correspondientes curvas o modelos de requerimiento de hábitat, de diferente tipo, por esta razón, y debido a que la metodología basada en la simulación del hábitat se encuentra incluida en la norma mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, se considera importante efectuar un mayor esfuerzo en el desarrollo de modelos de requerimiento de hábitat y, principalmente, de modelos o curvas de conveniencia o preferencia de hábitat, con la finalidad de implementar regímenes de caudales ecológicos en los ríos de México, utilizando las metodologías más confiables.

CONCLUSIONES. En México se debe hacer un mayor esfuerzo en la obtención de modelos de requerimiento de hábitat y, principalmente, de modelos o curvas de conveniencia o preferencia de hábitat, a utilizar en la determinación de los caudales ecológicos, en apoyo a la aplicación de la norma mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, de tal manera que se pudiese contar con un catálogo de información al respecto.

REFERENCIAS.

1. Armas-Vargas F., O. Escolero, D. García de Jalón, L. Zambrano, M. González del Tánago and S. Kralisch. 2017. Proposing environmental flows based on physical habitat simulation for five fish species in the Lower Duero River Basin, Mexico. Hidrobiológica 27 (2): 185-200.
2. Bovee, K. (1986): Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. Instream Flow Paper No. 21. U.S. Fish and Wildlife Service. Fort Collins, Colorado, U.S.A. 235 pp.
3. Bovee K. D., B. L. Lamb, J. M. Bartholow, C.B. Stalnaker, J. Taylor and J. Enriksen. (1998). Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD-1998-0004.viii+131 pp.
4. Collings, M. R., R. W. Smith, y Higgins G. T. (1972). The hydrology of four streams in western Washington as related to several Pacific salmon species. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1968. 109 pp.
5. García, R. E., González-Villela R., Martínez A. P., Átala M. J. y Paz S. G. A.. (1999). Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México. Colección “Manuales”. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Mor., 190 pp.
6. García de Jalón D. (2000): comunicación personal.
7. MESC (2001). PHABSIM for Windows. User’s Manual and Exercises. Midcontinent Ecological Science Center. Open File Report 01-340. United States of America. 288 pp.
8. Meza R. D., Martínez R. L.M., Mercado-Silva N., García de Jalón L. D, González del Tánago-Del Rio M., Marchamalo-Sacristán M, y De la Mora-Orozco C. (2017). Propuesta de caudal ecológico en la cuenca del Río Ayuquila-Armería en el Occidente de México. Lat. Am. J. Aquat. Res., 45(5): 1017-1030, 2017. DOI: 10.3856/vol45-issue5-fulltext-17.
9. Meza R. D., Martínez R. L. M., Olguín L J. L., y Aguirre G. Á. (2019). Simulation of physical habitat in Ayuquila-Armeria river in the west of Mexico. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Vol. 29(2). pp. 53-68. DOI: https://doi.org/10.18359/rcin.3128.
10. Meza R. D., Martínez R. L.M., Mercado-Silva N., García de Jalón L. D, Alonso G. C y Aguirre G. Á (2021). Target species selection and design of fish habitat suitability curves in the Ayuquila-Armería River, western Mexico, International Journal of River Basin Management, 19:2, 179-188, DOI: 10.1080/15715124.2020.1767635

11. Secretaría de Economía. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (2012): Norma Mexicana (NMX-AA-159-SCFI-2012) Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. México. 123 pp.
12. Stalnaker, C., Lamb, B.L., Henriksen, J., Bovee K., and Bartholow, J. (1995): The Instream Flow Incremental Methodology, A primer for IFIM. Biological Report 29. U.S. Department of the Interior, National Biological Service. Washington, D.C.. 44 pp.
13. Thomas, J.A., and Bovee, K.D. (1993): Application and testing of a procedure to evaluate transferability of habitat suitability criteria. Regulated Rivers: Research and Management, Vol. 8, pp. 285-294. John Wiley and Sons, Ltd.
14. Torres-Orozco R. E. y Pérez-Hernández M. A. (2009): Riqueza y regionalización de los peces de México. Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias, 60:3, 44-53, Periodo: Jul-Sep, México. ISSN: 1405-6550.

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 10. Innovación, Competitividad, Desarrollo Regional y Gobierno Digital

Octubre, 2024

ID: CV1024101

PROYECTOS DE HIDRÓGENO VERDE EN EL CENTRO OCCIDENTE DE MÉXICO. ANÁLISIS DESDE LAS CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

Luna Blanca Aldeco García[1], María Liliana Ávalos Rodríguez[2]
1Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidades, UNAM-Morelia; laldeco@iies.unam.mx
2Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM-Morelia; lrodriguez@ciga.unam.mx

Palabras Clave: hidrógeno verde, sostenibilidad, centro-occidente de México.

RESUMEN. El hidrógeno verde (H2V) es el hidrógeno producido por la electrólisis del agua con energía proveniente de fuentes renovables. En el presente trabajo se exploran los proyectos encontrados en la región centro-occidente de México. Estos son tres. Uno en Guanajuato (Delicias Solar II), otro en San Luis Potosí (Neptuno Solar I) y otro en Michoacán (Sin nombre en Lázaro Cárdenas). Se caracterizan por la inversión, la producción de H2V anual , el agua requerida anualmente, el área utilizada y el uso del H2V. Se encontró que dos proyectos iniciarán operaciones en 2027 y otro (el de Michoacán) aún no tiene fecha. Debido a que no están en operación es difícil considerar su impacto actual, pero se realizan anotaciones sobre los posibles impactos ambientales, sociales y económicos de los mismos.

INTRODUCCIÓN. La transición energética es el proceso de reemplazar los combustibles fósiles con fuentes de energía bajas en emisiones de CO2 (UNDP, 2023). Para lograr lo anterior, se pueden emplear varias estrategias; una de ellas es el uso del Hidrógeno (H2), que se puede usar para descarbonizar un gran número de sectores, incluyendo aquellos con grandes emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) como lo son el transporte, la industria y la fabricación de químicos, hierro y acero (IEA, 2019). Debido a lo anterior, se han realizado avances en el uso del H2 y, en 2022, el consumo mundial de H2 fue de 95 millones de tonaldas (Mt), un incremento de cerca del 3% de lo usado en 2021. Se estima que para 2030, el consumo llegue a 150 Mt/anuales y a 530 Mt/anuales (IEA, 2023; van der Spek, 2022). Sin embargo, casi la totalidad de la producción mundial de hidrógeno se produce a partir de combustibles fósiles, lo que significó 900 Mt de emisiones de CO2 en 2022. La producción de hidrógeno bajo en emisiones de carbono aportó menos del 1% en el mismo periodo (1 Mt). A pesar de esto, se espera que la producción de H2 bajo en emisiones pueda alcanzar más de 20 Mt en 2030, es decir un 13.3% del total de H2 del consumo previsto (IEA, 2023). Para lograr lo anterior, se ha realizado investigación alrededor del hidrógeno verde (H2V), que es considerado como el H2 producido por medio de la separación del agua (H2O) en hidrógeno (H2) y oxígeno (O) en un proceso llamado electrólisis, mediante energía proveniente de fuentes renovables (AMH2, 2022). A pesar de su ventajas, el H2V también enfrenta diversas críticas, como lo son su dificultad para ser almacenado y transportado, la cantidad de energía y agua usada durante su producción o

su precio actual en el mercado (Fogler, 2022). Debido a esto, resulta imprescindible generar estudios integrales que permitan entender los proyectos de hidrógeno en su contexto, tomando en cuenta factores ambientales, sociales y económicos.

ANTECEDENTES. México ya cuenta con un mercado de H2 a nivel nacional, consumiendo aproximadamente 220,000 ton/año. El 98.6% de ese mercado está cautivo en manos de Petróleos Mexicanos (PEMEX) que lo utiliza para sus procesos químicos. El resto del mercado se utiliza para el comercio, tanto a nivel nacional como internacional. Todo el hidrógeno que se produce en México es hidrógeno gris, es decir, obtenido a través de combustibles fósiles (HINICIO, 2021). Es importante señalar también que México es un país con amplio potencial en energía renovable. Estas energías, acopladas al hidrógeno son una vía prometedora para la descarbonización (Morales Ramos et al, 2017). A pesar de lo anterior, aún no se cuenta con una Estrategia Nacional del Hidrógeno, sin embargo, en 2024 la Secretaría de Energía (SENER) publicó los “Lineamientos en Materia de de Hidrógeno” que buscan “establecer las prioridades del Estado Mexicano en torno a la adopción y despliegue del hidrógeno…” (SENER, 2024). Sin embargo, la Asociación Mexicana de Hidrógeno (AMH2) ha lanzado su hoja de ruta, con el fin de empezar a trabajar en los ámbitos considerados cruciales para generar una industria de hidrógeno verde en el país (AMH2, 2022).

OBJETIVO. El objetivo general es explorar los proyectos de hidrógeno verde en la región centro occidente del país y observar los impactos ambientales, sociales y económicos en la región.
Para lograr lo anterior, se llevarán a cabo los siguientes objetivos particulares:
1) identificar los proyectos de hidrógeno verde en la región centro occidente
2) caracterizar los proyectos identificados por su naturaleza y
3) reportar los impactos que han tenido en la región y sus implicaciones.
En caso de que los proyectos apenas se encuentran en etapas de desarrollo, buscar proyectos similares alrededor del mundo para tratar de hacer una inferencia al contexto mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS. El primer paso fue la definición de la región. Se decidió utilizar la regionalización en mesoregiones, que divide al país en cinco (Noroeste, Noreste, Centro, Centro Occidente y Sureste). La principal razón de usar esta regionalización fue que fue propuesta por los mismos estados y que ha sido usada por el gobierno federal desde el 2001. Además, cada región cuenta con un Fideicomiso para la realización de proyectos, así como planes regionales de desarrollo. La elección de la región centro occidente se debió a su importancia en términos poblacionales y económicos; ya que es que es la tercera más poblada del país, tiene el segundo puerto más importante y tiene una importante contribución económica en actividades primarias, secundarias y terciarias. Esta región conforma por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (FIDERCO, 2008). Para la selección de proyectos de uso el mapa de proyectos de hidrógeno verde de la Asociación Mexicana de Hidrógeno (AMH2) (https://h2mex.org/mapa-de-proyectos/) y se consultó con notas periodísticas y comunicados de prensa, tanto Estatales como de

RESULTADOS. Al realizar la investigación, se encontraron tres proyectos anunciados. Sin embargo, ninguno está en operación actualmente. La información obtenida proviene de las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) de los proyectos, así como de anuncios de gobiernos estatales. Estos proyectos son:

Proyectos de hidrógeno verde en el centro occidente del país.

Proyecto: “Delicias Solar II”
Ubicación: San Luis de la Paz, Guanajuato.
Inversión: $3,931 MDP (Millones de Pesos)
Producción de H2V: 4, 425 T/anuales a través de electrólisis con energía solar
Agua requerida: 48,000 m3/anuales
Área requerida: 166.2250 ha
Uso del H2V: Blending con gas natural para la producción de energía eléctrica
Inició de operaciones: 2027.
Fuente: MIA “Delicias Solar II” (2021).

Proyecto: “Neptuno Solar I”
Ubicación: Villa de Arriaga, San Luis Potosí.
Inversión: $9,931.2 MDP
Producción de H2V: 18, 263 T/anuales a través de electrólisis con energía solar
Agua requerida: 274,000 m3/ anuales
Área requerida: 326.0491 ha
Uso del H2V: Blending con gas natural para la producción de energía eléctrica
Inició de operaciones: 2027.
Fuente: MIA “Neptuno Solar I” (2021).

Proyecto: Sin nombre.
Ubicación: Lázaro Cárdenas, Michoacán.
Inversión: Sin datos
Producción de H2V: Sin datos.
Agua requerida: Sin datos
Área requerida: Sin datos
Uso del H2V: Sin datos, pero pensado para sectores industrial, transporte, automotriz, entre otros.
Inició de operaciones: Sin datos.
Fuente: Comunicado del Gobierno de Michoacán (2023)

De los datos obtenidos, las dos plantas que entrarán en operación en 2027 estarían generando conjuntamente 22,688 toneladas de H2V al año con una inversión de $13,862.2 MDP, usando un total de 322,000 m3 de agua/anual y 492.2741 ha de terreno. Ambos se estarían usando para proyectos de blending, es decir, añadir hidrógeno en un porcentaje al gas natural usado para producir electricidad en centrales eléctricas. El porcentaje de hidrógeno puede variar entre un 5% a un 20%, de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2022).

Los estados dónde se instalarán los proyectos son Guanajuato y San Luis Potosí. En estos, el agua renovable es de 3,933 hm3/año y 11,113 hm3/año respectivamente (CONAGUA, 2024). Por tanto, el requerimiento de agua supone, en ambos casos, el 0.02% aproximadamente del agua renovable disponible para cada uno de los estados. Si bien es posible que se puede requerir de más agua, el porcentaje es similar a los obtenidos por Tonelli et al (2023), donde menciona que el uso de agua para proyectos de hidrógeno a nivel mundial se encuentra en torno al 0.13% al 0.56% del agua fresca disponible.

En términos de terreno a utilizar en ambos proyectos, de acuerdo a sus MIA's, se arrendaron terrenos agrícolas a los dueños, por lo que no se afectarían áreas naturales ni alteraría hábitats naturales. Sin embargo es importante tener en cuenta que muchos proyectos energéticos no toman en cuenta la justicia ambiental, y las repercusiones negativas suelen estar del lado de los históricamente desfavorecidos. Los procesos de producción, almacenamiento y transporte del H2V deben ser cuidadosamente estudiados al momento de establecer este tipo de proyectos (Fogler, 2022). En términos sociales, los empleos generados en ambos proyectos son durante todas las etapas del mismo. Sin embargo, sería necesario saber el tipo de empleo generado a largo plazo. La AMH2 considera que los proyectos de H2V generarán alrededor de 340 mil empleos en total de aquí al 2050 (AMH2, 2022). En términos económicos, la inversión requerida es hecha por parte de las empresas interesadas en el proyecto, sin inversiones públicas. A pesar de esto, si se quisiera aumentar la cantidad de H2V usada para el blending, la CFE tendría que actualizar sus plantas, pues sus centrales de ciclo combinado no pueden aceptar esa mezcla (Solís, 2024). Finalmente es importante recalcar que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha sido notificada varias veces de las modificaciones del permiso y según Walter Julián Ángel Jiménez, comisionado de la CRE, las empresas no han iniciado la producción de las plantas debido a los cambios en la legislación y buscan que "...se apalancan con las acciones del Estado para este generar utilidades y rendimientos…" (Velásquez, 2024).

CONCLUSIONES. Los compromisos internacionales que México ha firmado permiten establecer diferentes estrategias para enfrentar el cambio climático. El H2V puede ser uno de ellos. En términos ambientales, los GEI evitados gracias al H2V podrían ayudar a cumplir sus compromisos. Sin embargo, habría que hacer mucho más fino el análisis en términos de agua y territorio, para que los proyectos no generen injusticias ambientales. También resulta crucial la creación de una Estrategia Nacional en materia de Hidrógeno, para que ofrezca una visión clara sobre cómo se realizarán futuros proyectos.

REFERENCIAS.

1. Asociación Mexicana de Hidrógeno (AMH2). 2022. Hidrógeno Verde: El vector energético para descarbonizar la economía de México
2. Comisión Federal de Electricidad. 2022. CFE trabaja en proyectos de hidrógeno verde para minimizar dependencia de gas natural. https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2442
3. Fideicomiso para el Desarrollo de la Región Centro Occidente (FIDERCO). 2008. Región Centro-Occidente. Programa de Desarrollo. https://www.centroccidente.org.mx/downloads/Folleto-Informativo-RCO.pdf
4. Fogler, C. 2022. Hydrogen: Future of clean energy or a false solution?. Sierra Club. https://www.sierraclub.org/articles/2022/01/hydrogen-future-clean-energy-or-false-solution
5. Gobierno de Michoacán. 23 de noviembre de 2023. Valoran Bedolla y Siemens instalación de planta productora de hidrógeno en LC. Disponible en: https://michoacan.gob.mx/noticias/valoran-bedolla-y-siemens-instalacion-de-planta-productora-de-hidrogeno-en-lc/
6. HINICIO. 2021. Hidrógeno verde en México:el potencial de la transformación. Tomo I: Contexto nacional e internacional del hidrógeno verde. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
7. International Energy Agency. (IEA). 2019. The future of Hydrogen. Seizing today's opportunities.
8. International Energy Agency. (IEA). 2023. Global Hydrogen Review 2023.
9. Manifestación de Impacto Ambiental "Planta Fotovoltaica de Generación de Energía Eléctrica para la Producción de Hidrógeno Verde Delicias Solar II". 2021. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2021/11GU2021E0013.pdf
10. Manifestación de Impacto sobre el proyecto "Planta Fotovoltaica de generación de energía eléctrica para la producción de hidrógeno verde Neptuno Solar 1". 2021. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/slp/estudios/2021/24SL2021E0026.pdf

11. Morales Ramos, A. C; Pérez Figueroa, M; Pérez Gallardo, J. R; De León Almaraz, S. 2017. Energías renovables y el hidrógeno: un par prometedor en la transición energética de México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes 25 (70): 92-101.
12. Secretaría de Energía (SENER). 2024. Lineamiento en materia de Hidrógeno.
13. Solís, A. 2024. CFE considera no factible el uso de hidrógeno verde para producir electricidad en México. Bloomberg en línea. Disponible en: https://www.bloomberglinea.com/latinoamerica/mexico/cfe-considera-imposible-el-uso-de-hidrogeno-verde-para-producir-electricidad-en-mexico/
14. Tonelli, D., Rosa, L., Gabrielli, P. et al. Global land and water limits to electrolytic hydrogen production using wind and solar resources. Nat Commun 14, 5532. https://doi.org/10.1038/s41467-023-41107-x
15. United Nations Development Programme (UNDP). 2023. Strengthening Energy Governance Systems. An energy governance framework for a just energy transition.
16. van der Spek, M. et al. 2022. Perspective on the hydrogen economy as a pathway to reach net-zero CO2 emissions in Europe. Energy Environ. Sci., 15, 1034. DOI: 10.1039/d1ee02118d.
17. Velasquez, B. 2024. Delicias Solar en México: un proyecto de hidrógeno verde estancado en el papeleo. Climatetracker.org. Disponible en: https://climatetrackerlatam.org/historias/delicia-solar-en-mexico-un-proyecto-de-hidrogeno-verde-estancado-en-el-papeleo/

Eje 2. Áreas prioritarias de las humanidades, la ciencia, la tecnología e innovación innovación para el desarrollo del Estado.
Mesa 11. Experiencias de vinculación e integración del conocimiento con las necesidades del Estado

Octubre, 2024

ID: CC1124101

LA VIOLENCIA CONTRA LA MUJER: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EN URUAPAN, MICHOACÁN

***Alondra Maribel Reyes Alonzo*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; kalakuas50@gmail.com

Palabras Clave: Mujeres, Refugio, Violencia, Género y Protección.

RESUMEN. El análisis central del presente trabajo, es el estudio de una estructura jurídica que tiene repercusiones sociales, en relación a la violencia de género, aspecto que se relaciona con un sistema que, aunque invisible aún tiene vigencia en la actualidad, robustecido mediante testimonios de las mismas víctimas de violencia y fortalecido por los resultados de las políticas públicas centradas en el principio de perspectiva de género. Pretendiendo reflejar el estatus del municipio de Uruapan, desde distintos ámbitos, y el mismo sentido de la actual declaratoria de alerta de violencia de género, así como, la eficacia de esta medida que busca el adelanto de los derechos de las mujeres y la erradicación de la violencia.

INTRODUCCIÓN. El día 1 primero de febrero del año 2007 se publicó en el diario oficial de la Federación, la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, en la cual refiere las distintas formas de violencia a las cuales está sujeta una mujer, cabe mencionar que las mujeres forman parte de uno de los sectores vulnerables de la sociedad, esto a raíz de los estereotipos, patrones culturales y de creencias basados en la subordinación de las mujeres frente a la figura masculina, mismos que van aprendiéndose de generación en generación. Existen normas especializadas para la protección de las mujeres, en la cual se enuncian sus derechos humanos, incluyendo el derecho a una vida libre de violencia, aunado a que existen normas internacionales, para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra la mujer, el municipio de Uruapan, se encuentra entre los municipios con alerta de violencia de género, es preocupante que a pesar de que obran dentro de los instrumentos jurídicos, normas protectoras para las mujeres, el municipio de Uruapan, es uno de los municipios con foco rojo en el estado de Michoacán, con respecto a las mujeres a las cuales se les violenta el derecho a una vida libre de violencia. En la mencionada ley se establece que entre las diversas formas de violencia contra la mujer destacan la violencia física, psicológica, económica, patrimonial y sexual, al ser un tema que ha trascendido a través de los años, y visibilizado por movimientos de mujeres y teorías feministas, resulta necesario abundar sobre las consecuencias de la violencia de género, pero sobre todo la forma en que se percibe ante la sociedad. La violencia contra las mujeres, por mucho tiempo se consideró normal; sin embargo, es importante también desarrollar, las políticas y acciones que el estado realiza para atender este problema, pero sobre todo para garantizar el derecho de las mujeres a una vida libre de violencia.

ANTECEDENTES. En el municipio de Uruapan, Michoacán y en relación con la violencia familiar, que ha sido en su mayoría de las veces perpetrada por el sexo masculino por muchas décadas han impedido que la mujer alcance su grado de independencia y autonomía, así como de su pleno desarrollo como persona.

Los estereotipos basados en la subordinación del género marcadamente por el dominio del género varonil han discriminado y ha cometido una violación de derechos humanos en contra de la mujer. En el sistema jurídico mexicano desde la Constitución, los tratados internacionales, las leyes secundarias y la jurisprudencia, han establecido normas, criterios y directrices para encumbrar a la mujer en estos menesteres, reconociéndoles desde la vida, la personalidad jurídica, su identidad, así como el derecho a una vida libre de violencia, así como a la integridad y seguridad personal.

Existen leyes, instituciones, sentencias, jurisprudencia que avala que la mujer tiene el derecho a su libre desarrollo de la personalidad y a su derecho a una vida libre de violencia, así como procedimientos penales para asegurar sus garantías jurídicas, todo ello existe, pero la realidad es que no se ha cumplido con ese dogma considero que existe un caso no previsto en las leyes, y que no se ha tomado en serio el delito de violencia familiar, de tal forma que ni siquiera está previsto en el catálogo de delitos graves establecidos por el Código Nacional de Procedimientos Penales.

Las autoridades han hecho hincapié en lograr la justicia en las mujeres que son víctimas de violencia y en el máximo respeto a sus derechos humanos, existen conversatorios feministas, movimientos que han ayudado a reflejar la violencia contra las mujeres, pero no han sido suficientes puesto que la realidad jurídica aún es insuficiente, mismo que llevan a las mujeres a la falta de credibilidad a un recurso, sumando a ello la revictimización a las que están sujetas por quienes atienden el problema de forma directa.

El día 27 de junio del año 2016 la Secretaría de Gobernación a través de la Comisión Nacional para Prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres (CONAVIM), emitió la declaración de Alerta de Violencia de Genero contra las Mujeres en los Municipios del estado de Michoacán siguientes: Uruapan, Pátzcuaro, La Piedad, Apatzingán, Lázaro Cárdenas, Ciudad Hidalgo, Morelia, Zamora, Maravatìo, Zitácuaro, Los reyes, Tacámbaro, Huetamo y Sahuayo, de la mencionada Declaración se desprendió lo siguiente:

“SEGUNDO. Con fundamento en los artículos 22, 23, fracción II, y 26 de la Ley General de Acceso, así como 38 BIS, fracción I de su Reglamento, el gobierno del Estado de Michoacán y los gobiernos municipales mencionados en el párrafo que antecede, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán adoptar las acciones que sean necesarias para ejecutar las medidas de seguridad, prevención y justicia que se enuncian a continuación y todas aquellas que se requieran para garantizar a las mujeres y niñas que se encuentran bajo su jurisdicción, el derecho a vivir una vida libre de violencia. Las medidas que aquí se establecen son complementarias, no excluyentes, a las propuestas por el grupo de trabajo en su informa y a las que surjan a partir de la implementación de las mismas o de las necesidades que se presente.

Con base en el artículo 26, fracción I de la Ley General de Acceso, se deberán adoptar las medidas necesarias para garantizar el derecho de acceso a la justicia y que se investiguen y resuelvan con la debida diligencia y exhaustividad todos los casos de violencia contra las mujeres.

La efectividad en el cumplimiento de esta medida se encuentra plenamente relacionada al fortalecimiento de la Procuraduría General de Justicia particularmente la Fiscalía Especializada para la Atención de delitos de Violencia Familiar y de Género, a la diligente ejecución de medidas como la elaboración de protocolos de investigación, cadena de

custodia y servicios periciales con base en estándares internacionales, así como la efectividad de la estrategia de capacitación a servidoras y servidores públicos"

Posteriormente el día 24 veinticuatro de octubre del año 2017 dos mil diecisiete se publicó en el periódico Oficial del Estado el Programa para atender la declaratoria de Alerta de Violencia de Género para el Estado de Michoacán de Ocampo la cual establece:

"En la Ley General de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia, se establece en su artículo 21, que los homicidios de mujeres y otras formas de muerte violenta pueden ser resultado de la violencia feminicida, la cual se define como la forma extrema de violencia de género contra las mujeres, producto de la violación de sus derechos humanos, en los ámbitos público y privado, conformada por el conjunto de conductas misóginas que pueden conllevar impunidad social y del Estado y pueden culminar en homicidio y otras formas de muerte violenta de mujeres.

Ante la prevalencia de distintas formas de violencia contra las mujeres en el Estado de Michoacán y el dictamen del Grupo de Trabajo, la Secretaria de Gobernación a través de la Comisión Nacional para prevenir y Erradicar la Violencia contra las Mujeres (CONAVIM), notifica el 27 de junio del 2016, al gobierno del estado de Michoacán, la emisión de la Declaratoria de Alerta de violencia de Género contra las Mujeres en catorce Municipios, considerados foco rojos: Uruapan, Pátzcuaro, La Piedad, Apatzingán, Lázaro Cárdenas, Ciudad Hidalgo, Morelia, Zamora, Maravatìo, Zitácuaro, Los reyes, Tacámbaro, Huetamo y Sahuayo. Tras la Declaratoria, conforme a las palabras del Secretario de Gobernación, Miguel Ángel Osorio Chong y del Gobernador Constitucional del Estado de Michoacán, el Ing. Silvano Aureoles Conejo, en el sentido de la responsabilidad de los gobiernos federal, estatal y municipales, así como de la sociedad civil y la organizaciones de mujeres, de buscar las alternativas para atender el tema, considerando y optimizando los protocolos para prevenir, atender, aplicar la justicia y abatir y erradicar la violencia contra las mujeres en Michoacán"

Y con respecto al apartado de Justicia y Reparación menciona que: El acceso a una vida libre de violencia es uno de los derechos fundamentales de las mujeres. Una condición para garantizarlos es que las instituciones encargadas de brindar justicia estén adecuadamente preparadas para garantizar el acceso a la justicia y reparación del daño a las víctimas y sus familias. Con una normatividad que garantice su seguridad e integridad, así como la de sus hijas e hijos, y su patrimonio. La incidencia es necesaria para que las mujeres se constituyan en ciudadanas que conocen, exigen y defienden sus derechos.

De igual manera, el 10 diez de septiembre del año 2020 dos mil veinte se publicó en el mismo periódico oficial, el Acuerdo 17/202 por el que se expide el modelo de Actuación con Perspectiva de Género e Inclusión de la Fiscalía General del Estado, sin embargo este tema no ha sido atendido de manera eficaz, pues a través de la práctica se ha podido ver que cuando se presentan a denunciar las mujeres, son re victimizadas, y se les obliga a participar en los mecanismos alternativos de solución de controversias y a las que se les pregunta sobre el consentimiento de acceder a uno de estos mecanismos no se les explica en que consiste este procedimiento, de igual forma la mayoría no son judicializados y los que se judicializan los agresores en su mayoría no obtienen una pena privativa de libertad, puesto que el delito de violencia familiar no está catalogado como delito grave dentro del Código Nacional de Procedimientos Penales, de igual forma los agresores pueden acceder a formas anticipadas de terminación del proceso, esto es grave para el desarrollo de la sociedad, en virtud de que el ciclo de violencia se repite con los descendientes del núcleo familiar y fuera de disminuir el problema el hecho de que las mujeres no cuentan con seguridad jurídica, va en crecimiento.

OBJETIVO. Analizar el estado social y la eficacia jurídica, con respecto a las acciones implementadas en un municipio con Alerta de Violencia de Género, que cuenta con un refugio especializado para violencia extrema, las consecuencias y las formas en que las victimas perciben la violencia. Analizar y estudiar cómo se encuentra la violencia en el municipio de Uruapan. Se pretende desentrañar a partir de testimonios de mujeres, cómo son los procesos de violencia, sus consecuencias y las percepciones que las víctimas tienen de ellos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Desarrollar las diversas teorías de los conceptos de género, al igual que el significado que tiene la violencia y sus modalidades. Analizar las estadísticas relevantes en Michoacán con respecto a distintos rubros en materia de violencia contra las mujeres. Reflejar el funcionamiento de los refugios especializados para mujeres víctimas de violencia extrema y los recursos estructurales con los que cuenta Michoacán para atender a sobrevivientes de la violencia. Visibilizar el aspecto sociodemográfico del municipio de Uruapan y las forma que las victimas perciben la violencia y los aspectos jurídicos para atenderla.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizará una presentación con base en la investigación realizada en diferentes rubros, el primero de aportes teóricos y científicos con una comparación en relación a las leyes. Posteriormente se analizarán estadísticas relacionadas con la situación actual de la violencia de género en Michoacán, en tercer lugar se analizarán datos obtenido de un municipio de Alerta de Violencia de Género y el impacto con todos los municipios que se encuentran en este, y por último se realizará un análisis de entrevistas realizadas a víctimas de violencia bajo un análisis de acuerdo a la sistematización de entrevistas audiograbadas de la percepción de la seguridad para las mujeres.
a) El presente trabajo de investigación tendrá un carácter analítico y siguiendo una parte dogmática y de campo.
b) Métodos aplicables:
i. Intuitivo
ii. Deductivo
iii. Inductivo
iv. Analítico
v. Comparativo
c) Técnicas aplicables:
i. Dogmático:
I. Bibliografía
II. Hemerografía
III. Legislación
IV. Informática Jurídica.
V. Cibernética
ii. De campo:
I. Entrevistas

RESULTADOS. En el municipio de Uruapan, Michoacán, la violencia contra la mujer es una situación grave que trastoca la vida e integridad de cientos de mujeres. Se puede afirmar esto, ya que, dicho lugar fue declarado con alerta de violencia de género. La investigación

que se pretende realizar, sustenta una hipótesis relacionada con el hecho de que el municipio de Uruapan, es declarado con Alerta de Violencia de Género, esta declaratoria se realiza mediante un análisis sociológico en el territorio donde se pretende entablar esta declaratoria. Precisamente ante esta declaratoria, resulta importante saber el estado actual de la situación a 7 años de que se emitió, siendo importante comprobar si en realidad las políticas públicas, instrumentos jurídicos han sido suficientes para atender el problema de fondo, lo cual considero que el estado se enfoca mucho en las consecuencias de la violencia, pero la parte de prevención y visibilizarían se encuentra deficiente para frenar los resultados de la violencia que en muchas de las veces terminan en la muerte. Lo anterior se analizará desde la mezcla de perspectivas teóricas, científicas, jurídicas y de campo, con la finalidad de obtener un resultado más certero en las conclusiones.

Área 1: Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124101

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES DE UN MANANTIAL ANTROPIZADO EN MICHOACÁN, MÉXICO

Andrea Pérez Pérez[1], Arely Ramírez García[2], Omar Domínguez Domínguez[3]

1 Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1921653g@umich.mx

2 Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; arelyr@umich.mx

3 Laboratorio de Biología Acuática, Facultad de Biología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; omar.dominguez@umich.mx

PALABRAS CLAVE: Peces nativos, índices de diversidad, Área Natural Protegida

RESUMEN. En el municipio de Zacapu, Michoacán, México, se encuentra un Área Natural Protegida, en la cual se encuentra un lago y una zona de manantiales “La Zarcita”. esta área presenta alta diversidad de peces nativos y endémicos importantes para la conservación. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la estructura de la comunidad de peces del manantial la Zarcita. Los muestreos se realizaron de manera bimestral de febrero a diciembre del 2023, en cuatro sitios del manantial. Se colocaron 10 trampas tipo nasa y se realizó un arrastre con red tipo chinchorro, con ayuda de la unión de pescadores. Los individuos capturados se colocaron en cubetas con agua del sitio, fueron sexados, identificados, contados y pesados en húmedo, después se regresaron al sitio de donde fueron sacados, todo con la menor manipulación posible. Se aplicó el índice de Shannon para evaluar la abundancia de especies, el estimador Chao1 para representar la riqueza y el índice de PSIRI para la dominancia. Los resultados mostraron once especies, pertenecientes a cinco familias; siete nativas y cuatro exóticas. Se colectaron un total de 4,228 individuos, con una biomasa total de 32,5415.6 g. Temporal y espacialmente, la especie Oreochromis niloticus (exótica) fue la más dominante (PSIRI 2.6), seguida de Goodea atripinnis (PSIRI 0.9) (nativa). De acuerdo al estimador Chao1 una de las zonas del manantial presentó la mayor riqueza (10 especies), y el menor con 5. Se concluye que el manantial se encuentra colonizado por especies exóticas, y las nativas presentan abundancias bajas, por lo que se debería tener un control de especies exóticas y tomar medidas de conservación de especies nativas en esta Área Natural Protegida.

INTRODUCCIÓN. México cuenta con un número importante de ríos, manantiales y lagos al centro del país, lo que ha permitido la diversificación y alta riqueza de los peces de agua dulce (Domínguez-Domínguez et al., 2006). Debido a esto, se han creado herramientas para conservar la biodiversidad de especies, como son las Áreas Naturales Protegidas (ANP) las cuales además sirven para usar de manera sustentable los recursos naturales (Vela-Espinosa, 2023). En ejemplo, de una ANP, es el Lago de Zacapu, fue declarado y designado desde del 2005 como un sitio Ramsar y una ANP (Zubieta-Rojas et al., 2005), este lago pertenece a la cuenca del río Lerma-Chapala, y esta, además de ser la más grande en el oeste central de México, es de importancia para la conservación de la biodiversidad íctica, puesto que el 66% de las especies son endémicas, considerándose el mayor porcentaje, entre las cuencas de México (Acuña-Lara et al., 2006). El lago de Zacapu es un cuerpo de agua natural que cuenta con alrededor de 20 manantiales de agua fría (19°C), que afloran en el extremo suroeste del valle de Zacapu, entre los que destacan por importancia, la Angostura, Ojo de Agua y otros pequeños manantiales ubicados en el interior del vaso lacustre (Zubieta-Rojas et al., 2004),

uno de los manantiales que están fuera del Lago Zacapu, es una zona de manantiales llamado la Zarcita, el cual también es parte del ANP, el cual actualmente es un parque recreativo.
A pesar de la existencia de ANP, realizar estudios de comunidades de peces, es importante en la conservación de las especies, ya que son indicadoras de la salud de los ecosistemas acuáticos (Hernández-Ojendi et al., 2020). Debido a lo anterior, en el presente trabajo se evaluará la estructura íctica de una zona de manantiales del parque recreativo "La Zarcita", es importante mencionar la importancia de esta investigación, debido a que no existen trabajos previos dicho sitio sobre la fauna íctica, lo cual podrá aporta información valiosa para la actualización del Plan de Manejo del Área Natural Protegida.

ANTECEDENTES. Ramírez-García et al. (2022) estudiaron la comunidad de peces del lago de Zacapu en dos décadas diferentes: de enero a octubre de 1995 y de mayo de 2019 a mayo de 2020. Analizaron cambios en la composición, abundancia, diversidad y dominancia de las especies, así como su relación con la calidad del agua. Encontraron que, aunque las trece especies (once nativas y dos exóticas) estaban presentes en ambas décadas, la especie dominante cambió (de un ciprínido a un aterinópsido) y disminuyó la abundancia de especies sensibles. Concluyeron que esto indica una reducción de especies nativas y que es necesario proteger su diversidad. Por su parte, Chávez-Campos (2023) estudió la comunidad de peces en un río de Teuchitlán, Jalisco, durante un año con muestreos bimensuales. Encontró diez especies, cinco exóticas, con P. bimaculatus y X. helleri como las más abundantes. La riqueza de especies fue mayor en los manantiales y la parte baja del río, mientras que la media mostró menor riqueza. Aunque el río está dominado por especies exóticas, los manantiales mantienen abundantes especies nativas, favorecidas por las condiciones ambientales.

OBJETIVOS. Determinar la estructura y composición de la comunidad íctica de manera temporal y espacial en la zona de manantiales La Zarcita. Establecer si existe relación entre la comunidad íctica y las variables ambientales del agua de la zona de manantiales La Zarcita. Comparar la estructura y composición de la comunidad íctica de los cuatro estanques (sitios) que presenta la zona de manantiales La Zarcita.

MATERIALES Y METODOLOGÍA. El manantial es utilizado como parte del parque natural, se encuentra ubicado en las coordenadas 19°49'20" N y 101°47' 48" W (figura 1). Está bordeado con rocas y concreto, dividido en 3 estanques (sitios) que están conectados mediante compuertas por las cuales circula el agua.

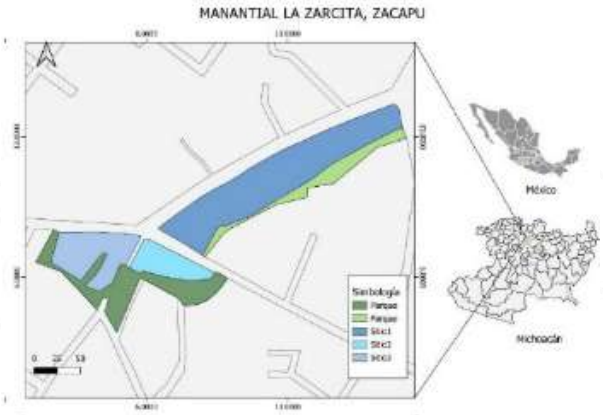


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio y los sitios de muestreo, en el parque La Zarcita ubicado en Zacapu Michoacán, México.

Variables ambientales y colecta de material biológico. Mediante una sonda multiparamétrica (YSI, EXO2; YSI Inc., Yellow Springs, OH, U.S.A) se tomaron las variables ambientales que fueron: temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos y conductividad. La colecta de los individuos se llevó a cabo de manera bimestral de febrero a diciembre del 2023. Se realizó mediante la colocación 10 de trampas "nasa" (Gee-minnow-traps© G-40) colocadas de manera estratégica de los tres estanques del manantial. Las trampas se instalaron por intervalos de 60 minutos y a su vez, una red de tipo "chinchorro". Los individuos capturados se colocaron en cubetas con agua del sitio, fueron separados, sexados, e identificados, para después ser contados y pesados en húmedo por especie, estos después fueron regresados al estanque de donde fueron sacados y todo este proceso se llevó a cabo con la menor manipulación posible para que lo peces regresen vivos a su sitio.

Análisis estadísticos. Se realizaron análisis de acuerdo a la serie de números de Hill, donde se evaluó la diversidad de orden 1 (abundancia de especies) utilizando el exponencial del índice de Shannon, la diversidad de orden 0 (riqueza de especies) con el estimador no paramétrico Chao1 y para evaluar la dominancia en cuanto a la abundancia (diversidad de orden 2) se utilizó el Índice de Valor Biológico (IVB) y para medir la dominancia de acuerdo a la biomasa de cada especie, se utilizó el Índice de Importancia Relativa Especifico para Presas (%PSIRI). Se realizo un Análisis Multivariado Permutado de la Varianza (PERMANOVA) para comparar las comunidades de peces en los cuatro manantiales, y para observar la relación entre las variables fisicoquímicas del agua y las especies, se utilizó el análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS).

RESULTADOS. Se encontraron once especies, seis nativas (Chirostoma humboldtianum, Goodea atripinnis, Alloophorus robustus, Skiffia lermae, Zoogoneticus quitzeoensis, Xenotoca variata, Poeciliopsis infans) y cinco exóticas (Pseudoxiphophurus bimaculatus, Xiphophorus helleri, Carassius auratus, Oreochromis niloticus) Se colectaron un total de 5,465 individuos y se obtuvo una biomasa total de 326,720.1 g

De acuerdo con la diversidad de orden 1 (abundancia de especies), el mes de diciembre fue el que mayor abundancia (1.972) de especies presento y febrero el menos abundante (1.752), en cuanto a los sitios, el B fue el más abundante (1.972).

De acuerdo con la diversidad de orden 0 (riqueza de especies), diciembre y octubre (9 especies) son los meses que obtuvieron mayor riqueza, abril y agosto los más bajos (7 especies), en cuanto a los sitios el B fue el que presento mayor riqueza de especies (11 especies). En la diversidad de orden 2 (dominancia) el Índice de valor biológico (IVB) las especies que presentaron los valores de dominancia más altas en todos los meses de muestreo fueron O. niloticus (0.556%) y P. bimaculatus (0.0558%) El mes que obtuvo puntajes más altos fue el mes de agosto. En la diversidad de orden 2 (dominancia) el índice PSIRI indica que la especie O. niloticus en todos los sitios (1.0) y bimestres (2.6) fue la especie más dominante en cuanto a su biomasa. El PERMANOVA mostró que no presentan diferencias significativas temporalmente de la comunidad de peces de la Zarcita ($p = 0.998$). Sin embargo, espacialmente si existen diferencias significativas ($p = 0.004$) en la comunidad de peces entre los sitios. Estas diferencias fueron corroboradas a través de los resultados del análisis de coordenadas principales (PCA) los cuales muestran que los sitios A y B son cercanos.

El análisis de NMDS (figura 2) mostro que el OPR se encuentra estrechamente relacionado con las especies C. humboldtianum y X. variata, G. atripinnis, O. niloticus y X. helleri se encuentran en cercanía al igual que los sitios A y B en cada bimestre. En cuanto a los

nitratos y la temperatura se muestra una relación con P. bimaculatus y S. lermae en el sitio C en cada bimestre. En cuanto a los demás parámetros fisicoquímicos no presentan relevancia o relación con sitios u especies.

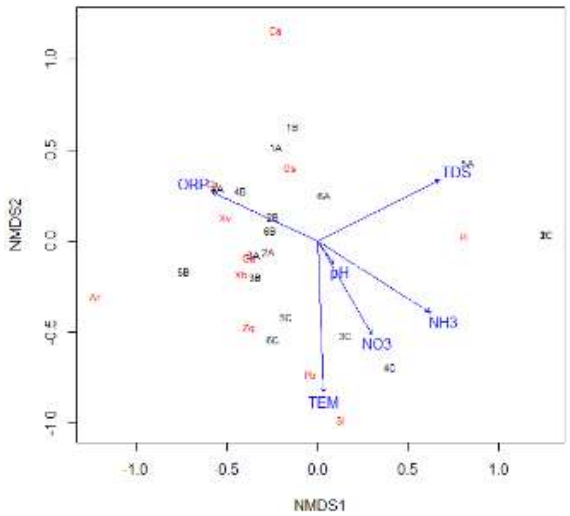


Figura 2. Análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS) entre las variables fisicoquímicas de los sitios del manantial La Zarcita y las abundancias de especies de manera espacial y temporal.

CONCLUSIONES. La zona de manantial de la Zarcita se encuentra dominada por especies exóticas, O. niloticus y P. bimaculatus son las más abundantes y dominantes y a pesar de que las X. variata y G. atripinnis presentan abundancias altas, se necesita cuidado primordial para las demás especies nativas, a fin de evitar su extinción en el manantial. Las variables ambientales demostraron que existe contaminación en el manantial la Zarcita, por lo que debe trabajar en erradicar con los focos que contaminan el cuerpo de agua, debido a que son parte del problema que enfrentan las especies sensibles y por lo cual existen bajas abundancias de ellas, especialmente de las pertenecientes a la familia Goodeidae.

REFRENCIAS

1. Domínguez-Domínguez, O., Doadrio, I. y Pérez-Ponce de León, G. (2006). Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using secondary Brooks parsimony analysis. Journal of Biogeography, 33, 1437-1447.
2. Vela-Espinosa D., Díaz-Ruiz S., López-Pérez A. y Valencia-Méndez O. (2023). Composición, distitividad taxónomica y diversidad beta de la ictiofauna marina del Parque Nacional Huatulco. Revista Mexicana de Bidiversídad. Vol. 94. e94497417https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.4974
3. Zubieta-Rojas, T, Alvarado-Villanueva R, Ortega-Murillo MR, Medina-Nava M y Sánchez-Heredia J D. (2005). Plan de Manejo del área natural protegida “Laguna de Zacapu y su ribera”. Ciudad de México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
4. Acuña-Lara J. O., Martina-Nava M. y Zubieta-Rojas T (2006). Hábitos alimentarios de dos especies de peces vivíparos de la Mintzita. Cuenca Lerma-Chapala Michoacán, México. BIOLÓGICAS No. 8, pp. 47-60
5. Zubieta-Rojas T, Nava-Martina M y Segura-García V. (2004). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1465RIS.pdf
6. Hernández-Ojendi, R., Ayala-Pérez, L. A., Esquivel-Herrera, A., y Vega-Rodríguez, B.I. (2020). Estructura de la comunidad de peces de la Laguna Mecoacán, Tabasco, México. JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático 2(1): 1-18. doi 10.26359/52462.0120
7. Ramírez-García A., Domínguez-Domínguez O., Lépez—López E., Montecayo-Estrada R. y Cruz-Agüero J. (2022). Temporal changes in the fish community structure of a small subtropical spring lake: Decadal and seasonal análisis. Ecology of FRESHWATER FISH. 2022;00:1-11.

8. Chávez-Campos M. (2023). Estructura de la comunidad de peces de un río antropizado del centro de México. [Tesis de licenciatura] Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo

Área 1. Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124102

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS POR Pseudomonas reptilivora UTILIZANDO GLICEROL A NIVEL MATRAZ

Vanessa Garnica-Aquino[1], Yolanda Gómez-Alcaraz[2], Wendolyne Monroy-Martínez[3], Ma. del Carmen Chávez-Parga[4], Juan Carlos González-Hernández[5]

1 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, I20120856@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, I20120858@morelia.tecnm.mx

3 División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, 1400383e@umich.mx

4 División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, cparga@umich.mx

5 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, juan.gh@morelia.tecnm.mx

PALABRAS CLAVE: Polihidroxialcanoatos, Psedomonas reptilivora, plásticos

RESUMEN Los plásticos derivados del petróleo han originado diversos problemas ambientales debido a que el tiempo de degradación que presentan son excesivamente largos. Con el objetivo de reducir esta problemática, se han desarrollado investigaciones enfocadas en encontrar alternativas que reemplacen a los plásticos, por ejemplo, el uso de los polihidroxialcanoatos (PHA). Los PHA son polímeros biodegradables producidos por bacterias específicas, sin embargo, su producción a nivel industrial resulta costosa comparándolos con los plásticos derivados del petróleo. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es establecer las condiciones que permitan aumentar la producción de PHA mediante un diseño experimental de cribado 22 utilizando la bacteria Pseudomonas reptilivora. Se estudiaron los efectos de las diferentes concentraciones de glicerol, como fuente de carbono y sulfato de amonio como nutriente limitante. Las variables de respuesta a estudiar fueron la concentración de PHA (g/L), biomasa (g/L), velocidad específica de crecimiento (h-1), rendimiento producto/sustrato (YP/S) (g/g) y rendimiento biomasa/sustrato (YX/S) (g/g). La mayor producción de PHA fue de 0.7712 g/L ± 0.03856 en el T2, la mayor μ se obtuvo en el T2 (0.0670 h-1), el mayor YP/S con un valor de 0.0305 en el T1 y el mayor YX/S se obtuvo en el T4 (0.2915). Se concluyó que las condiciones que favorecen la producción de PHA son empleando exceso de fuente de carbono (20 g/L de glicerol) y limitando el aporte de nitrógeno (0 g/L de sulfato de amonio).

INTRODUCCIÓN. Con el fin de reducir la contaminación del ambiente producida por el uso excesivo de plásticos, se han realizado investigaciones sobre alternativas que puedan reemplazarlos. Los polihidroxialcanoatos (PHA) son polímeros biodegradables y biocompatibles producidos por ciertos microorganismos. Los PHA presentan una variedad de aplicaciones en las industrias alimentarias, biomédicas y biotecnológicas, convirtiéndolos en una opción apta para el reemplazo de los plásticos convencionales. Sin embargo, una gran desventaja de los PHA son los altos costos de producción, por lo que se requieren estrategias de obtención que logren reducir estos costos. La bacteria P. reptilivora posee la capacidad de producir PHA de cadena media (mcl-PHAs) como método defensivo ante condiciones de estrés con el objetivo de almacenar carbono y energía. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es evaluar las diferentes concentraciones de glicerol para la producción de PHA por P.

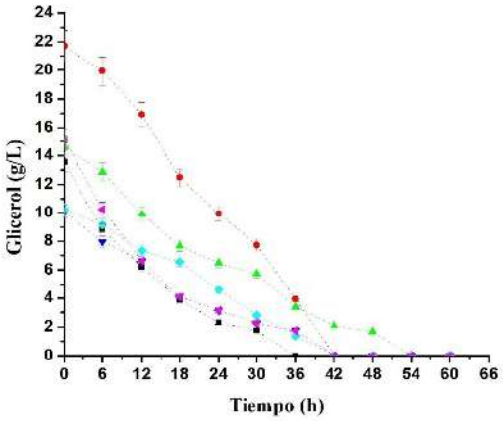
reptilivora, realizando un diseño experimental de cribado 22 utilizando el software Statgraphics 18 ®.

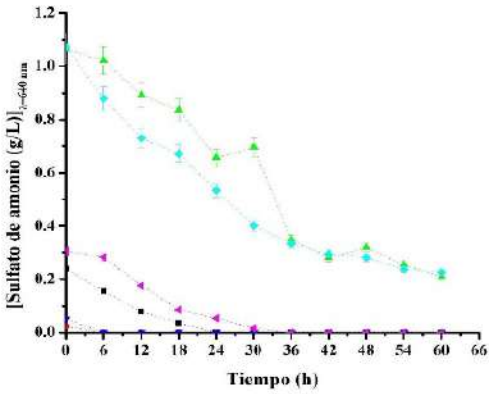
ANTECEDENTES. En 2022, Rodriguez et. al., demostraron que P. aeruginosa ORA9 era capaz de producir PHA en medio mineral con aceite residual de fritura (ARF) como fuente de carbono a nivel biorreactor, asociando la acumulación de PHA con el crecimiento celular ya que su rendimiento máximo se vio reflejada en la fase exponencial (hora 50 del cultivo), dando como conclusión que un tiempo de cultivo prolongado no beneficia la obtención de PHA en esta cepa (Rodriguez et. al., 2022). Por otro lado, Cornejo (2022) estudio los parámetros más importantes para una óptima producción de PHA en el microorganismo aislado Bacillus Gram negativo usando como sustrato el subproducto del cacao que la industria desecha (mucílago del cacao) mediante una fermentación sumergida con la presencia de bacterias aisladas de la cáscara del cacao, estos parámetros dieron como resultado una mayor producción cuando hay ausencia de nitrógeno, temperaturas altas aproximadas a 40°C y un pH neutro controlado (Cornejo, 2022).

OBJETIVOS. Analizar la producción de PHA por P. reptilivora empleando diferentes concentraciones de glicerol como fuente de carbono y sulfato de amonio a nivel matraz.

OBJETIVOS PARTICULARES. Realizar un diseño experimental de cribado 2^2 para la producción de PHA. Determinar los parámetros cinéticos de crecimiento microbiológico para la producción de PHA por *P. reptilivora* a nivel matraz. Establecer las condiciones que permitan aumentar la producción de PHA por*P. reptilivora* a partir del análisis estadístico de resultados.

MATERIALES Y METODOLOGÍA. Con el programa Statgraphics 18 ® se realizó un diseño de cribado 2^2, el cual generó seis tratamientos experimentales para la producción de PHA utilizando a la bacteria *P. reptilivora*, se estudiaron los efectos de las diferentes concentraciones de glicerol como fuente de carbono y sulfato de amonio a nivel matraz, el glicerol teniendo como límite superior 20 g/L y como límite inferior 1 g/L, asimismo, el sulfato de amonio presentó como límite superior 1 g/L y como límite inferior 0 g/L. Las variables de respuesta a estudiar fueron la concentración de PHA (g/L), la biomasa (g/L), la velocidad específica de crecimiento (h^{-1}), el rendimiento producto/sustrato ($Y_{P/S}$) (g/g) y el rendimiento biomasa/sustrato ($Y_{X/S}$) (g/g). Los tratamientos experimentales se llevaron a cabo a 200 rpm y 30ºC durante 60 h y la toma de muestras se realizó cada 6 horas. Se inició con un pre-inóculo de la bacteria *P. reptilivora* en caldo nutritivo Mueller Hilton, para comenzar la fermentación. Después, se tomó muestra para realizar las distintas determinaciones, la determinación de biomasa se llevó a cabo con un método espectrofotométrico conocido como densidad óptica y mediante un método gravimétrico llamado peso seco (Arredondo, *et. al*., 2017); la determinación de nitrógeno se llevó a cabo con el método de Berthelot, este método es empleado para cuantificar el ion amonio ($NH4^+$) que está presente en el medio (Kimble *et al*., 2006); la determinación de glicerol se realizó con el método de Malaprade-Hantzsch, el método se basa en la conversión de glicerol a formaldehído (Kuhn *et. al*., 2015); la determinación espectrofotométrica de PHA se llevó a cabo utilizando el método de Law & Slepecky, que se basa en la cuantificación del ácido crotónico (Law & Slepecky, 1960).

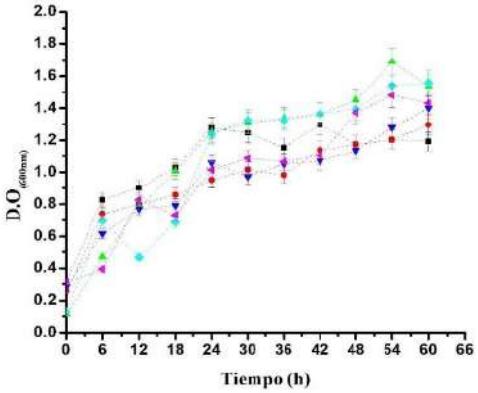




RESULTADOS

Figura 1. Cinética de crecimiento bacteriano mediante la técnica de densidad óptica a nivel matraz (λ=600nm) (■T1, ●T2, ▲T3, ▼T4, ♦T5 y ◄T6).

Figura 2. Gráfico del consumo de glicerol como fuente de carbono por la bacteria P. reptilivora (■T1, ●T2, ▲T3, ▼T4, ♦T5 y ◄T6).



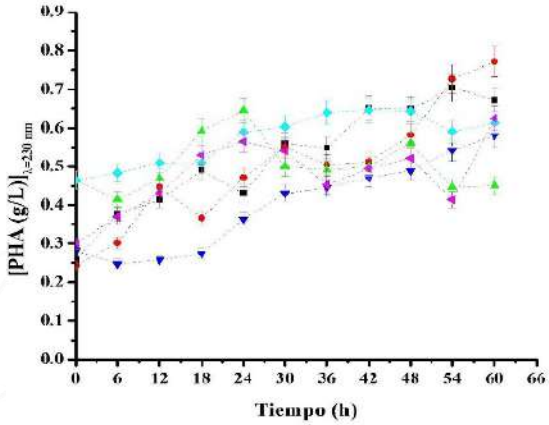
De acuerdo con los resultados obtenidos se observa (Fig. 1) que el T3 fue el que mayor crecimiento bacteriano obtuvo, con una D.O de 0.18 µ a las 60 h, logrando que la bacteria *P. reptilivora* tuviera una velocidad de crecimiento exitosa.

Figura 3. Gráfico del consumo de sulfato de amonio como nutriente limitante por la bacteria P. reptilivora (■T1, ●T2, ▲T3, ▼T4, ♦T5 y ◄T6).

Figura 4. Cuantificación de PHA por la bacteria P. reptilivora durante la fermentación. (■T1, ●T2, ▲T3, ▼T4, ♦T5 y ◄T6).

Se muestra el consumo de glicerol como fuente de carbono (Fig. 2) donde el T1 presentó la mayor velocidad de consumo a las 36 h, a diferencia del T3 que tuvo un consumo total hasta las 54 h. Por otra parte, el consumo del sulfato de amonio como nutriente limitante (Fig. 3) se logró con mayor rapidez en el T2, también se observa que en T3 y T5 el sulfato de amonio no se llegó a consumir por completo, lo cual se adjudica a que ambos tratamientos contienen la mayor concentración de sulfato de amonio (1 g/L). La mayor producción de PHA (Fig. 4) durante la fermentación se logró en el T2, con un valor máximo de 0.77 g/L a las 60 h.

***Tabla 1**. Mejores condiciones de fermentación para la producción de PHA por P. reptilivora.*



Variables			
	Límite superior	**Límite inferior**	**Óptimo**

Glicerol	20 g/L	10 g/L	20 g/L
Sulfato de amonio	1 g/L	0 g/L	0g/L

CONCLUSIONES. El uso del programa Statgraphics 18 ® permitió llevar a cabo un diseño experimental de cribado 22 para la producción de PHA mediante el desarrollo de seis tratamientos experimentales. La mayor producción de PHA fue de 0.7712 g/L ± 0.03856 en el T2 cuyas condiciones fueron de 20 g/L de glicerol y 1 g/L de sulfato de amonio. En el T2 se obtuvo la mayor μ (0.0670 h-1), el mayor YP/S con un valor de 0.0305 en el T1 y el mayor YX/S se obtuvo en el T4 (0.2915). Se obtuvieron las mejores condiciones de fermentación para aumentar la producción de PHA, las cuáles fueron 20 g/L de glicerol y 1 g/L de sulfato de amonio obteniendo 0.7697 g/L ± 0.03849.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecen los donativos parciales del Tecnológico Nacional de México en la Convocatoria 2024 de Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Proyecto: Evaluación de la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) por *Pseudomonas reptilivora* utilizando glicerol como fuente de carbono a nivel matraz (19544.24-P).

REFRENCIAS

1. Arredondo, V., & Vega, V. (2007). Determinación de peso seco y contenido orgánico e inorgánico. Researchgate.net.
2. Briggitte, J., & Pérez, P. (2019). Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de camote (ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado del petróleo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
3. Carrasco Tarrillo, S. S. (2024). Efecto de la variación de la temperatura y la concentración de melaza de caña de azúcar en la producción de polihidroxialcanoatos por bacterias termófilas aisladas de la fuente termal Quilcate, Cajamarca, 2022.
4. Geisseler, D., Horwath, W. R., Joergensen, R. G., Ludwig, B. (2010). Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms – A review. Soil Biology and Biochemistry,42 (12), 2058-2067. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.021.
5. Law, J. H. & Slepecky, R. A. (1961). Assay of poly-β-hydroxybutyric acid. Journal of Bacteriology, 82(1):33-36. doi:10.1128/jb.82.1.33-36.1961.
6. Parra, J. (2019). Obtención de biofilm a partir del almidón de Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de Camote (Ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
7. Kuhn, Jennifer, Müller, Hagen, Salzig, Denise, & Czermak, Peter. (2015). A rapid method for an offline glycerol determination during microbial fermentation. Electronic Journal of Biotechnology, 18(3), 252-255. https://dx.doi.org/10.1016/j.ejbt.2015.01.005
8. Kurian, N.S. y Das, B. (2021). Análisis comparativo de varios procesos de extracción basados en economía, ecología, pureza y recuperación de polihidroxialcanoato: una revisión. Revista internacional de macromoléculas biológicas, 183, 1881–1890.

Área 1. Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124103

EVALUACIÓN DEL EFECTO MICROBICIDA EN BIOPELÍCULAS ENRIQUECIDAS CON EXTRACTO DE CÁSCARA DE GRANADA (Punica granatum)

Karitza Barrios-Carreon[1], Gertzain Cruz-Pille[2], Rafael Lara-Hernández[3], Juan Carlos González-Hernández[4]

1Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; l20120821@morelia.tecnm.mx
2 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; l19120707@morelia.tecnm.mx
3 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; rafael.lh@morelia.tecnm.mx
4 Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx*

RESUMEN. Este proyecto se centró en evaluar el efecto microbicida de biopelículas enriquecidas con extracto de cáscara de granada (Punica granatum), conocido por sus propiedades antioxidantes y microbicidas, y su efectividad en la reducción de la carga microbiana. Para su evaluación, las biopelículas fueron aplicadas en el hongo Pleurotus ostreatus. El extracto se obtuvo mediante el método Soxhlet utilizando etanol como solvente, y se determinó su actividad antioxidante con los reactivos 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH•) y 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato) (ABTS•+), logrando un porcentaje de inhibición del 74.18% y 82.53% respectivamente. Se formularon dos biopelículas diferentes: una con carboximetilcelulosa, goma arábiga y glicerina, y otra con almidón, ácido cítrico, glicerina y goma xantana. El análisis estadístico con Minitab17®, mediante prueba de regresión factorial general dónde el valor de P=0.053 y P=0.939 para la carboximetilcelulosa y el almidón modificado respectivamente, concluyendo que estadísticamente el porcentaje de carboximetilcelulosa afecta la carga microbiológica, sin embargo no es el caso para el almidón modificado. El análisis estadístico indicó que el porcentaje de carboximetilcelulosa afecta la carga microbiológica sin alterar las propiedades organolépticas del hongo. La biopelícula de carboximetilcelulosa redujo la carga microbiana en un 71.59%, mientras que la biopelícula de almidón logró una reducción del 31.01%. Estos resultados confirman que las biopelículas enriquecidas con extracto de cáscara de granada son efectivas en la reducción de la carga microbiana, subrayando su potencial como agente microbicida natural en la conservación de alimentos. Se recomienda optimizar las formulaciones para equilibrar la actividad microbicida con propiedades como flexibilidad y adhesión, además de evaluar su impacto en la calidad sensorial y viabilidad comercial.

PALABRAS CLAVE: Recubrimientos, Biopelículas, Punica granatum.

INTRODUCCIÓN. En el campo de la conservación de alimentos, el enfoque en recubrimientos biodegradables y seguros ha aumentado debido a las preocupaciones ambientales y de seguridad alimentaria. Las biopelículas de extracto de cáscara de granada se han destacado como una prometedora solución para prolongar la vida útil de los alimentos asegurando su calidad y seguridad. La granada Punica granatum es conocida por sus propiedades nutricionales, y su cáscara, un subproducto de la industria de procesamiento, contiene compuestos bioactivos: polifenoles (flavonoides, taninos y ácidos fenólicos), estos componentes pueden extraerse y usarse para crear biopelículas como recubrimientos alimentarios. El hongo Pleurotus ostreatus comúnmente conocido como hongo ostra, se cultiva

comercialmente debido a su sabor delicado y su versatilidad culinaria, es una fuente rica en proteínas, fibra, vitaminas y minerales, además se le atribuyen propiedades antioxidantes y beneficios potenciales para el sistema inmunológico.
Este proyecto se enfoca en desarrollar biopelículas a base de Carboximetilcelulosa, almidón modificado y extracto de cáscara de granada para evaluar su capacidad de reducir la carga microbiana y mejorar la conservación del hongo P. ostreatus.
Se evaluó la disminución de la densidad de carga microbiana y mediante un análisis estadístico su eficacia obteniendo en prospectiva la capacidad de prolongar la vida útil del hongo, mejorar su calidad y aportar propiedades antimicrobianas y antioxidantes.

ANTECEDENTES. Se han realizado investigaciones sobre el desarrollo de biopelículas a partir de extractos de diferentes frutas, como manzanas, cítricos y uvas, para su uso como recubrimientos en alimentos. Estos estudios han demostrado las propiedades microbicidas, antioxidantes y barrera a la humedad de estas biopelículas (Jamilah et al., 2017; Abdollahi et al., 2019). Los recubrimientos comestibles a base de biopolímeros han sido ampliamente estudiados como una alternativa sostenible a los recubrimientos convencionales en la industria alimentaria. Estos recubrimientos pueden mejorar la calidad y la vida útil de los alimentos al formar una barrera protectora contra microorganismos, gases y humedad (Sánchez-González et al., 2011; Ali et al., 2020). Se han realizado determinaciones de actividad antimicrobiana en aceite esencial de semilla de granada (P. granatum) mediantes algunos métodos como lo son métodos de concentración inhibitoria mínima (CIM) y concentración bactericida mínima (CBM), cuyos resultados sugieren que el aceite de semillas de granada es un prometedor agente antimicrobiano alternativo en el control de las infecciones de origen alimentario (Da Nóbrega Albuquerque et al., 2024).

OBJETIVOS. Evaluar el efecto microbicida de biopelículas enriquecidas con extracto de cáscara de granada (P. granatum), determinando su eficacia en la reducción de la carga microbiana y su capacidad para mejorar la conservación del hongo Pleurotus ostreatus.

MATERIALES Y METODOLOGÍA. La obtención del extracto se realizó mediante el método de Soxhlet, utilizando etanol como solvente. Una vez obtenido el extracto etanólico, se elimina el etanol residual mediante rotovaporización. Los extractos resultantes fueron evaluados para determinar su actividad antioxidante utilizando los métodos DPPH$^{\bullet}$ y ABTS$^{\bullet+}$. Para preparar el extracto de cáscara de granada, se inició con el lavado y secado de las cáscaras a 60°C durante 36 horas. Posteriormente, las cáscaras secas se trituraron y tamizaron utilizando una malla 20, y se almacenaron en bolsas selladas dentro de un desecador, protegido de la luz, para preservar los compuestos fenólicos. El extracto se obtuvo utilizando el método de Soxhlet. Se colocaron 5 gramos de muestra en cartuchos de celulosa y se extrajeron con etanol como solvente, manteniendo el matraz a una temperatura de 78-80°C. Tras la extracción, el extracto se concentró en un rotavapor durante 20 minutos a una velocidad de rotación de 60 rpm. Finalmente, el extracto concentrado se almacenó a -18°C en frascos ámbar para protegerlo de la luz y preservar su estabilidad. Se llevaron a cabo análisis para identificar y cuantificar los compuestos bioactivos presentes en el extracto mediante los métodos de DPPH$^{\bullet}$ y ABTS$^{\bullet+}$. En el proceso de desarrollo de la biopelícula óptima, se formularon preliminarmente cuatro tipos de biopelículas con las siguientes composiciones:

1. Recubrimiento a base de almidón: Agua destilada (86mL), goma xantana (0.3g), almidón (6 g) y glicerina (8 g).

2. Recubrimiento a base de carboximetilcelulosa (CMC): Agua destilada (100mL), goma arábiga (25 g), carboximetilcelulosa (0.5 g) y glicerina (10 g).
3. Recubrimiento a base de almidón modificado: Agua destilada (96 mL), ácido cítrico (0.9 g), glicerina (0.75 g), goma xantana (0.2 g) y almidón (0.3 g).
4. Recubrimiento a base de pectina: Agua destilada (89 mL), pectina (9.5 g), cloruro de calcio (1.3 g), glicerina (0.3 g) y aceite vegetal (12 g).

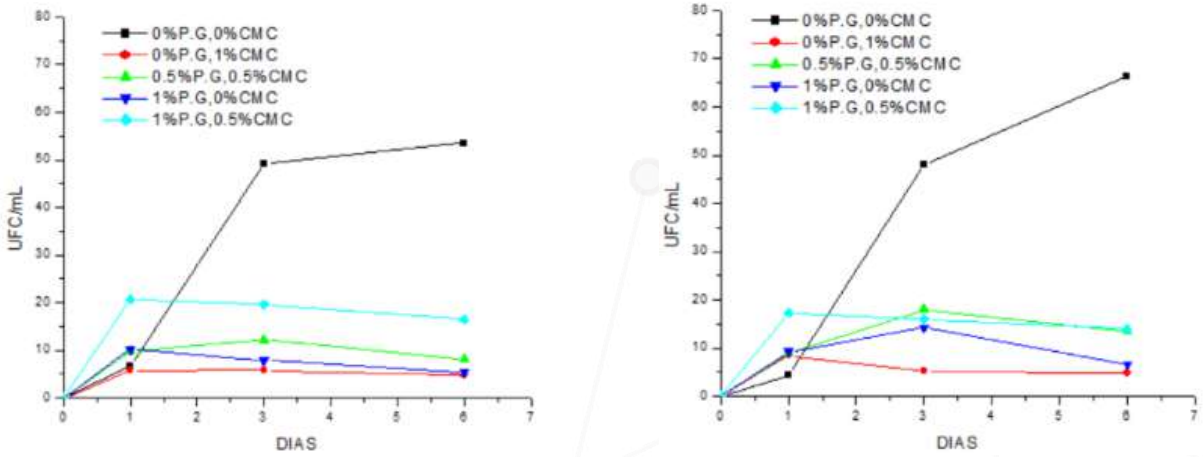
Tras realizar las pruebas preliminares, se seleccionaron las biopelículas correspondientes a las fórmulas (2) y (3) debido a su rendimiento superior en el mantenimiento de las propiedades organolépticas. Estas biopelículas fueron optimizadas utilizando un diseño de experimento factorial, desarrollado con el software Minitab 17®. En este diseño, las variables independientes fueron las proporciones del extracto, carboximetilcelulosa y almidón modificado con ácido cítrico respectivamente. Para evaluar la eficiencia de las biopelículas, se consideraron dos variables principales. La primera variable fue la densidad microbiana sobre las biopelículas, medida tras su aplicación sobre *P. ostreatus*. La segunda variable analizada fue el impacto de la temperatura en el mantenimiento de las propiedades organolépticas de las biopelículas.

RESULTADOS. La determinación de actividad antioxidante realizadas al extracto obtenido brindó como resultado un 82.53% de inhibición para el reactivo ABTS•+, mientras que para el reactivo DPPH• presentaron un 74.18%. Según el factor de dilución de 1:1000, por cada 0.001g de extracto, se obtienen dichos porcentajes de inhibición. Se observó y determinó que de todas las corridas experimentales las que menor UFC presentaron fueron las muestras C, E, F y finalmente la muestra I, para las pruebas microbiológicas se contabilizaron al final de los 6 días (Fig. 1), manteniéndose las muestras a temperatura ambiente y en refrigeración.

Figura 1.- Promedio de UFC de la muestra tomada al día 6 de la aplicación de las biopelículas.

Composición			Composición	
% Extracto *P. granatum*	% CMC	Nomenclatura	% Extracto *P. granatum*	% Almidón modificado
0	0	A	0	0
0	0.5	B	0	0.5
0	1	C	0	1
0.5	0	D	0.5	0
0.5	0.5	E	0.5	0.5
0.5	1	F	0.5	1
1	0	G	1	0
.1.0	0.5	H	.1.0	0.5
1	1	I	1	1

La densidad microbiana se determinó mediante el cociente del promedio de UFC entre los mililitros sembrados en la placa y multiplicado por el factor de disolución (103), Los resultados se basaron en el conteo de UFC obtenido de cada muestra. Se evaluó la disminución de la densidad microbiana en las muestras tratadas con las formulaciones de Carboximetilcelulosa (C, E, F e I).

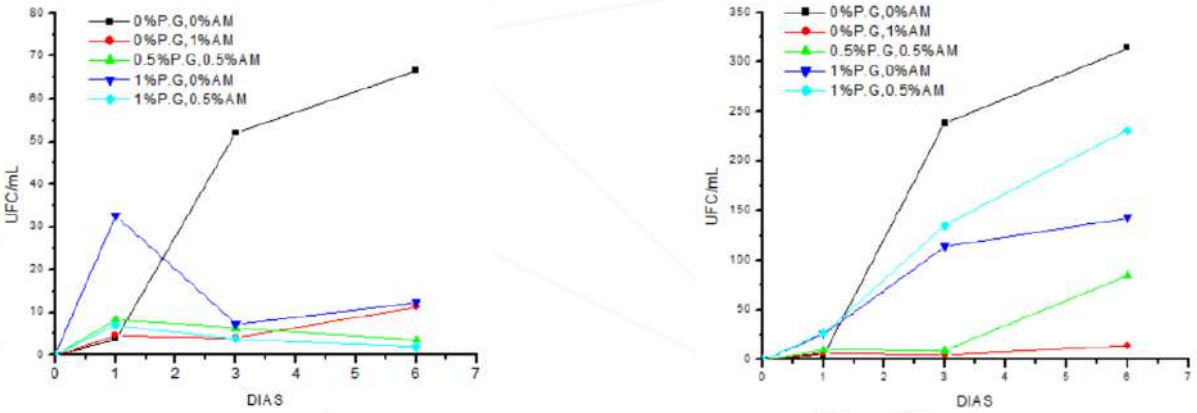


Grafica 1. *Muestras con biopelícula de carboximetilcelulosa (CMC) en refrigeración.*
Grafica 2. *Muestras con biopelícula de carboximetilcelulosa (CMC) a temperatura ambiente*

Por otra parte los datos obtenidos gracias al análisis estadístico obtenidos del software Minitab17®, el cual consistió en una regresión multivariables en la cual se observó una interacción del extracto y de la carboximetilcelulosa de 0.053 siendo estadísticamente significativa para la interacción que existe entre los porcentajes de concentración de extracto y la carboximetilcelulosa en la disminución de la carga microbiana sobre las muestras, mostrando a su vez que dicha eficacia de la biopelícula en la reducción de la carga microbiana es del 71.59%.

En la biopelícula de Almidón modificado con ácido cítrico la presencia de menor actividad microbiana se observó en las muestras C, E, G y H, tomando estos datos para análisis estadístico con el fin de identificar si dichas concentraciones son significativas, teniendo una comparativa con las muestras sin biopelícula, muestra A. Para las pruebas microbiológicas se contabilizaron al final de los 6 días (Fig. 1), manteniéndose las muestras a temperatura ambiente y en refrigeración.

Las siguientes gráficas presentan la densidad microbiana de las muestras C, E, G y H demostrando que existe una disminución en las UFC principalmente en las formulaciones E y G.



Grafica 3. *Muestras con biopelícula de almidón modificado (AM) en refrigeración*
Grafica 4. *Muestras con biopelícula de almidón modificado (AM) a temperatura ambiente*

Por otra parte los datos obtenidos gracias al análisis estadístico obtenidos para la biopelícula cuya conformación contiene almidón modificado con ácido cítrico, se observó una interacción del extracto y de la carboximetilcelulosa de 0.939 siendo que esta no estadísticamente significativa para la interacción que existe entre los porcentajes de concentración de extracto y el almidón en la disminución de la carga microbiana sobre las muestras, mostrando a su vez que dicha eficacia de la biopelícula en la reducción de la carga microbiana es del 31.01%

CONCLUSIONES. La investigación confirma que las biopelículas enriquecidas con extracto de cáscara de granada son altamente efectivas para la conservación del hongo P. ostreatus, especialmente la formulada con carboximetilcelulosa, que redujo la carga microbiana en un 71.59%, preservando las propiedades organolépticas del hongo. Aunque la biopelícula a base de almidón mostró una menor eficacia (31.01%), este resultado puede atribuirse a posibles errores en las pruebas microbiológicas, probablemente por manipulación externa, y a la interacción entre los componentes (almidón y ácido cítrico). No obstante, ambas biopelículas lograron inhibir el crecimiento microbiano y prevenir la oxidación visual del píleo del hongo, lo que mejora su apariencia física para el consumidor.
En prospectiva, se recomienda optimizar la formulación de la biopelícula de almidón para mejorar su eficacia, así como estudiar su aplicación en otros productos alimentarios. Además, sería beneficioso continuar evaluando la interacción de los componentes para perfeccionar su capacidad antimicrobiana y sensorial.

REFRENCIAS

1. Abdollahi, M., Rezaei, M., & Jafari, S. M. (2019). Characterization of antioxidant edible films containing grapefruit seed extract and pomegranate peel extract. Food Science and Biotechnology, 28(4), 1071-1078.
2. Ali, M., Nawaz, A., Siddique, R., Hussain, M. A., Hashim, M. M., & Alothman, O. Y. (2020). Edible coatings and films: Sources, properties, and their antimicrobial activity. Food Packaging and Shelf Life, 24, 100496.
3. INCAP. (2012). Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/80-tabla-de-composicion- de-alimentos-de-centroamerica
4. Jamilah, B., Harvinder, K. G., & Noor Aziah, A. A. (2017). Development of edible films and coatings for food packaging: A review. International Food Research Journal, 24(2), 915-930.
5. Solano-Doblado, Luz Georgina, Alamilla-Beltrán, Liliana, & Jiménez-Martínez, Cristian. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 21(Supl. 2), e20180153. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153
6. Da Nóbrega Albuquerque, T., Gomes, J. P., Campos, A. R. N., Costa, J. D., Gregório, M. G., De Santana, R. A. C., De Oliveira Filho, A. A., & Da Fonseca, S. B. (2024). Composição química e atividade antibacteriana do óleo comercial das sementes de romã (Punica granatum) frente a bactérias de origem alimentar. Caderno Pedagógico, 21(7), e5671. https://doi.org/10.54033/cadpedv21n7-121

Área 1. Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124104

SÍNTESIS CARBÓN ACTIVADO DE COCO PARA SU USO EN LA PURIFICACIÓN DE BIODIESEL

Dyla Sinue Valencia-Delgado[1], Salvador Moisés Hernández Ocaña[1], Fermín Morales-Troyo[2], Diana Litzajaya García-Ruiz[2], Yadira Solano Reyes[1], Luis Fernando Ortega-Varela[3], Carmen Judith Gutiérrez-García [1]*

1Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Nacional de México: carmen.gg@morelia.tecnm.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

3 Escuela Nacional de Estudios Universitarios, ENES UNAM, Unidad Morelia.

Palabras Clave: Biocombustibles, Residuos, Carbono.

RESUMEN. El carbón activado es un material poroso y altamente adsorbente obtenido a partir de la activación de materiales ricos en carbono. La producción de desechos de coco en México es significativa siendo de los principales productores de este fruto a nivel mundial, datos de 2022 reportan una producción de 474, 139 Ton anuales. El carbón activado (CA) a partir de cáscara de coco es una alternativa sostenible para el manejo de desechos y la generación de un producto de alto valor agregado. La composición de la cáscara es: carbono (33.6%), hidrógeno (4.4%), oxígeno (57. 4%) y 4.6% de cenizas, además compuestos fenólicos y lignina, que son responsables de sus propiedades adsorbentes. En este trabajo se sintetizó CA por pirolisis con una activación física. Posteriormente se realizó un análisis por SEM y FTIR para comprobar morfología, porosidad y funcionalidad. Para la adsorción con el biodiesel se hicieron pruebas a 90 °C y 1 hora en agitación constante con el CA; el biodiesel se obtuvo de aceite vegetal usado, el cual fue tratado con NaOH y H3PO4, por ello se busca purificarlo a través de un método económico. El análisis arrojó los principales grupos funcionales, entre ellos, ésteres (1748 cm-1) son provenientes del contenido de lípidos y aceites en la cáscara, pero además se observa la banda más pronunciada de éstos en el carbón usado en la purificación, ya que ocurre una transesterificación en la elaboración del biodiesel. El análisis posterior de espectros mostró un corrimiento en las bandas, así como una señal más fuerte en las muestras usadas en la purificación, además de cambios en el pH del biodiesel tratado con CA llevándolo a valores neutros, lo anterior demuestra que los sitios activos del carbón están atrapando las trazas presentes en el biodiesel, mejorando su grado de pureza.

INTRODUCCIÓN. El carbón activado (CA) es un producto que posee una estructura cristalina similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1,500 m2/g de carbón (Lapo Alverca, J. A. 2014). Se ha utilizado ampliamente como adsorbente o como soporte de catalizador y en purificación y/o procesos de separación, se destaca porque es uno de los materiales más utilizados a escala industrial. El CA se fabrica calentando los materiales ricos en carbón, como madera, turba, cascaras de coco, aserrín, a temperaturas muy altas; existen dos métodos para llevar a cabo la síntesis de carbón activado a partir de materiales lignocelulósicos: activación física y activación química (Mejia, M. V. V. 2018). La producción de desechos de cáscara de coco

en México es significativa, ya que el país es uno de los principales productores de coco a nivel mundial. Según la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural en 2022 se produjeron más de 234,000 Ton de coco. El aprovechamiento de la cáscara de coco en la producción de carbón activado es una alternativa sostenible para el manejo de desechos, su composición química ronda en 33,6% de carbono, 4,4% de hidrógeno, 57,4% de oxígeno y 4,6% de cenizas, también contiene compuestos fenólicos y lignina, que son responsables de sus propiedades adsorbentes [Sánchez, J. 2019]. Por otro lado, la generación de aceites residuales se está convirtiendo en un problema creciente en todo el mundo, el manejo de las grasas y aceites residuales es un reto importante, debido a los problemas relacionados con su eliminación y a su contribución a la contaminación del agua y el suelo (Chhetri et al. 2008). De acuerdo con datos de Greenpeace a 2022, México genera más de 320 millones de litros de aceite usado al año de los cuales no se tiene registro de cómo es su manejo. Una propuesta de distintos países es aprovechar este residuo en la fabricación de biodiesel. El biodiesel es un combustible alternativo al diésel de petróleo, es un producto biodegradable, y menos perjudicial para el ambiente en comparación con el diésel de petróleo. Este combustible es una mezcla de metil ésteres de ácidos grasos, obtenidos de los aceites vegetales y las grasas animales, con bajo valor comercial (Dias et al. 2009, Ibeto et al. 2011). El biodiesel se obtiene por transesterificación de triglicéridos, constituyentes principales de los aceites vegetales y grasas animales, con un alcohol de cadena corta (metanol ó etanol), en presencia de un catalizador alcalino como el hidróxido de potasio o de sodio y los metóxidos de potasio y sodio (Predojević 2008). La transesterificación consiste en tres reacciones consecutivas reversibles donde los triglicéridos son convertidos a diglicéridos, los diglicéridos a monoglicéridos y estos a glicerol (subproducto principal de la reacción). En cada etapa se usan tres moléculas de alcohol por molécula de triglicérido (Sharma y Singh 2008). En este trabajo se sintetizo carbón activado a partir de coco y se aplicó en la purificación de biodiesel hecho a partir de aceite de cocina usado.

ANTECEDENTES. Algunas investigaciones proponen el uso de aceite de cocina usado como materia prima para la producción de biodiesel (Predojević 2008, Dias et al. 2009, Ibeto et al. 2011), destacando su importancia debido a la tendencia decreciente de las reservas económicas de petróleo y los problemas ambientales causados por el uso de combustibles fósiles. El uso de aceite de cocina usado ayuda a mejorar la economía del biodiésel, presentándolo como una potencial solución en la eliminación de residuos y la minimización de daños al ambiente que ocasionan los aceites y grasas residuales; a ello se suma el uso de procesos catalíticos avanzados para manejar altos contenidos de ácidos grasos libres y reducir costos. Trabajos cómo los de (Sorate, K. A., & Bhale, P. V. 2015) y algunos más actualizados (Mishra, V. K., & Goswami, R. 2018) sugieren que es posible que en el futuro se puedan aumentar las propiedades necesarias del biodiésel mediante la ingeniería genética de los aceites de la materia prima, lo que podría producir finalmente un combustible enriquecido con ciertos ácidos grasos, posiblemente ácido oleico, que muestra propiedades de combustión superiores, actualmente los estudios en campo sobre el rendimiento del biodiesel en climas fríos son escasos. Por otro lado el carbón activado ya sea en polvo o granular es conocido por su uso en filtros sobre todo para tratamiento de aguas por su poder de remoción (Bravo Lifonzo, A. E., & Vargas Rivas, G. L. 2021) mostrando excelentes resultado en esta área, debido a esto, los absorbentes a base de carbono se han considerado los mejores candidatos en procesos de adsorción de aceites y hoy en día se estudian distintas rutas de síntesis y metodologías de aplicación en busca

de los mayores rendimientos para su uso como tecnología de limpieza (Gupta, S., & Tai, N. H. 2016).

OBJETIVOS. El presente proyecto propone que la síntesis de carbón activado obtenido a partir de desechos de cascara de coco y sus aplicaciones en la purificación de biodiesel producido a partir de aceite usos de cocina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis del Carbón activado. Se trabajó con el método de pirolisis a bajas temperaturas y la activación física, evitando un exceso de consumo de energía, sin solventes químicos. Los pasos para seguir para la obtención del carbón activado se observan en la figura 1. Se utilizó cascarás de coco de desecho, el cual se obtuvo del mercado de Abastos de la ciudad, se procedió a realizar una limpieza quitando los restos de pulpa, seguido de un cepillado mecánico para eliminar fibras de la superficie ya que el objetivo fue usar únicamente el endocarpio, seguido de un proceso de reducción de tamaño y un tamizado para uniformar el tamaño igual o menor a 5 cm. Posteriormente se ingresó la muestra a un reactor tubular de acero inoxidable austenítico el cuál se calentó en una mufla a 400 °C. El rendimiento en masa fue 36 %. Una vez concluida la pirolisis se realizó un 2do tamizaje para separar el carbón por tamaños para su posterior uso, se tuvieron 4 tamaños, 5, 2, 2 y 0.5 mm.



Figura 1. Pasos para seguir para la obtención del carbón activado (elaboración propia).

Elaboración del biodiesel. Para la elaboración del biodiesel se utilizó aceite vegetal residual de una cocina comercial que se dedica a la venta de makis. El biodiesel se obtuvo por transesterificación con metanol e hidróxido de sódio, teóricamente por cada litro de aceite vegetal se debe obtener la misma cantidad de combustible, sin embargo el rendimiento se ve afectado en alrededor de un 5 - 6% dejando como subproducto glicerol y un producto principal con trazas de agua, hidróxido, glicerol y jabones derivados de la reacción saponificación (Fig.2). Se realizó biodiesel a partir de distintos % de aceite residual y un aceite vegetal comercial (Kernel) como blanco para posteriormente analizar el grado

de pureza y como éste afecta el proceso de combustión. La tabla 1 resume las pruebas de pH y la cuantificación de ácidos grasos acorde a la cantidad de aceite residual usado, también se determinó la viscosidad de las mezclas (promedio) que resultó en 6.6 cP y la densidad de 0.927 g/mL

Tabla 1. Valores de acidez y % ácidos grasos libres de acuerdo a la mezcla

% aceite usado	acidez	% de ácidos grasos libres
100	2.26	1.14
75	2.02	1.02
50	1.79	0.9
25	1.51	0.79
0	1.38	0.65
Blanco	0.4	0.13

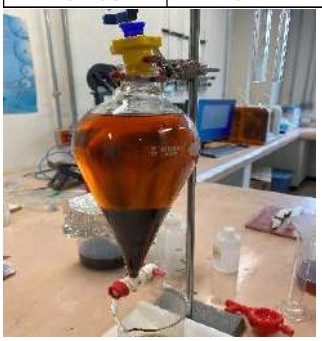


Figura 2. *Elaboración de Biodisel*

Purificación con CA. Para la purificación se realizaron pruebas con 40 mL de biodiesel y 5 % en masa de carbón activdo con tiempos de 60 min para asegurar el tiempo de contacto entre el combustible y el CA, con el combustible en caliente (80 °C) en agitación constante de 100 rpm, se realizaron pruebas con CA de 1 y 2 mm de diámetro. Se verificaron los valores de pH antes y después del procedimiento, transcurrido el tiempo se filtró y se preservaron las muestras para su posterior análisis (Fig. 3)



Figura 3*. Remoción de traza con CA.*

RESULTADOS. La figura 4 muestra micrografías obtenidas por el MEB del carbón activado de coco, donde se observa la estructura (a) y porosidad (b). Para verificar la activación con

la presencia de grupos funcionales, se realizó un análisis por espectroscopia infrarroja (Fig. 5 b) para el cual se usó un Bruker, modelo Tensor 27; el espectro muestra bandas características (derecha a izq) de los grupos (OH-), CHx, C-O y C=C (Pavia, D. L.,2015), lo que indica que la funcionalización térmica primaria se efectuó sin necesidad de recurrir a una 2da funcionalización a temperaturas superiores a los 800 °C.

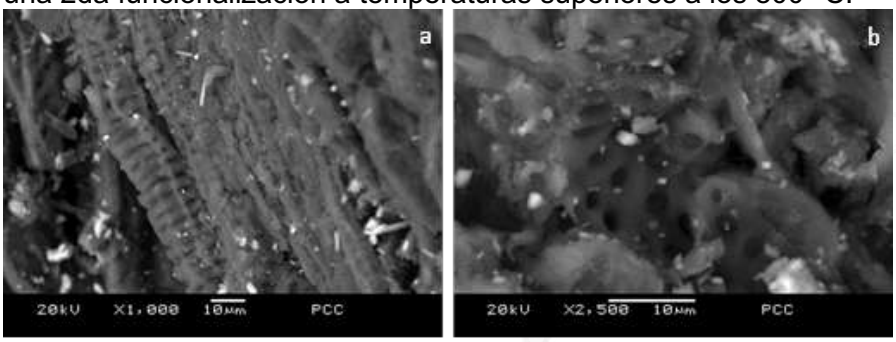


Figura 4. *Micrografías de la estructura (a) y porosidad (b) del CA de coco.*

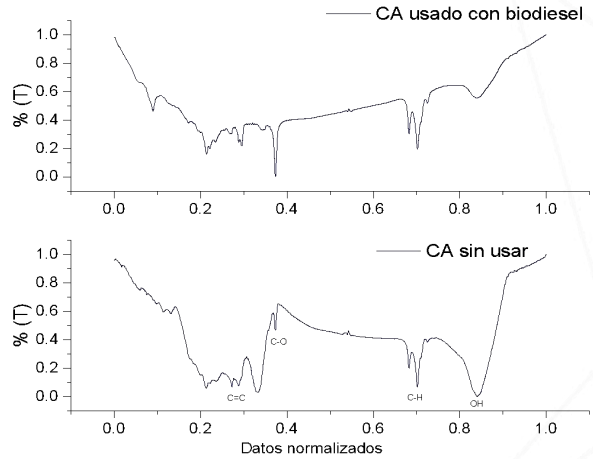


Figura 5. Espectros FTIR: (a)muestra de CA usado, (b)muestra CA sin usar.

La acidez de los aceites es un valor que relaciona con la calidad de calidad del producto y a su vez es una medida del grado de hidrolisis de una grasa (Kirk et al, 2011), al tener aceites residuales con un índice de acidez menor a 3 es más complicado la obtención y purificación del biodiesel. Los valores de acides de las muestras de aceite vegetal residual fueron de 2.26, por ello se ópto por hacer mezclas con aceite sin usar. La figura 5 nuestra un comparativo entre los espectros donde se observa un ligero corrimiento en las bandas, muy marcado para los grupos hidroxilo, lo que indica que se efectuó una interacción química entre los OH del CA y el combustible, disminuyendo la presencia de estos grupos debido a la ocupación de sitios. Al realizar las mediciones de pH de la muestra se observó un cambio favorable, antes del CA tenían valores de 9.1 – 10 de pH, posterior al CA, los valores bajaron a 7.0 - 7.4 dependiendo de la mezcla usada, es decir se alcanzaron valores de neutralidad que es el deseable para los biocombustibles (pH de 6-8) de acuerdo con lo reportado por distintos autores (Romanelli, G. P., Ruiz, D. M., & Pasquale, G. A. 2016). Aún están pendientes de realizar las pruebas de combustión al biodiesel antes y después de la purificación con CA.

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados preliminares, se obtuvo carbón activado por un método sencillo y económico, dándole un valor agregado a un residuo. La activación física fue exitosa y es un material altamente poroso. El análisis posterior a las pruebas con biodiesel mostró un corrimiento en las bandas, así como una señal débil en los picos que en las muestras originales se mostraban fuertes, además de los cambios en el pH del biodiesel tratado con CA, lo anterior demuestra que los sitios activos del carbón están trabajando atrapando las trazas que están presentes en el biodiesel, mejorar su grado de pureza.

REFERENCIAS.

1. Bravo Lifonzo, A. E., & Vargas Rivas, G. L. (2021). Tipos de filtro con carbón activado en el tratamiento de la calidad de aguas residuales para riego: Revisión sistemática.
2. Chhetri A. B., Watts K. C. e Islam M. R. (2008). Waste cooking oil as an alternate feedstock for biodiesel production. Energies 1, 3-18. DOI: 10.3390/en1010003.
3. Dias J. M., Alvim-Ferraz M. C. M. y Almeida M. F. (2009). Production of biodiesel from acid waste lard. Biores. Technol. 100, 6355-6361. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.07.025.
4. Gupta, S., & Tai, N. H. (2016). Carbon materials as oil sorbents: a review on the synthesis and performance. Journal of Materials Chemistry A, 4(5), 1550-1565.
5. Ibeto C., Ofoefule A. y Ezeugwu H. (2011). Fuel quality assessment of biodiesel produced from groundnut oil (Arachis hypogea) and its blend with petroleum diesel. Am. J. Food Technol. 6, 798-803. DOI: 10.3923/ajft.2011.798.803.
6. Kirk, RS., Sawyer, R., Egan, H. 2011. Composición y Análisis de Alimentos de Pearson. Grupo Editorial Patria. Décima primera reimpresión, México, pp. 706-710
7. Lapo Alverca, J. A. (2014). Reactivación del carbón activado del tipo calgon americano 6x12 utilizado en la Sociedad Minera Promine para el proceso de adsorción de metales preciosos (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
8. Mejia, M. V. V. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. Scientia et technica, 23(3), 411-419.
9. Mishra, V. K., & Goswami, R. (2018). A review of production, properties and advantages of biodiesel. Biofuels, 9(2), 273-289.
10. Romanelli, G. P., Ruiz, D. M., & Pasquale, G. A. (2016). Química de la biomasa y los biocombustibles. Series: Libros de Cátedra.
11. RURAL, S. D. (09 de MARZO de 2022). GOBIERNO DE MEXICO. Obtenido de https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/produccion-de-copra-y-coco-enmexico
12. Sánchez, J. (2019). Caracterización de la cáscara de coco para su uso en la producción de carbón activado. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán.
13. Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2015). Introduction to spectroscopy.
14. Predojević Z. J. (2008). The production of biodiesel from waste frying oils: A comparison of different purification steps. Fuel 87, 3522-3528. DOI: 10.1016/j.fuel.2008.07.003
15. Sharma Y. C., Singh B. y Upadhyay S. N. (2008). Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. Fuel 87, 2355-2373. DOI: 10.1016/j.fuel.2008.01.014.
16. Sorate, K. A., & Bhale, P. V. (2015). Biodiesel properties and automotive system compatibility issues. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 777-798.

Área 1. Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124105

OBTENCIÓN DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN, ASOCIADOS A CICLONES TROPICALES EN EL MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN

Oscar Campuzano Milian[1], América Olimpia Martínez Granados[2], Liliana García Romero[3],
Sonia Tatiana Sánchez Quispe[4].

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000714j@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; america.martinez@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; liliana.romero@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: Eventos extremos, precipitación, ciclones tropicales.

RESUMEN. En este trabajo se presenta una caracterización de los eventos extremos de precipitación en el municipio de Morelia en Michoacán, para el periodo 1980-2020. Con base en el análisis de estaciones climatológicas y la aplicación de una metodología basada en la identificación de picos sobre el umbral de los días húmedos, se definieron criterios para la identificación de un evento extremo que representara las variaciones locales de las lluvias intensas. Asimismo, y haciendo uso de la base de datos de las trayectorias de los Ciclones Tropicales (CT) de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) encontradas en un radio de influencia definido, se determinó la influencia de estos fenómenos atribuidos a la ocurrencia de los eventos extremos. De igual manera, de la base de datos del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) se consultó la información histórica de los CT ocurridos en el periodo definido; de tal manera, que se correlacionara la información de los Eventos Extremos de Precipitación (EEP) ocurridos en el área de influencia, con las trayectorias de los CT, de modo que, si la información tiene relación, se considerará que el evento se atribuyó a dicho CT.
La identificación de los patrones espaciotemporales de los EEP y sus variaciones interanuales, son el primer paso para la caracterización del riesgo ante dichos fenómenos en la zona de estudio y pueden ser utilizados para la generación de políticas públicas enfocadas en la reducción del riesgo de desastre ante estas amenazas hidrometeorológicas.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, se ha observado un cambio notorio en los patrones de precipitación y en la ocurrencia de eventos extremos. Los Eventos Extremos de Precipitación (EEP) son importantes debido a los impactos sociales y económicos que pueden causar, tal es el caso de las inundaciones. A pesar de que Morelia no es una ciudad costera, ha sufrido daños graves asociados a Eventos Extremos de Precipitación (EEP) vinculados a Ciclones Tropicales (CT), aun cuando registra una baja exposición ante estos eventos. El municipio de Morelia se localiza entre los paralelos 19°26’ y 19°52’ de latitud norte; los meridianos 101°02’ y 101°31’ de longitud oeste; y tiene una altitud entre 1 500 y 3 000 msnm. Cuenta con 347 localidades y una población total aproximada de 849,053

habitantes de acuerdo con el resultado del censo del 2020 (Gobierno de México, 2024). Un CT es un sistema giratorio, organizado por nubes y tormentas que se origina sobre aguas tropicales o subtropicales y tiene un centro de circulación cerrado en los niveles bajos de la atmósfera. Los CT rotan en sentido anti horario en el hemisferio norte, y en sentido horario en el hemisferio sur (Agencia Nacional del Océnao y la Atmósfera de los EEUU - NOAA, 2013). La amenaza por EEP está relacionada con la acumulación de lluvia, ocasionado lluvias torrenciales o días consecutivos lluviosos que puede generar severas inundaciones (León & Pérez, 2018). Por lo anterior, esta investigación se enfoca en identificar los EEP relacionados con CT para el periodo 1980-2020; realizando un análisis de series de tiempo de las estaciones climatológicas disponibles en un área de influencia determinada, el cálculo de umbrales de precipitación para la determinación de eventos extremos; además, la correlación entre los EEP y los CT ocurridos con base en las trayectorias definidas.

ANTECEDENTES. Cada año, el estado de Michoacán enfrenta fenómenos hidrometeorológicos que provocan diversos daños. La condición impredecible de esto eventos, provoca un incremento de riesgo para la población afectada, debido a que de acuerdo a la magnitud y categoría del siniestro (que pueden ser desde vaguadas, tormentas tropicales y hasta huracanes varía el plan de contingencia y el tiempo para recuperar su estabilidad (Huerta et al., 2015).

OBJETIVOS. Identificar los EEP asociados a CT, con el fin de obtener las zonas más susceptibles en el municipio de Morelia.

MATERIALES Y MÉTODOS. En la Figura 1, se muestra el esquema para generar la metodología aplicada en este trabajo.

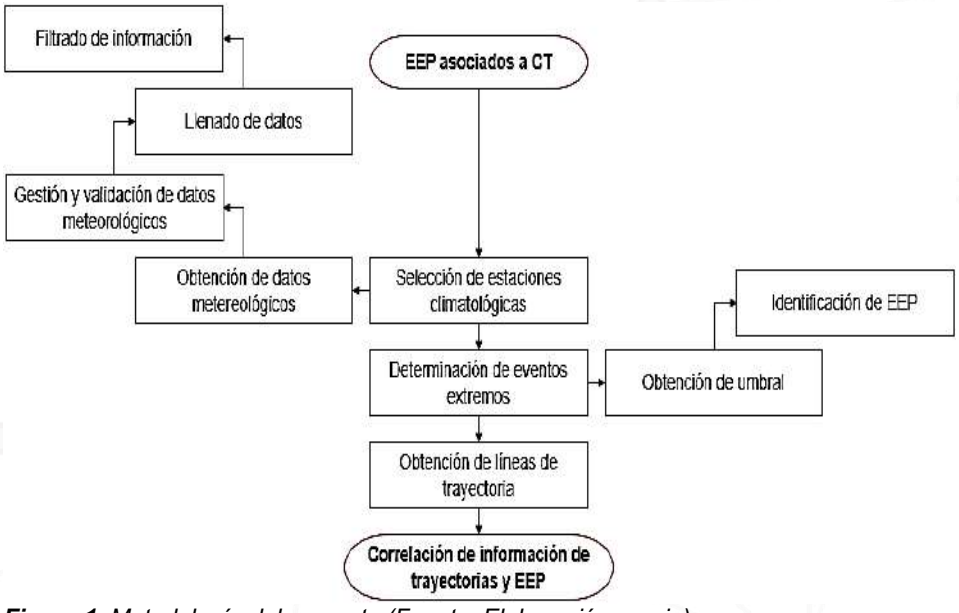


Figura 1. *Metodología del proyecto (Fuente: Elaboración propia)*

RESULTADOS. En la primera etapa del estudio se definió un área de influencia de 50 km alrededor de Morelia, con 80 estaciones climatológicas. Se obtuvo información precipitación

a escala diaria del Sistema Meteorológico Nacional (SMN) y se aplicaron filtros para validar las estaciones. El primer filtro seleccionó la información más eficiente, el segundo validó los datos y el tercero comprobó su consistencia. Se estimaron los datos faltantes de precipitación entre 1980 y 2020 usando interpolación IDW, aceptando 11 estaciones, mismas que se muestran en la Figura 2. y en la Tabla 1.

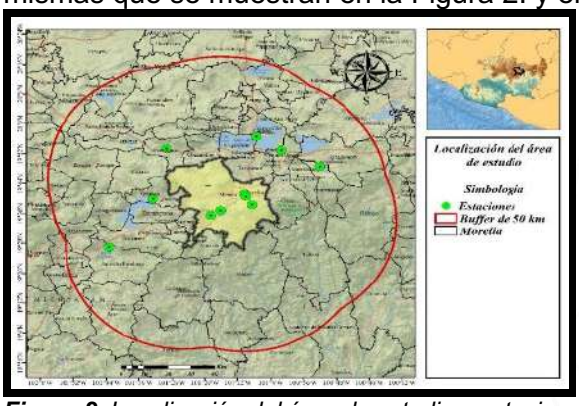


Figura 2. *Localización del área de estudio y estaciones aceptadas (Fuente: Elaboración propia)*

Tabla 1. *Estaciones aceptadas para el estudio. (Fuente: Elaboración propia)*

Estaciones aceptadas							
Estación	Nombre	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Años de servicio	Año inicial	Año final
		Latitud (m)	Longitud (m)				
16016	Carrillo Puerto	2201375	286641	1840	49	1969	2018
16022	Cointzio	2171585	260786	2,096	79	1940	2019
16027	Cuitzeo	2208038	276252	1,831	98	1923	2021
16050	Huaniqueo	2202257	237733	2,040	67	1948	2015
16055	Jesús del monte	2174397	274463	2,180	84	1935	2019
16080	Morelia (OBS)	2179754	271174	1,913	67	1951	2018
16081	Morelia	2178527	271893	1,908	73	1947	2020
16096	Presa Malpais	2193321	303204	1,859	78	1940	2018
16118	Santa Fé	2177309	232012	2,203	56	1963	2019
16120	Santiago Undameo	2169204	256661	2,130	54	1953	2007
16146	Zirahuen	2153342	213161	2,090	54	1947	2021

Tabla 1. *Estaciones aceptadas para el estudio. (Fuente: Elaboración propia)*

Con lo anterior, se determinaron los picos sobre el umbral de la precipitación diaria, utilizando el percentil 99 de los días húmedos, considerando dicho umbral, cuando la precipitación diaria registrada por la estación resultó mayor o igual a 1 mm (León-Cruz et al., 2022), tal como se muestra en la Tabla 2. Como ejemplo, se puede observar en la Figura 3., los EEP que sobrepasan el umbral en la estación 16016 (Carrillo Puerto).

Estación	16016	16022	16027	16050	16055	16080	16081	16096	16118	16120	16146
Percentil 99	41.00	36.85	42.81	45.80	40.50	45.45	41.67	39.00	32.06	39.99	44.09

Tabla 2. *Umbral de estaciones aceptadas. Fuente: Elaboración propia*

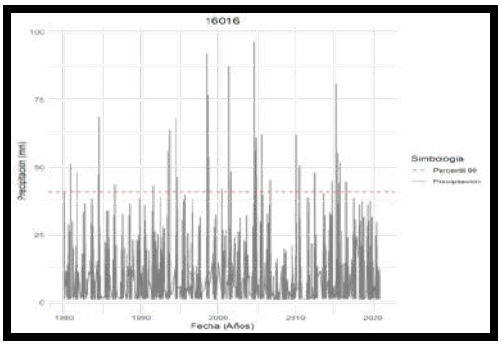


Figura 3. Estación 16016 – Carrillo Puerto (Fuente: Elaboración propia)

Se identificaron los EEP en la zona de estudio, utilizando los datos del Archivo Internacional de Mejores Trayectorias para la Gestión del Clima (IBTrACS, por sus siglas en inglés). De tal manera, que se determinó una zona de influencia de 250 km alrededor de la zona de estudio, para determinar cuáles trayectorias tuvieron influencia en el municipio, identificando la fecha y hora en que se presentaron (León-Cruz et al., 2022), tal como se muestra en la Figura 4.

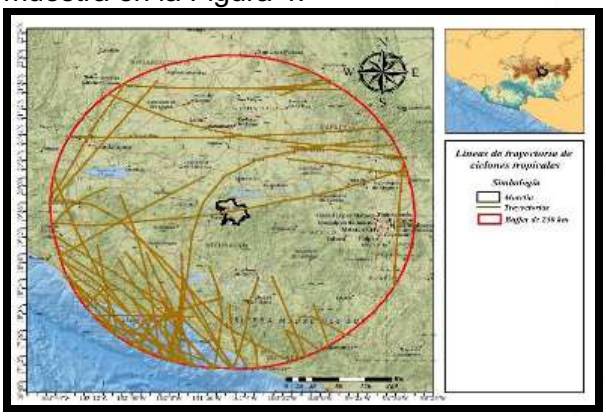


Figura 4. *Líneas de trayectoria de ciclones tropicales (Fuente: Elaboración propia)*

Determinadas las trayectorias, lluvias asociadas a CT y los EEP que sobrepasan el umbral definido, se comienza a relacionar la información, es decir, si los EEP que se presentan en una fecha en específico, coinciden con el periodo donde se encuentra una lluvia asociada a CT, tienen un vínculo como se observa en la Tabla 3., comprobándose con información consultada en noticieros donde mencionaron los daños, confirmando que el municipio de Morelia presentó afectaciones atribuidas a EEP asociados a CT.

Tabla 3. Correlación de EEP y CT. (Fuente: Elaboración propia).

Estación	*# Eventos*	*Océano*	*Huracán*
16050	2	Atlántico	Dean y Dolly
16055	1	Pacífico	Vicente
16080	1	Pacífico	Manuel
16081	2	Atlántico	Debby
16096	1	Pacífico	Alma
16120	2	Atlántico y Pacífico	Debby y Alma
16146	1	Pacífico	Alma

Finalmente se identificaron los EEP asociados a CT, obteniendo las zonas más susceptibles en el municipio de Morelia, Michoacán. En la Figura 5. se observa que el mayor porcentaje de las estaciones climatológicas se encontraron en el municipio de Morelia, las cuales cuentan con un mayor número de eventos extremos que se correlacionan con los CT.

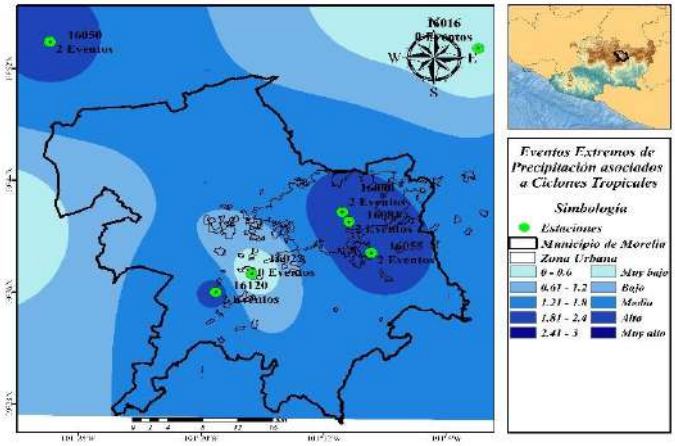


Figura 5. *Eventos Extremos de Precipitación asociados a Ciclones Tropicales (Fuente: Elaboración propia).*

CONCLUSIONES. Se observa en los resultados, que la ciudad de Morelia tiene mayor concentración de EEP, esto se debe a que las estaciones que se encuentran dentro de la ciudad registraron mayor número de eventos en comparación con las zonas rurales, mismos que se relacionaron con datos proporcionados por el SMN, así como a la recolección de noticias en medios de comunicación oficiales sobre los daños causados por los eventos extremos.En conclusión, el municipio de Morelia, al no ser una zona cercana al océano, su amenaza asociada a EEP es poca; sin embargo, existe un porcentaje de afectaciones de lluvias asociadas a CT que pueden causar daños severos.

REFERENCIAS.

1. Agencia Nacional del Océnao y la Atmósfera de los EEUU - NOAA. (2013). Ciclones Tropicales. Guía de preparación. Revista de Aeronautica, 1, 12.
2. Huerta, L., Hacienda, E., & Huerta, L. (2015). I n t r o d u c c i ó n. 443.
3. León-Cruz, J. F., Díaz-Peón, A. L., & Rodríguez-García, H. I. (2022). Eventos extremos de precipitación en Colima, México (1981-2018). Investigaciones Geográficas, 107. https://doi.org/10.14350/rig.60516
4. León, G., & Pérez, J. (2018). Metodologías para evaluar la amenaza, vulnerabilidad, exposición y riesgo por ciclones tropicales Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. 1–68. http://www.flickr.com/photos/24354425@N03/37380130065
5. Gobierno de México (2024). Data México. Recuperado el día 01 de agosto del 2024 de http://localhost:3300/es/profile/geo/morelia-991602#population-pyramid.

Área 1. Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124113

NANOFIBRAS DE ALCOHOL POLIVINÍLICO COMO SISTEMA DE LIBERACIÓN PROLONGADA DE METFORMINA

Jaime Alejo Girón, R. Lizbeth Quiroz Oregón2, J. Betzabe Gonzáles Campos2*
Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000436k@umich.mx
2Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1166620h@umich.mx
*betzabe.gonzalez@umich.mx**

Palabras Clave: Nanofibras, electrohilado, metformina, alcohol polivinílico.

RESUMEN. El clorhidrato de metformina, conocido también únicamente como metformina (MF) es un fármaco antihiperglucemiante utilizado en el tratamiento de la diabetes y otras afecciones en las que se requieren regular los niveles de glucosa en sangre. Sin embargo, debido a su baja biodisponibilidad se requiere un incremento en la dosis para alcanzar la respuesta terapéutica deseada, lo cual incrementa también los efectos secundarios y la toxicidad. Los sistemas de liberación prolongada basados en nanofibras representan una de las alternativas más prometedoras para la mejora de la biodisponibilidad. El alcohol polivinílico (PVA) es un polímero biocompatible y biodegradable utilizado para el desarrollo de nanofibras mediante la técnica de electrohilado. En el presente proyecto de investigación se lleva a cabo el electrohilado de tres disoluciones de MF/PVA a diferentes concentraciones 2%, 10% y 20% respectivamente, con parámetros de electrohilado establecidos con base en trabajos previos. La morfología de las fibras obtenidas fue analizada mediante Microscopia de Barrido Electrónico de Emisión de Campo, donde se determinó cuál de las tres muestras obtenidas presentaba una mejor nanoarquitectura. Así pues, se estableció, con los parámetros de procesamiento propuestos, cuál era la concentración más idónea para el desarrollo de las nanofibras electrohiladas. Además, el material obtenido presenta un gran potencial como sistema de liberación prolongada de MF.

INTRODUCCIÓN. La MF es el fármaco de primera línea para el tratamiento de la diabetes y diversas afecciones, en las cuales, se requiere controlar los niveles de glucosa en sangre. Asimismo, también es utilizado para tratar la obesidad, el síndrome de ovario poliquístico y, recientemente, se ha demostrado que posee actividad anticancerígena. Sin embargo, la biodisponibilidad de este fármaco es muy baja debido a su bajo tiempo de vida media y a su baja concentración en sangre una vez administrado. Por lo anterior, se requiere un incremento en la dosis para alcanzar la respuesta terapéutica deseada; ocasionando un incremento en los efectos adversos y la toxicidad. Los sistemas de liberación prolongada son una gran alternativa para disminuir subsanar la administración repetitiva de estos medicamentos; así como los sistemas basados en nanofibras a través de la carga del fármaco en estas nanoestructuras, las cuales forman una red estructural porosa que mimetiza la matriz extracelular (MEC). A partir de estos sistemas, la degradación paulatina de las fibras permite la liberación controlada del fármaco. El PVA es uno de los polímeros más utilizados para el desarrollo de estas nanoarquitecturas, debido a que es biodegradable, biocompatible y no tóxico. Por lo anterior, en el presente proyecto de investigación se lleva a cabo la fabricación de nanofibras de PVA cargadas con MF,

mediante la técnica de electrohilado. El material resultante presenta gran potencial como sistema de liberación prolongada de MF.

ANTECEDENTES. Desde el siglo pasado, la MF es uno de los fármacos más empleados en el tratamiento de diabetes tipo 2.[1] Este principio activo es derivado de la planta *Galega officinalis*, la cual, se empleaba en el tratamiento de la *diabetes mellitus* en Europa. Inicialmente, fueron aisladas la fenformina y la buformina, las cuales, posteriormente fueron eliminadas por producir acidosis metabólica y otros efectos adversos que ponían en riesgo la vida del paciente. Sin embargo, en el año 1950, se descubrió la utilidad de la MF y fue introducida en el mercado farmacéutico en el año 1957, asimismo, fue aprobada por la FDA (*Food and Drug Administration*) en el año 1995 luego de publicarse los resultados de De Fronzo y Goodman, que demostraron la validez y seguridad del fármaco.[2] Además, en recientes estudios se ha demostrado su actividad anticancerígena y sus beneficios en el tratamiento de otras enfermedades como el síndrome de ovario poliquístico y la COVID-19.[3] Sin embargo, este compuesto presenta baja biodisponibilidad debido, principalmente, a su escaso tiempo de vida media, de aproximadamente 4 horas, y a una gran absorción del fármaco en el tracto gastrointestinal.[3] Por lo anterior, es necesaria la administración de dosis elevadas y constantes para lograr el efecto terapéutica, lo cual, incrementa los efectos adversos y la toxicidad.[1] En las últimas décadas, los sistemas de liberación prolongada han progresado significativamente en términos de eficacia clínica y cumplimiento terapéutico.[4] La liberación controlada, tanto oral como transcutánea, permiten la administración del fármaco una o dos veces al día, mejorando la respuesta del paciente y reduciendo las concentraciones tóxicas en plasma que pueden producirse a partir de la administración de dosis múltiples de formulaciones de liberación inmediata.[5] Estos sistemas representan una novedosa estrategia para la mejora de la biodisponibilidad, siendo las nanofibras electrohiladas una de las propuestas más prometedoras para su desarrollo. La viabilidad de estas estructuras ha sido estudiada como vehículo para sistema de liberación debido a que este tipo de materiales presentan varias ventajas, tales como porosidad, una alta área superficial y una estructura que mimetiza la MEC. Los andamios de nanofibras electrohiladas pueden desintegrarse instantáneamente por la saliva, si necesidad de beber o masticar, liberando el fármaco casi instantáneamente en la mucosa bucal para una rápida absorción. Lo anterior se logra al emplear polímeros solubles en agua en el desarrollo de las nanofibras y por la exposición de su alta área superficial expuesta al medio de disolución.[5] Asimismo, estos polímeros deben ser biodegradables, biocompatibles y no tóxicos.[5] El alcohol polivinílico (PVA) es un polímero sintético biocompatible, biodegradable, soluble en agua y altamente electrohilable, ampliamente utilizado en el área biomédica.[6] Asimismo, el electrohilado es una técnica de bajo costo que permite la obtención de nanofibras.[6]

OBJETIVOS. Extraer la MF de una forma farmacéutica comercial. Obtener las disoluciones de MF/PVA. Fabricar nanofibras de MF/PVA mediante la técnica de electrohilado.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para la extracción del MF a partir de una forma farmacéutica comercial En un mortero de porcelana con pistilo, se trituraron 20 tabletas de MF de 850 mg y se le agregaron 150 ml de metanol. La mezcla anterior fue llevada a sonicación durante 45 min y posteriormente fue filtrada en embudo de vidrio con papel filtro. El sólido fue secado en rotavapor y caracterizado espectroscópicamente mediante resonancia

magnética nuclear de protón (RMN ^{1}H) utilizando dimetilsulfóxido deuterado (DMSO-d6) como disolvente y por infrarrojo de trasformada de Fourier (FT-IR). Para la obtención de las nanofibras, se realizarán ensayos partiendo de disoluciones de MF en PVA a diferentes concentraciones: MF/PVA 2%,10% y 20% p/p. Las disoluciones preparadas se llevarán al proceso electrohilado en un equipo de electrohilado NaBond Technologies® conectado a una bomba de inyección con regulación de velocidad de flujo (modelo LEGATO 2000) y un colector de placa fijo. La caracterización microestructural del material obtenido se realizó por FE-SEM, donde se evaluó cuál era la concentración de MF idónea para la obtención de las nanofibras de MF/PVA, analizando también las condiciones ambientales y de procesamiento.

RESULTADOS. Derivado del proceso de extracción sólido-líquido de MF a partir de una forma farmacéutica, se obtuvo un sólido cristalino (Fig. 1), el cual, fue analizado mediante RMN H1 y FT-IR, con la finalidad de analizar la estructura y pureza del compuesto. En la Fig. 2 se muestra el espectro de FT-IR del sólido obtenido, el cual aparecen las señales de los grupos amino, así como de los hidrocarburos, presentes en la estructura. Así pues, el análisis por RMN 1H (Fig. 3) también confirma la estructura química de MF, así como la pureza del fármaco extraído.



Figura 1. Cristales de MF.

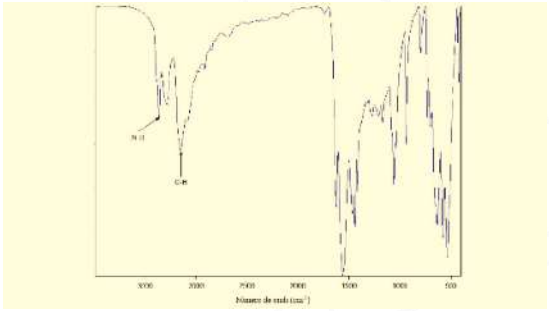


Figura 2. Espectro de FT-IR de MF.

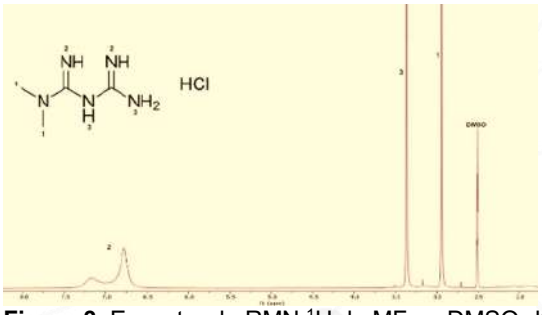
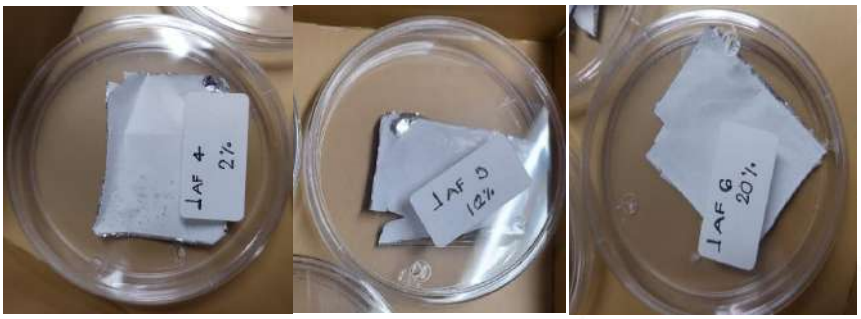


Figura 3. Espectro de RMN ^{1}H de MF en DMSO-d6.

El proceso de electrohilado de las disoluciones de MF/PVA 2%, 10% y 20% p/p se llevó a cabo sobre un colector de acero inoxidable recubierto de papel aluminio, a una distancia de trabajo de 15 cm, un voltaje de 17 kV, y una velocidad de flujo de 0.8 mL/h. En la Fig. 4 se muestra la estructura macroscopica de las fibras obtenidas.



Derivado del analisis morfologico por FE-SEM, se obtuvieron las micrografías mostradas en la Fig. 5, en las cuales, se observa que las tres concentraciones permiten la obtención de estructuras nanofibrosas. Sin embargo, con la disolución de MF/PVA 20% p/p se obtienen nanofibras de una calidad microestructural superior y libres de defectos.

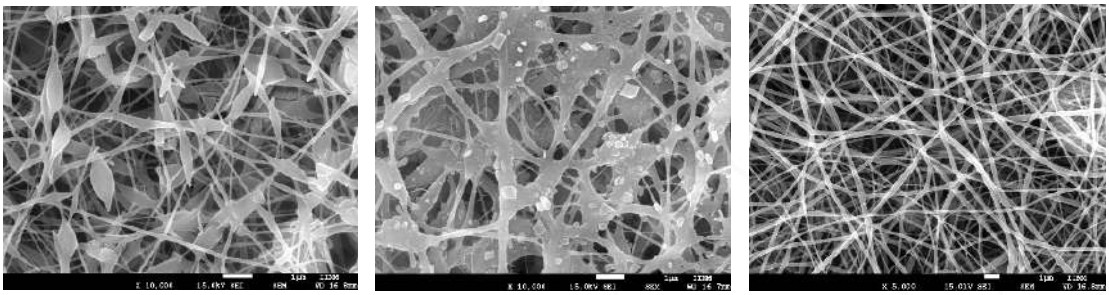


Figura 5. Micrografías FE-SEM, con magnificación de 5 000x, de nanofibras MF/PVA obtenidas sobre colector de acero inoxidable recubierto con papel aluminio a partir de a) MF/PVA 2% p/p, b) MF/PVA 10% p/p y c) MF/PVA 20% p/p.

CONCLUSIONES. La extracción de MF a partir de una forma farmacéutica comercial es posible mediante extracción sólido-líquido. Esto representa una inversión mucho menor que la que se haría si el principio activo fuera adquirido de una comercializadora de reactivos e insumos para laboratorio. La obtención de nanoarquitecturas fibrosas es posible utilizando diferentes concentraciones, sin embargo, las nanofibras de mejor calidad y libres de defectos fueron las obtenidas a partir de la mezcla MF/PVA 20% p/v. Las nanofibras del fármaco con el polímero poseen alta calidad microestructural, así pues, los resultados obtenidos permiten la posterior evaluación de la fibra como un potencial sistema de liberación prolongada de MF.

REFERENCIAS.

1. Bonnet, F., & Scheen, A. (2017). Understanding and overcoming metformin gastrointestinal intolerance. Diabetes, Obesity and Metabolism, 19(4), 473–481. doi:10.1111/dom.12854
2. Perel, C., & Grosembacher, L. (2021). Metformina y sus efectos cardiovasculares. Insuf.card. 16 (2), 60-70. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-38622021000200004
3. Triggle, C. R. et al. (2022) Metformin: Is it a drug for all reasons and diseases? Metabolism. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155223
4. Chandra Basak, S., Senthil Kumar, K., & Ramalingam, M. (2008). Design and release characteristics of sustained release tablet containing metformin HCl. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 44 (3). 477-483.
5. Torres-Martinez, E. J., Cornejo Bravo, J. M., Serrano Medina, A., Pérez González, G. L., & Villarreal Gómez, L. J. (2018). A Summary of Electrospun Nanofibers as Drug Delivery System: Drugs Loaded and Biopolymers Used as Matrices. Current Drug Delivery, 15 (10), 1360–1374. https://doi.org/10.2174/1567201815666180723114326

6. Pérez-Nava, A., Espino-Saldaña, A. E., Pereida-Jaramillo, E., Hernández-Vargas, J., Martínez-Torres, A., Vázquez-Lepe, M. O., Mota-Morales, J. D., Frontana Uribe, B. A., & González-Campos, J. B. (2023). Surface collagen functionalization of electrospun poly(vinyl alcohol) scaffold for tissue engineering. Process Biochemistry, 126, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.12.022

Área 1. Ciencias Naturales y de Materiales
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0124121

MECANISMO DE DISOLUCIÓN DE CENIZAS VOLANTES EN MEDIO ALCALINO PARA LA FORMACIÓN DE GEOPOLÍMEROS

Carlos Alberto Aburto González[1], Deisy Ramírez Vinasco[2], Carlos Alberto León Patiño[3]

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Instituto Tecnológico de Morelia; ibq.aburtoglez1207@gmail.com

CONAHCYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; deisy.ramirez@umich.mx

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; caleon@umich.mx

Palabras Clave: Cenizas volantes, geopolímero, medio alcalino, disolución, manejo de residuos, termoeléctrica.

RESUMEN. La creciente demanda mundial de energía eléctrica impulsa el uso de carbón, generando cenizas volantes como principal residuo. Es por esto que el presente proyecto se centró en el estudio del mecanismo de formación de geopolímeros, esto con la finalidad de comprender la evolución de los compuestos a lo largo del proceso de geopolimerización y así ayudar a la incursión de un mejor manejo de este residuo. Los resultados arrojados por métodos de laboratorio como fluorescencia de rayos X, espectroscopía de infrarrojo y microscopía electrónica de barrido indicaron que a medida que avanza el tiempo de la reacción, se presenta un cambio en las concentraciones de aluminosilicatos, lo que podría indicar que la reacción busca formas más estables de interacción, destacando la necesidad de un estudio más profundo y un tiempo de observación prolongado para comprender mejor la dinámica de la reacción en la pasta de geopolímero.

INTRODUCCIÓN. En el contexto actual, las plantas termoeléctricas, principales generadoras de electricidad a partir de carbón, producen grandes cantidades de cenizas volantes, con aproximadamente 1,722,780 toneladas generadas en México en 2018 (Rendón Belmonte et al., s.f.). Estas cenizas contienen metales pesados como arsénico, cobre, cadmio y plomo, que representan un grave riesgo para el medio ambiente y la salud humana debido a su alta potencialidad contaminante. La disposición inadecuada de estas cenizas cerca de las plantas puede resultar en la lixiviación de estos metales pesados hacia las aguas subterráneas y el suelo, causando contaminación persistente y difícil de remediar. Este trabajo de investigación explora el uso de geopolímeros como una solución innovadora para el tratamiento de cenizas volantes. La investigación busca describir el mecanismo de formación de geopolímeros a partir de cenizas volantes y ofrecer una solución efectiva y ambientalmente responsable para el manejo de estos residuos, mitigando su impacto ambiental y promoviendo prácticas de disposición más sostenibles.

ANTECEDENTES.

Autor	Tema	Año
A. Fauzi (Fauzi et al., 2016)	Estudio de la Caracterización de las Cenizas Volantes como Material	2016

Q. Wan (Wan et al., 2017)	Reacción de Geopolimerización, Microestructura y Simulación de Geopolímeros Basados en Metacaolín con Relaciones Si/Al Ampliadas.	2017
C. A. León Patiño (León Patiño et al., 2024)	Caracterización físico-química y toxicidad de las cenizas volantes de carbón provenientes de una central termoeléctrica y su disposición final como geopolímeros	2024

OBJETIVOS. Estudiar el mecanismo de formación de geopolímeros empleando el residuo "ceniza volante" como material precursor mediante su disolución en medio alcalino, para comprender la evolución de los compuestos a lo largo del proceso de geopolimerización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Caracterizar el material precursor ceniza volante mediante técnicas y métodos de laboratorio para el registro de sus propiedades y características fisicoquímicas. Estudiar la reacción entre la ceniza volante y el medio alcalino bajo diferentes concentraciones de $NaOH/Na_2SiO_3$.

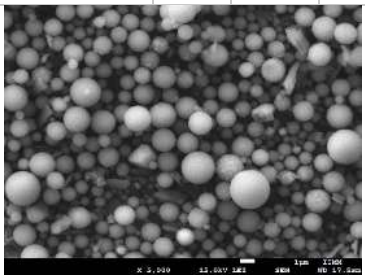
MATERIALES Y MÉTODOS. Para conocer la composición química de la ceniza volante (CV) se realizó espectroscopía de fluorescencia de rayos X en un equipo *Bruker S8 Tiger* a una potencia eléctrica de 5 KV. Las CV fueron caracterizadas por difracción de rayos X usando radiación monocromática de cobre (Cu) a una longitud de onda λ = 1.54056 Å en un equipo *Bruker D8 Advance*. Además, mediante una prueba de Espectroscopía de infrarrojo en un equipo *FT-IR Tensor 27 Bruker* se identificaron grupos funcionales en un rango de 4000 a 400 cm^{-1}. El estudio morfológico se realizo en un microscopio electrónico de barrido por emisión de campo JEOL JMS-7600F. Para la elaboración del geopolÍmero, se pesaron 55g de ceniza volante, 11.33 ml de metasilicato de sodio (Na2SiO3) y 10.1 ml de hidróxido de sodio (NaOH), se mezclaron el hidróxido de sodio junto con el metasilicato de sodio en una plancha de calentamiento a temperatura ambiente a 1500 rpm durante 3 minutos, concurrido este tiempo se adicionaron las CV lentamente para mejorar el homogeneizado de la mezcla, al concluir el vertido la mezcla se dejó agitando durante una hora Y para finalizar, se llevó la pasta a curar en un horno a 60°C durante 6 horas.

RESULTADOS.

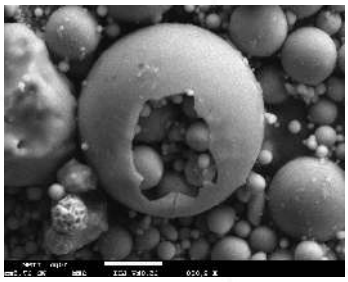
Caracterización fisicoquímica de las cenizas volantes. Los principales elementos obtenidos en la fluorescencia de rayos x están dados en peso porcentual de óxidos y se muestran en la Tabla 1. Se encontró una composición de mayor a menor de dióxido de sílice (SiO_2), óxido de aluminio(Al_2O_3) y óxido de hierro(Al_2O_3), además de determinar que son cenizas del tipo F de acuerdo a la norma ASTM C618(ASTM iNTERNATIONAL., 2023), indicado por el porcentaje menor al 5% de óxido de calcio(CaO), también se les llama silicioaluminosas indicándonos que van a reaccionar de una manera más lenta en contacto con medios alcalinos, este tipo de ceniza se da por la combustión de antracitas y carbones bituminosos, aunado a esto la suma de los óxidos ácidos debe de dar mayor al 70%(Nueva et al., s.f.). Según (Fauzi et al., 2016) la importancia de reconocer este tipo de cenizas como tipo F se encuentra en que al contener grandes cantidades de aluminio (Al) y sílice (Si), se integra de aluminosilicatos amorfos, que van a reaccionar de una mejor manera con los hidróxidos del medio alcalino.

Tabla 1 Composición química de las cenizas volantes (wt%)

Componentes	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**CaO**	**Na_2O**	**K_2O**	**SO_3**	**MgO**	**TiO_2**	**BaO**	**SrO**	**P_2O_5**
	58.1	18.9	9.74	4.02	2.32	1.95	1.57	1.52	0.925	0.368	0.165	0.14



a)



b)

Figura SEQ Fig_ * ARABIC 1 Micrografías de MEB de cenizas volantes. **a)**Distribución amplia de CV. **b)**Forma esférica y hueca que presentan las CV.

De acuerdo a los resultados de la microscopía electrónica de barrido, se puede apreciar que las partículas de ceniza presentan una forma esférica regular (Fig.1a), esto se debe a que durante la combustión del carbón la tensión superficial provoca la eliminación de los bordes y esquinas de las partículas, que al seguir combustionando se contraen y forman figuras esféricas, además se encuentran pocas aglomeraciones de partículas finas. Por la Fig. 1b) se puede apreciar que las esferas también tienen una estructura hueca cuyo origen depende de la liberación de elementos volátiles durante la combustión y almacenan partículas más pequeñas debido a la amplia distribución de partículas. (León Patiño et al., 2024)

La Fig. 2 muestras los espectros FT-IR de la ceniza indicando la presencia de diferentes bandas. La banda a 3429 cm^{-1} indica enlaces O-H del agua, la cual se puede justificar como la humedad atrapada entre las partículas de ceniza y a 1625 cm^{-1}, la cual no es tan pronunciada, pero que puede presentar un alargamiento de los enlaces O-H. Se tiene una banda a 1085 cm^{-1} que se considera la principal por ser muy fuerte, esta banda se presenta por las vibraciones de silicatos como aluminosilicatos o dióxido de sílice (Analisis de Los Espectros de Infrarrojo, s.f.)

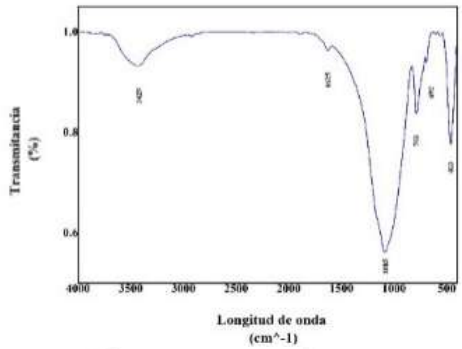


Figura 2 *Espectrograma de infrarrojo de las CV.*

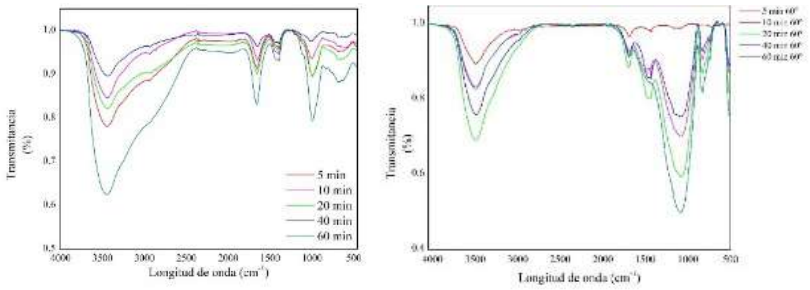


Figura 3 *Espectros de infrarrojo de geopolímeros en función del tiempo a) Húmedos y b) Secos a 60° C.*

En la Fig. 3 se aprecia un espectrograma de las mediciones realizadas a la pasta de geopolímero bajos los diferentes tiempos de reacción. En la Fig. 3a se pueden apreciar del lado izquierdo bandas muy prominentes a la longitud de onda de 3460 cm^{-1}, que de acuerdo a la literatura se pueden describir como enlaces O-H (Análisis de Los Espectros de Infrarrojo, s.f.), que en este caso las muestras analizadas si contenían una aparente humedad, las cuales no se secaron. En la Fig. 3b las pastas se sometieron a secado por 6 horas a 60°C donde es evidente la disminución de humedad. Las bandas entre 1000 y 900 cm^{-1} indican la fase vítrea de la ceniza volante, la cual son compuestos de mullita, dada por las vibraciones de aluminosilicatos de óxidos de sílice, las cuales fueron disminuyendo a medida que fue avanzando la reacción. Sin embargo, hay varios espectrogramas que corresponden a la pasta del geopolímero a 10, 20, 40 y 60 min, los cuales no presentan un cambio lineal de disminución, sino que es irregular, donde a 20 min tiene un aumento en estos enlaces, cuando deberían de ir disminuyendo, esto se podría atribuir a que las alícuotas tomadas no fueron representativas al tomarse, ya que si se mostró una disminución de estos compuestos, (Criado et al., 2007). A 461.52 cm^{-1} se tiene una banda que por literatura indica deformaciones por vibraciones internas en los enlaces de aluminio silicio con oxigeno (Al, Si-O), (Criado et al., 2007).

Los resultados de fluorescencia de rayos X mostrados en la Tabla 2 fueron obtenidos de los polvos secos después del proceso de geopolimerización en medio alcalino. Se aprecia que el porcentaje de Si va disminuyendo conforme aumenta el tiempo, sin embargo, después de 20 min se nota un aumento, pero al tiempo máximo registra una disminución hasta 3.11%. El Al presenta una variación similar y después de 60 min presente un 0.791% en peso. Analizando los datos obtenidos se puede proponer que estos aumentos y disminuciones tan espontáneos se den porque en la reacción busca el equilibrio y a 60 min de reacción no es posible apreciar de manera clara un comportamiento, de igual manera al no llevarse a un proceso de curado, se tiene una menor resistencia, por lo tanto, una estructura más débil.

Tabla 2 Composición por elementos de la pasta de CV obtenidos por espectroscopía de fluorescencia de rayos x

	5 min	10 min	20 min	40 min	60 min
Si	16	13.8	14.9	15	3.11
Fe	6.57	6.06	6.31	6.14	7.56
Al	5.34	4.53	4.8	4.83	0.791
Ca	2.67	2.69	2.66	2.62	1.68
K	1.51	1.44	1.36	1.39	0.769

Na	1.13	1.29	1.01	1.29	0.283

En la fig. 4a) se puede observar la superficie del geopolímero que en comparación con la fig. 1 a) presenta una superficie uniforme y rígida provocada por la disolución de la ceniza volante en el medio alcalino, esta disolución permitió formar redes de silicio y aluminio más estables, dejando estos elementos encapsulados en esta misma red. En la fig. 4b) se aprecian a una magnitud de 5000x partículas residuales de ceniza volante que no lograron reaccionar con el medio alcalino, por debajo de ellas la superficie que presenta porosidad, esto se podría atribuir a las partículas que quedaron sin disolver.

CONCLUSIONES. Las características microestructurales y químicas de las cenizas volantes tienen, composiciones altas de aluminosilicatos como fue presentado en el estudio de fluorescencia de rayos X, los cuales pueden disolverse en medios alcalinos para la formación de geopolímeros. La pasta de geopolímero presenta variaciones significativas en su composición durante el proceso de reacción. En los espectros de FT-IR las bandas correspondientes a la fase vítrea de la ceniza volante, disminuyen con el tiempo, aunque de manera irregular. El análisis de fluorescencia de rayos X indica una disminución clara de los porcentajes de aluminosilicatos, y que ese porcentaje perdió sus propiedades reactivas, quedando disueltas en la solución acuosa. Estas variaciones sugieren que la reacción busca formas más estables de interacción, es por esto que se destaca la necesidad de un estudio más profundo y un tiempo de observación prolongado para comprender mejor la dinámica de la reacción en la pasta de geopolímero.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán por el apoyo recibido para la realización de este proyecto PICIR 090.

REFERENCIAS.

1. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete (ASTM C618-23). (2023).
2. Cap 6 Analisis de los espectros de infrarrojo. (n.d.).
3. Criado, M., Fernández-Jiménez, A., & Palomo, A. (2007). Alkali activation of fly ash: Effect of the SiO2/Na2O ratio. Part I: FTIR study. Microporous and Mesoporous Materials, 106(1–3), 180–191. https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2007.02.055
4. Fauzi, A., Nuruddin, M. F., Malkawi, A. B., & Abdullah, M. M. A. B. (2016). Study of Fly Ash Characterization as a Cementitious Material. Procedia Engineering, 148, 487–493. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.535
5. León Patiño, C. A., Ramírez Vinasco, D., Aguilar Reyes, E. A., Flores Jacobo, N. I., & Villatoro Pérez, A. P. (2024). Physicochemical characterization and toxicity of coal fly ash leaching from a thermoelectric power plant and its final disposal as geopolymers. MRS Advances, 9(6), 323–328. https://doi.org/10.1557/s43580-024-00777-5
6. Nueva, U. M., Colombia, G., Valencia, S., & Elena, L. (n.d.). Ciencia e Ingeniería Neogranadina. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101007
7. Wan, Q., Rao, F., Song, S., García, R. E., Estrella, R. M., Patiño, C. L., & Zhang, Y. (2017). Geopolymerization reaction, microstructure and simulation of metakaolin-based geopolymers at extended Si/Al ratios. Cement and Concrete Composites, 79, 45–52. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.01.014

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224101

DISEÑO DE UNA CENTRAL ELÉCTRICA DE COGENERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA USANDO BAGAZO DE AGAVE COMO BICOMBUSTIBLE SÓLIDO

Miguel Ángel Ferrer Hernández1, Carmen Judith Gutiérrez García2*
Instituto Tecnológico de Morelia/Tecnológico Nacional de México; 19120800@morelia.tecnm.mx
2Instituto Tecnológico de Morelia/Tecnológico Nacional de México; carmen.gg@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: energías verdes, biocombustibles, economía circular.

RESUMEN. México atraviesa un periodo de industrialización en sus diversos sectores productivos, lo que implica un aumento en la extracción de materias primas y en la demanda de servicios básicos, como agua y energía (Carpentier, 2024). El presente proyecto plantea el diseño de una central eléctrica de cogeneración en la Cuidad de Oaxaca, México, utilizando bagazo de agave, un residuo agroindustrial, como biocombustible sólido. El objetivo principal es prevenir la contaminación de los acuíferos en la zona, implementando la economía circular y evitando la formación de lixiviados (Gilbert M. Masters, 2008). En el proceso general, se contemplan de las etapas básicas de un ciclo Rayleigh, además de sistemas de tratamiento para la remoción y aprovechamiento de contaminantes gaseosos, tratamiento del agua, y acondicionamiento de la materia prima. Este proyecto está respaldado por un conjunto detallado de documentos, que incluyen estudio de mercado, descripción y diagrama general del proceso, balances de materia y energía, sistemas de control e instrumentación, estudio de la zona y planos generales, diagramas de tuberías, planos de seguridad industrial, entre otros. El análisis de la información permitió determinar que se necesitan 98 t/h de bagazo de agave fresco y 174 m3/h de agua desmineralizada para producir 10 MWh de energía eléctrica de 115 kV.

INTRODUCCIÓN. La industrialización en México, en sectores como energía, transporte, construcción y automotriz, ha incrementado la demanda de materias primas, agua y energía (Carpentier, 2024). Esto resalta la importancia de la ingeniería ambiental, que optimiza procesos industriales y controla la contaminación atmosférica. En 2021, el consumo eléctrico del país fue de 323,633 GWh, un 15% más que en 2015, de los cuales el 70% provino de combustibles fósiles (CFE, 2023). Por otro lado, México genera más de 42 millones de toneladas de residuos sólidos al año, incluidos desechos como el bagazo de agave, un subproducto agroindustrial que, sin tratamiento adecuado, puede causar contaminación hídrica y otros problemas como la producción de lixiviados, la generación de metano y la formación de focos de infección (SEMARNAT, 2018). Este proyecto propone usar el bagazo de agave como biocombustible para generar energía, para contrarrestar el impacto ambiental asociado al uso de combustibles fósiles y daño ecológico derivado de una inadecuada gestión del bagazo como residuo de manejo especial, impulsando a un desarrollo más sostenible; de manera simultánea, es una propuesta de energía sostenible.

ANTECEDENTES. Para los antecedentes descritos, se expone principalmente el diseño teórico de centrales termoeléctricas, tanto a partir de combustibles convencionales como de biocombustibles.

A. Saldaña Castillo Edgar Alexander (2020). Diseño de una central termoeléctrica de cogeneración de 5 MW para la planta backus – motupe. Universidad del señor de Sipán. Perú.
B. Guillermo Mira Osuna (2015). Diseño de una central termoeléctrica de ciclo convencional. Universidad de Salamanca. España.
C. María Inmaculada Martín (2018). Ingeniería Básica para la Implantación de una Central Termoeléctrica de Biomasa de 20 MW. Universidad de Sevilla (2018).
D. Jorge García Pérez (2014). Diseño de una planta de cogeneración en la Cantera "Las Margaritas". Escuela superior de Ingenieros de Minas y Energía. España.

OBJETIVO. Diseñar una central eléctrica de cogeneración para producción de energía eléctrica de manera sostenible usando bagazo de agave generado en la industria mezcalera como biocombustible sólido.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para efectos del presente proyecto, al ser un diseño teórico de una planta industrial, los apartados de "*Materiales y métodos*" y "*Resultados Obtenidos*" constan principalmente del estudio técnico-económico que abarca desde el estudio de mercado pasando por la ingeniería básica hasta la ingeniería de detalle

A) *Estudio de mercado.* Para el estudio de mercado a nivel nacional, se realizó un extenso análisis en el cuál se consideraron puntos como: definición del producto, análisis de la demanda y la oferta, proyectos de inversión, localización de las plantas generadoras de energía, análisis de los canales de distribución, estudio del precio de la venta por energía eléctrica.
B) *Estudio de la capacidad de la planta*. Para el estudio de la capacidad se tomaron en cuenta factores como disponibilidad de materia prima, disponibilidad de los equipos, disponibilidad de mano de obra, análisis de financiamiento, posicionamiento, entre otros. Por otra parte, se realizó un estudio de proveedores potenciales de materia prima e insumos,
C) *Estudio de localización de la central eléctrica*. Para el análisis de la localización de la central eléctrica, se analizaron diversos estados tomando en cuenta la disponibilidad de agua, la disponibilidad de materia prima, se realizó un análisis de vías de comunicación, del impacto social y económico que tendría en la región, del sistema eléctrico nacional y generación de energía en la región, la topografía del sitio, clima y actividad sísmica.
D) *Descripción del proceso***.** Se realizó una investigación documental para el diseño del proceso de producción de energía eléctrica a partir del bagazo, donde se describen los fundamentos teóricos y prácticos de cada etapa, incluyendo la eficiencia en los procesos de reacción y de transferencia de masa, calor y momento. La figura 1 muestra el diseño del proceso considerando la selección del equipo principal y secundario en el área de proceso

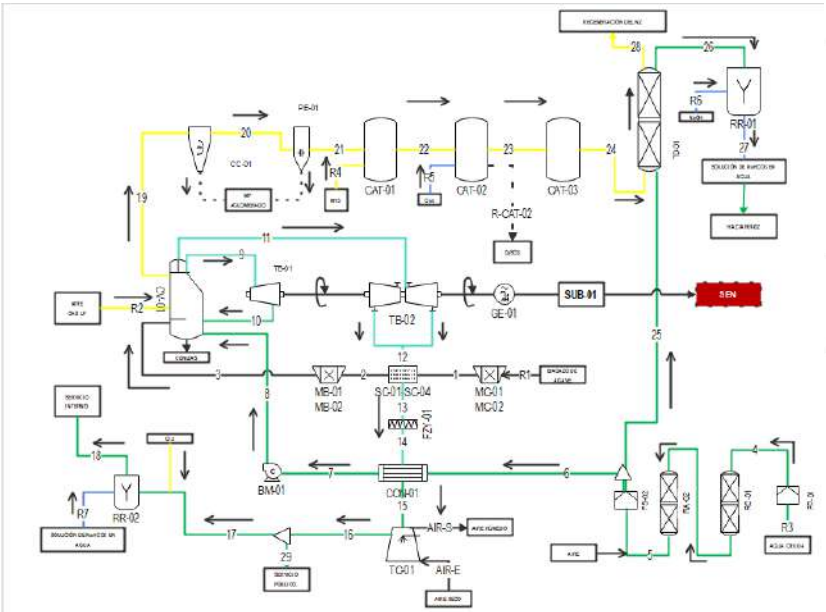


Fig. 1. *Diagrama de flujo de proceso. Elaboración propia (Edraw-Max, 2024)*

Para el estudio de la instrumentación y control de proceso, se realizó un análisis en donde se determinaron las variables más críticas tanto de las corrientes en el proceso como para cada uno de los equipos. Esta información se representa de forma gráfica en la figura 2. Así mismo, se determinaron los valores límites de operación y los valores críticos de operación.

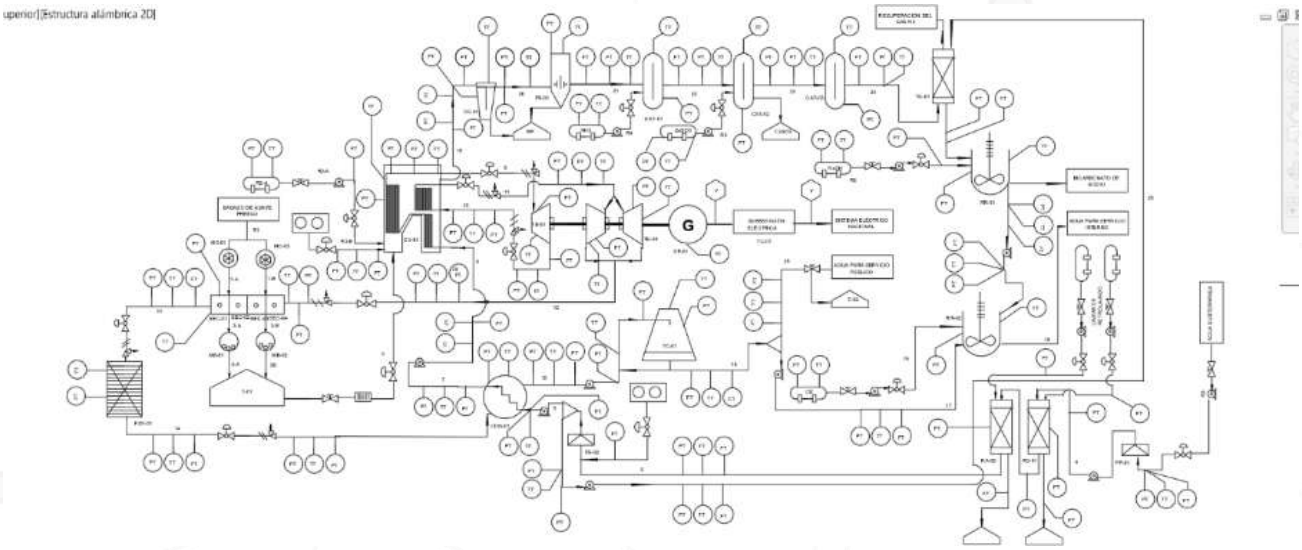


Fig. 2. *Diagrama de instrumentación y control del proceso (elaboración propia, AutoCAD, 2024).*

Para el análisis de distribución de la planta, se realizó un estudio para determinar las áreas necesarias adicionales al área de proceso. Se consideraron tres niveles; subterráneo, superficial y aéreo (Fig.3). Este proyecto cuenta con estudios adicionales a los que se presentan como: estudios y planos de iluminación, plano eléctrico, análisis y diagrama de tuberías de servicio, gestión de residuos, y tratamiento de aguas residuales. Además, de

un estudio de riesgos y medidas de seguridad, así como planos de ubicación de equipo de emergencia y rutas y salidas de evacuación, puntos de reunión, así como manuales de arranque de las unidades de operación.

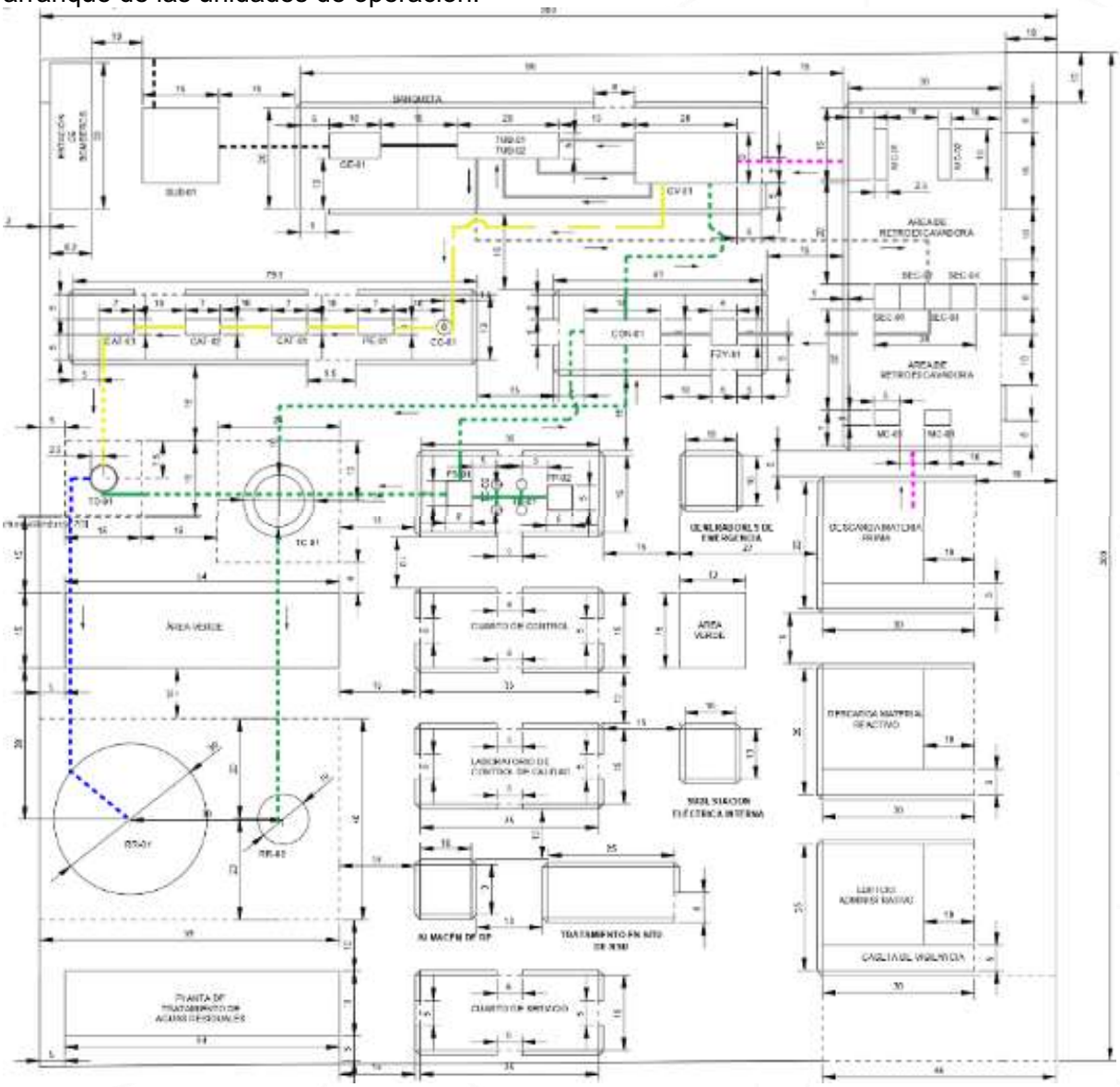


Fig. 4. *Diagrama de distribución de planta superficial. Elaboración propia (AutoCAD, 2024).*

RESULTADOS. De acuerdo con el estudio de mercado, se determinó que:
La central eléctrica producirá energía eléctrica con un voltaje de 115 kV. Se encontró que existe una demanda insatisfecha 271.398 GWh al año. El precio por MWh generado en México es de $1600.00 MXN; por lo que se plantea que la central eléctrica actué como un Productor Independiente (PIE) en el mercado de la venta/compra de energía en México. Con base en el análisis de capacidad de la planta, se determinó que: la central eléctrica tendrá una capacidad instalada de 14.25 MW y producirá aproximadamente 87,600 MWh al año. De acuerdo con el análisis de localización se concluyó que la ubicación idónea de

la planta será en el sur de Oaxaca de Juárez, debido a que al ser el principal productor de mezcal genera alrededor de 5 millones de ton/año de bagazo de agave como residuo agroindustrial. En el estudio se analizó el estado de Michoacán, sin embargo, no se optó por este último debido a qué A partir de un análisis económico, se estimó que para la construcción y operación de la planta se requiere una inversión inicial de $ 265, 212,000.00 MXN, del cual se financiará en un 65% mediante inversión privada y 35% en un crédito bancario. La central comenzará a dar rendimientos a partir del quinto año, el valor del VPN es de $ 179,533,196.28 MXN, y la TIR ostenta un valor del 22%.

CONCLUSIONES. A partir de la aplicación de la ingeniería básica y de detalle, se considera que el diseño de una central eléctrica de cogeneración para la producción de energía usando bagazo de agave como biocombustible sólido es técnica y económicamente viable, además de presenta una serie de ventajas importantes como el un impacto positivo en la región electa para su localización, debido a que favorecerá el desarrollo económico de la región, reducirá en gran medida la contaminación de suelos y acuíferos derivada de una inadecuada gestión de residuos agroindustriales (bagazo de agave) mejorando la calidad de vida de las personas pertenecientes a la región.

REFERENCIAS.

1. Emma Carpentier (2024) Impacto económico del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec. Revista REAL ESTATE
2. Gilbert M. Masters; Wendell P. Ela (2008). INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL. Pearson Educación. Madrid, España
3. Geankoplis C.J. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias. Compañía editorial de S.A. de C.V. México.
4. Comisión Federal de Electricidad (CFE), (2023). Plan de negocios 2023-2027. CFE
5. SEMARNAT (2018). Residuos sólidos urbanos. Consultado el 01/10/2023.

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224102

CORRELACIÓN DE ÍNDICES SATELITALES E IN SITU PARA LA DETECCIÓN DE SEQUIAS

Bryan Alejandro Ordaz Ambriz[1], Carolina Rocha Delgado[2], José Jaime Madrigal Barrera[3], Sonia Tatiana Sánchez Quispe[4].

1Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 2000884j@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; 1612420j@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; Jaime.madrigal@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: SPI, Sequia, Correlación.

RESUMEN. La cuenca del río Angulo en Michoacán enfrenta sequías que afectan la agricultura y las aguas subterráneas. El rio Angulo es el principal afluente de margen izquierdo del Rio Lerma. Este río es crucial para el riego agrícola en la región, y las sequías han deteriorado la producción y la economía local. Los datos del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) de estaciones meteorológicas están limitados hasta 2017 por datos incompletos, mientras que los datos satelitales de precipitación están disponibles hasta la actualidad. Para la elaboración del índice SPI se recopilaron datos de precipitación de 15 estaciones en la zona de estudio, se verifico independencia y homogeneidad para validar la confiabilidad de los datos, posteriormente mediante la metodología de McKee et al de 1993, se elaboró un código en R el cual como entrada requiere los datos de precipitación en escala mensual y como salida series de datos del índice SPI. En el caso de los índices satelitales se utilizó Google Earth Engine y código para la obtención de imágenes satelitales en formato ráster a escala mensual de la zona de estudio. Para buscar una correlación espacio-temporal de ambas series de datos SPI, y posteriormente SPI con NDVI y VHI se elaboró un código en R en el cual como entrada se ingresan las ubicaciones de las series de datos de los índices satelitales e in situ, y utiliza el coeficiente de correlación de Pearson (Pearson, 1892). Este coeficiente nos indica cómo se comporta una variable respecto de otra. Al comparar el índice SPI satelital con la in situ se obtuvo una correlación de 0.61 el cual según Pearson es una correlación alta, En el caso de SPI – NDVI correlación nula (0.05), y en el caso de la SPI – VHI obteniendo resultados favorables, pues según Pearson la correlación es moderada (0.25).

INTRODUCCIÓN. La cuenca del río Angulo en Michoacán enfrenta sequías que afectan la agricultura y las aguas subterráneas. El rio Angulo es el principal afluente de margen izquierdo del Rio Lerma. Este río es crucial para el riego agrícola en la región, y las sequías han deteriorado la producción y la economía local. Los datos del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) de estaciones meteorológicas están limitados hasta 2017 por datos incompletos, mientras que los datos satelitales de precipitación están disponibles hasta la actualidad. encontrar una correlación positiva entre los datos satelitales y la in situ (elaborados con datos de estaciones climatológicas) puede ayudar a caracterizar las sequias en la actualidad de una mejor manera.

ANTECEDENTES. La sequía es un fenómeno climático repetitivo y natural que se extiende a lo largo de mucho tiempo y se define como valores de precipitación por debajo de la media de un lugar (Dai, 2011), "El termino sequia tiene más de 150 definiciones distribuidas en 4 categorías; meteorológica, agrícola, hidrológica y socioeconómica en función del sector que se ve afectado, temporalidad, magnitud e impacto", y cada una de ellas tiene un impacto y sus respectivas consecuencias (Wilhite & Glantz, 1985). En el año 1993 Mckee et al Elaboro una metodología para determinar un índice el cual nombraron SPI (Índice de precipitación estandarizada) el cual compara la precipitación con la media de toda la serie de datos. Esta precipitación se puede ir acumulando a distintos tiempos. 1-3 meses para la detección de humedad en el suelo, de 3-6 meses para la sequía agrícola, mayor a 6 meses relaciona el almacenamiento subterráneo con la precipitación. En México se utilizan los datos climatológicos de las estaciones ubicadas en distintos puntos del país, sin embargo, existe una problemática, estas por algún factor u otro dejan de funcionar por distintos periodos de tiempo, o simplemente dejan de funcionar, esto hace imposible contar con una gran cantidad de años continuos de datos. Sin embargo, existen satélites con muchos años en órbita, los cuales toman datos de precipitación, al igual que imágenes satelitales como la cantidad y salud de la vegetación.

OBJETIVOS. Encontrar la correlación entre el índice SPI satelital y el SPI in situ.Correlacionar el SPI con el NDVI (Índice normalizado de diferencia de vegetación) para encontrar que tan relacionada esta la precipitación con la cantidad de vegetación. Correlacionar el SPI con el VHI (Índice de salud de la vegetación) para encontrar la relación entre la precipitación y la salud de la vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS. El Índice estandarizado de precipitación (SPI)
Desarrollado por McKee et al (1993), el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI). Se calcula tomando la diferencia entre la precipitación registrada y el promedio de un periodo de tiempo en especial, y dividiéndolo por la desviación típica correspondiente.

SPI	Categoría
≥2.0	Extremadamente húmedo
1.5 < SPI < 1.99	Muy húmedo
1.0 < SPI < 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 < SPI < 0.99	Normal o aproximadamente normal
-1.0 < SPI < -1.49	Moderadamente seco
-1.5 <SPI < -1.99	Severamente seco
≤-2	Extremadamente seco

Tabla 1 *Clasificación del índice SPI Mckee et al 1993*

El índice normalizado de diferencia de vegetación. (NDVI)
Resulta del cociente normalizado entre bandas espectrales que al mostrar un claro contraste entre las bandas visibles (0.6 a 0.7 µm) y el infrarrojo cercano (0.7 a 1.1 µm) permiten identificar la vegetación de otras superficies (Chuvieco, 2004). En zonas donde existe agua o ciudades podría confundirse pues no existe vegetación. Los valores van desde 1 a -1.

NDVI	Vegetación

-1 a 0	Planta muerta u objeto inanimado
0 a 0.33	Planta enferma
0.33 a 0.66	Planta moderadamente saludable
0.66 a 1	Planta muy saludable

***Tabla 2**. Clasificación NDVI (Chuevico, 2000)*

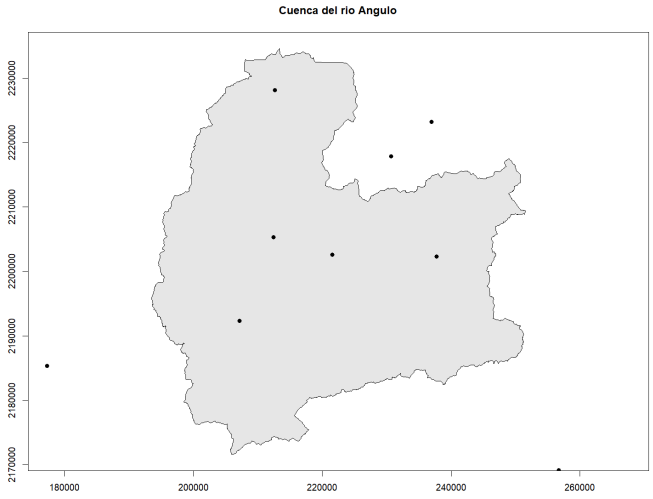
El índice de salud vegetal (VHI)
ilustra la gravedad de la sequía basándose en la salud de la vegetación y la influencia de la temperatura en las condiciones de las plantas. (Rojas, 2016)

VHI	Tipo de sequia
>40	Sin sequia
<40	Sequia suave
<30	Sequia moderada
<20	Sequia severa
<10	Sequia extrema

***Tabla 3.** Clasificación VHI Bhuiyan, C. and Kogan 2010*

En el caso de los índices satelitales (SPI, NDVI, VHI) se utilizó varios repositorios en Google Earth Engine que utilizan las metodologías ya mencionadas, se trabajó a una escala mensual desde el año 2001 hasta junio del año 2024. La entrada consto únicamente de la fecha y el shape (vectores) de la zona de estudio, en este caso fue en la cuenca del rio Angulo, sin embargo, esta metodología podría aplicar en cualquier lugar. Como salida se obtuvieron imágenes en formato ráster con valores para cada uno de los índices para cada mes para cada año.

En el caso del índice SPI elaborado con datos in *situ* (precipitación con estaciones climatológicas) Primeramente se trabajó con estaciones dentro y fuera de la cuenca con los datos de precipitación donde se verifico independencia y homogeneidad para corroborar la fiabilidad de los datos.



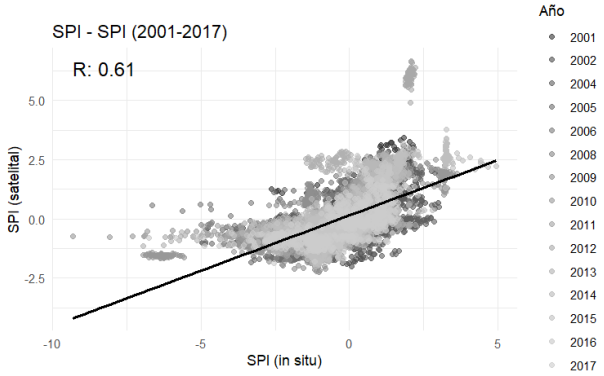
Después de verificar la fiabilidad de los datos se utilizó la metodología para el SPI elaborada por Mckee en 1993, esta se realizó en un código en R donde se introducían valores de precipitación a escala mensual, en el código se podrían elegir diferentes acumulaciones para el SPI, donde cada una de estas acumulaciones sirven para analizar las sequias en

diferentes escalas, siendo 1-3 meses humedad en el suelo, 3-6 meses agrícola, y mayor a 6 meses el SPI está relacionado con el almacenamiento de aguas subterráneas. Como salida dio como resultado series de datos mensuales de SPI. Desde el año 1940 hasta el 2017, donde para hacer un análisis con las sequias del 2017 hacia atrás son buenos, sin embargo, si se quisiera caracterizar sequias en la actualidad eso es muy difícil o existiría mayor sesgo. Para lograr visualizar estos datos de SPi para cada estación meteorológica se subieron en formato de shape (Vectores) de puntos a un sistema de información geográfica (SIG) donde se realizó una interpolación y recorte a la forma de la zona de estudio. En R se elaboró un código el cual ayudara a reclasificar los ráster de acuerdo a la clasificación estandarizada.



diciembre

Para buscar una correlación de los índices climáticos se elaboró un código en R que realizara una comparación espacio temporal con el coeficiente de correlación de Pearson (Pearson,1896) donde se analiza cómo se comporta una variable respecto de otra. En el caso de la comparación in situ – satelital se realizó una comparación a escala mensual de 2001-2017 con los ráster como entrada. Se realizo la comparación tomando en cuenta únicamente los meses más lluviosos de todos los años, es decir de junio-octubre, y también tomando en cuenta todos los meses. Pues se buscaba la mayor correlación de la variable SPI.





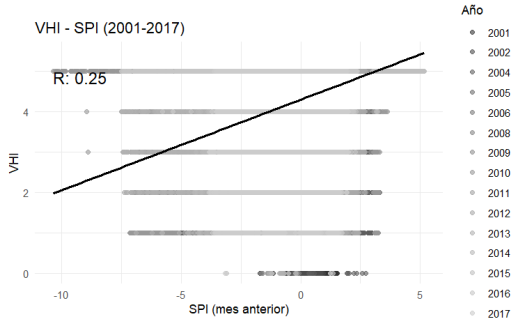
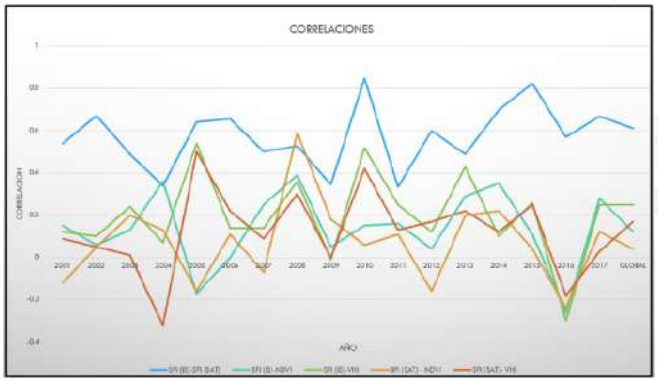
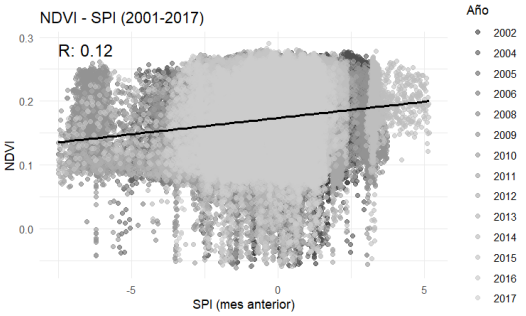


Figura 3. *Correlación SPI satelital - SPI in situ*

Para comparar el SPI con el NDVI y el VHI se tomó en cuenta que la precipitación no afecta inmediatamente a la cantidad y la salud de la vegetación, pues demoran en verse afectadas estas variables. Debido a esto se tomó un mes de desfase en la comparación. Ejemplo. SPI Enero – NDVI febrero, sin embargo, no se tuvieron resultados favorables, pues según el Coeficiente de correlación de Pearson es una correlación débil. En el caso de SPI – VHI se obtuvo una correlación moderada a desfase de 1 mes.

RESULTADOS. La mayor correlación encontrada fue entre la misma variable SPI in situ – SPI satelital (0.61), en el caso del NDVI – SPI se encontró una correlación débil (0.12), y en el caso del VHI – SPI la correlación fue moderada (0.25).





CONCLUSIONES. En conclusión, el SPI satelital puede ser una alternativa para caracterizar sequias de una manera rápida o cuando no existan suficientes datos en

estaciones meteorológicas actualizados. En el caso del NDVI y VHI lo mejor es realizar pruebas con 2 o 3 meses de desfase, esperando mejores resultados. Sin embargo, si ya se tiene un monitor de sequias y sea requerido actualizarlo para los últimos años habría que probar y analizar que tanto cambia. Pues se esperaba una mayor correlación a escala mensual.

REFERENCIAS.

1. SMN. (2023). Monitor de Sequías en México. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico
2. Rojas, O., Vrieling, A., & Rembold, F. (2011). Assessing drought probability for agricultural areas in Africa with coarse resolution remote sensing imagery. Remote Sensing of Environment, 115(2), 343–352. https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.09.006
3. Mckee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). THE RELATIONSHIP OF DROUGHT FREQUENCY AND DURATION TO TIME SCALES. En Eighth Conference on Applied Climatology.
4. Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. Water international, 10(3), 111-120.
5. Chuvieco, E., Cocero, D., Riano, D., Martin, P., Martınez-Vega, J., De La Riva, J., & Pérez, F. (2004). Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating. Remote Sensing of Environment, 92(3), 322-331.
6. Dai, A. 2011. Drought under global warming: A review. Climate Change 2, 45-65. Doi:10.1002/wcc.81

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224106

INTERFAZ GRÁFICA INTERACTIVA PARA EL ANÁLISIS DE ARMÓNICAS EN REDES ELÉCTRICAS

Andrea Pintor Fulgencio[1], José Luis Monroy Morales[2], Manuel Madrigal Martínez[3]
1Instituto Tecnológico de Morelia; l20121543@morelia.tecnm.mx
2Instituto Tecnológico de Morelia; jose.mm@morelia.tecnm.mx
3Instituto Tecnológico de Morelia; manuel.mm@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Armónicos, Interfaz Gráfica, THD.

RESUMEN. Resumen
El presente proyecto se enfoca en desarrollar una interfaz didáctica interactiva que permita visualizar el impacto de los voltajes y corrientes armónicas en redes eléctricas, facilitando la comprensión de un fenómeno complejo y crucial en la ingeniería eléctrica. Las señales armónicas, que son múltiplos de la frecuencia fundamental, pueden generar diversos problemas en los sistemas eléctricos, como el sobrecalentamiento de equipos, fallos en la operación de dispositivos y una notable pérdida de eficiencia energética. La interfaz permite modificar parámetros clave, como la amplitud y el orden de las armónicas, para observar influyen en la forma de onda de la corriente y el voltaje. Esta interfaz se desarrolla en App Designer de MATLAB, lo que permite una programación intuitiva y orientada a eventos, ofreciendo al usuario una experiencia interactiva y dinámica. Además de la visualización gráfica de las formas de onda, la herramienta incluye indicadores visuales basados en los índices de distorsión armónica (THD), con leds de colores que muestran si los niveles de distorsión se encuentran dentro de los estándares permitidos. Lo anterior facilita la identificación de problemas relacionados a armónicos y ayuda a los usuarios a tomar decisiones correctivas de manera eficiente.

INTRODUCCIÓN. La calidad de la energía eléctrica se refiere a la entrega de energía que cumple con las expectativas de los usuarios en cuanto a voltaje, frecuencia, y forma de onda. Los armónicos son alteraciones en las ondas de corriente o voltaje, que aparecen como múltiplos de la frecuencia fundamental en sistemas eléctricos [1]. En sistemas de 60 Hz, las armónicas comunes están en 180 Hz, 300 Hz y 420 Hz [2]. Estas alteraciones provienen de cargas con impedancia no lineal y equipos conmutadores. Los armónicos causan problemas como pérdida de potencia, sobretensiones, fallos en sistemas de protección y daños en equipos [1]. Existen filtros pasivos y activos para la mitigación de armónicos. La comprensión y medición de los armónicos es compleja debido a su naturaleza técnica y la falta de representación técnica, lo que dificulta la evaluación y corrección efectiva de estos problemas. Para facilitar esta tarea, se ha desarrollado una interfaz gráfica que facilita el análisis de los armónicos y ayuda a interpretar y entender su comportamiento.

OBJETIVO. Diseñar e implementar una interfaz gráfica clara y eficiente que permita visualizar y ajustar los armónicos en sistemas eléctricos.

JUSTIFICACIÓN. En los sistemas eléctricos modernos, las cargas no lineales generan armónicos, que son múltiplos de la frecuencia fundamental y distorsionan la forma de onda eléctrica. Esta distorsión reduce la eficiencia energética, provoca sobrecargas y puede dañar la infraestructura a largo plazo. La complejidad para comprender los armónicos y la falta de representaciones visuales claras dificultan su evaluación y corrección, lo que puede llevar a decisiones incorrectas, aumentar costos operativos y afectar la calidad del suministro eléctrico. Este trabajo propone una interfaz gráfica que facilite la visualización y ajuste de los armónicos, mejorando su comprensión y gestión en los sistemas eléctricos.

Concepto Fundamental de Armónicas. El concepto de armónica se define como una señal de frecuencia múltiplo entero de la frecuencia fundamental. En dichos sistemas, toda función periódica, ya sea corriente o voltaje, puede representarse como una suma infinita de términos sinusoidales, como se muestra en la siguiente ecuación [3]:

$$v(t) = \sum_{h=1}^{N} V_h \cos(h\omega t + \theta_h)$$

Donde:

θ_h = ángulo de la armónica h.

$v(t)$ = magnitud de la armónica de orden h.

La distorsión total armónica es:

$$THD_I = \frac{\sum_{h=2}^{N} I_h^2}{I_1} \cdot 100\% \quad 2) \qquad ; \qquad THD_V = \frac{\sum_{h=2}^{N} V_h^2}{V_1} \cdot 100\%$$

La ecuación (1) representa una señal de voltaje, mientras que las ecuaciones (2) y (3) representan una señal de corriente y voltaje respectivamente.

Interfaz Gráfica para el Análisis de Componentes Armónicas
En la Fig. 1 se muestra la interfaz gráfica desarrollada y se describe a continuación

1. Gráfico de forma de onda: Se muestra la forma de onda fundamental y la distorsionada. Estas ondas variarán según los datos ingresados por el usuario.
2. Entrada de valores: Espacio donde el usuario introduce los valores de la magnitud fundamental, la frecuencia y los ciclos que desea mostrar en el gráfico.
3. Valores de armónicos: Sección donde el usuario puede insertar las magnitudes de las cuatro armónicas disponibles.
4. Ajuste de magnitudes por medio de Sliders: El usuario puede variar las magnitudes de las armónicas disponibles mediante sliders, observando instantáneamente cómo cambia la forma de onda distorsionada.
5. Apartado de THD: Muestra indicadores de distorsión de la forma de onda mediante luces de colores. El color verde indica que no hay distorsión o que es aceptable, el color amarillo indica una distorsión mayor pero aceptable, y el color rojo indica una distorsión preocupante y no aceptable.

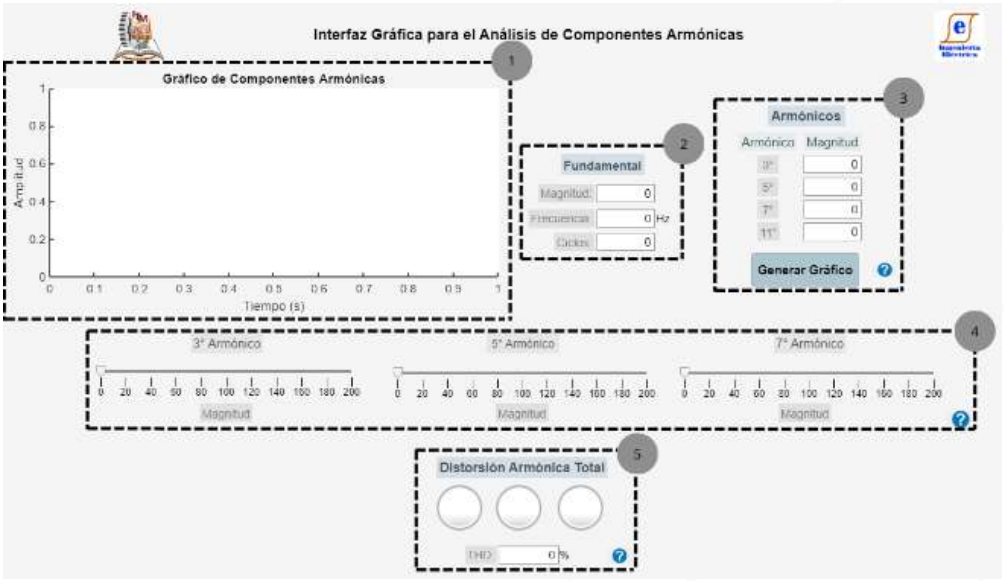


Figura 1. Interfaz Gráfica para el Análisis de Componentes Armónicas

Casos de Estudio. Se realizan cuatro casos de estudio los cuales se describen a continuación.

Caso de estudio 1. La Fig. 2 muestra una señal fundamental de 180 y 60 Hz, la cual se representa en color azul. En color rojo se tiene una señal que contiene un tercer armónico de magnitud de 50, la cual puede cambiar su valor desde la slider del lado izquierdo de la interfaz. Con estos valores tenemos un THD de 28.79%, el cual se encuentra fuera de los límites aceptados por los estándares permitidos, y por lo cual enciende el led en color rojo.

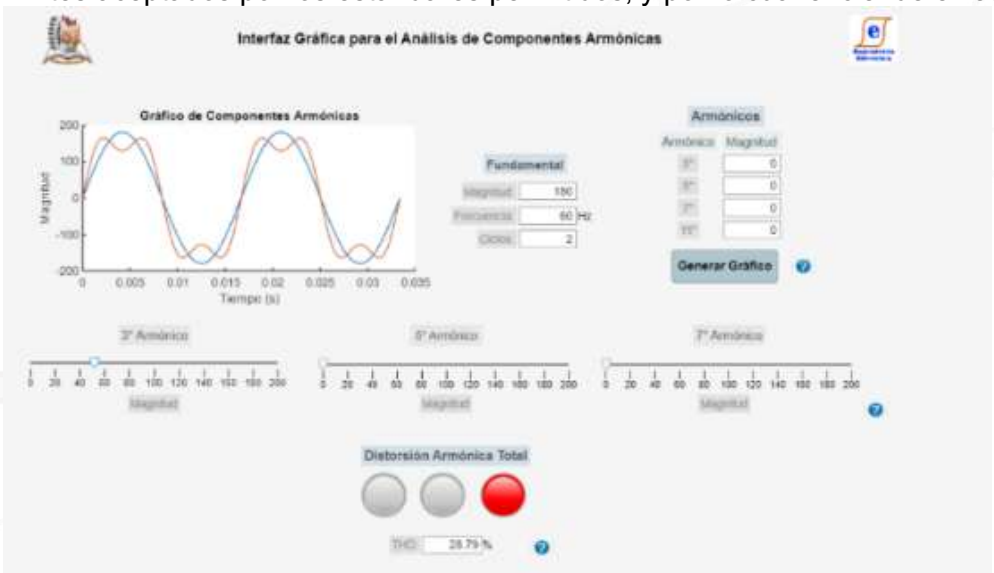


Figura 2. Caso de estudio 1 para el análisis armónico.

Caso de estudio 2. Se ingresa un armónico de tercer orden de magnitud 5 por medio de los recuadros mostrados en el lado derecho de la interfaz. La magnitud y frecuencia de la fundamental permanece igual al caso 1. Con estos valores se tiene un THD de 6.211%, el cual está cerca de los límites permitidos pero que aún no cumple, por lo tanto, el led enciende en color amarillo. Lo anterior se muestra en la Fig. 3.

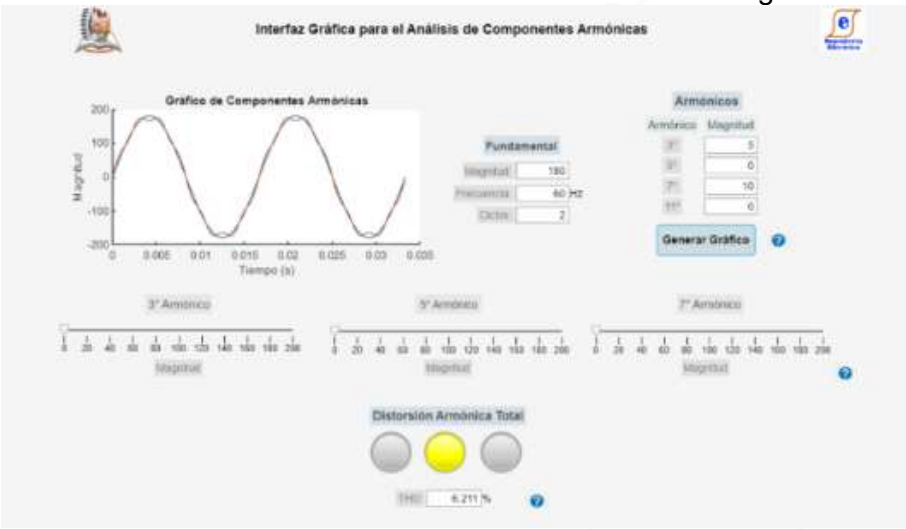


Figura 3. Caso de estudio 2 para el análisis armónico.

Caso de estudio 3. Para este caso de estudio, el cual se muestra en la Fig. 4, la interfaz muestra una señal fundamental y una señal que contiene un tercer armónico de un valor en magnitud muy bajo, en este caso de 10. Esto provoca que el THD sea bajo y quede dentro los estándares permitidos.

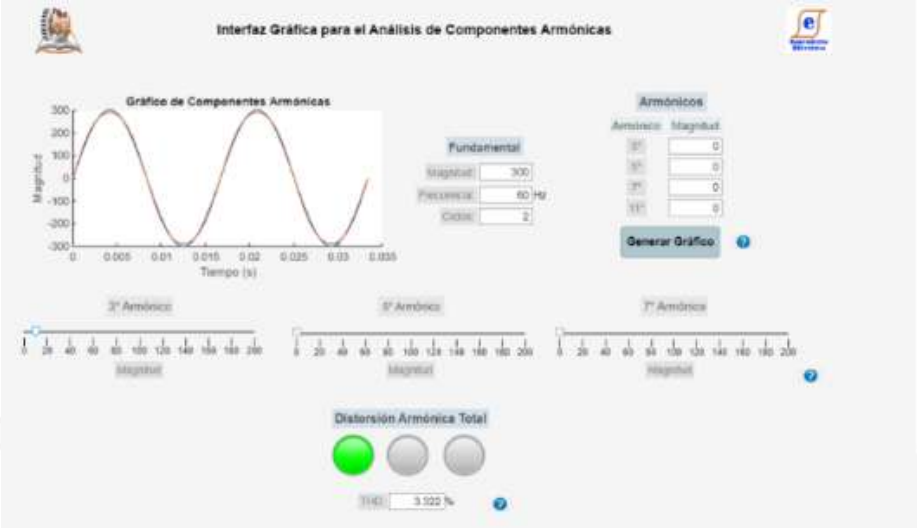


Figura 4. Caso de estudio 3 para el análisis armónico.

Caso de estudio 4. Con el objetivo de analizar una combinación de orden de armónicos introducidos, la Fig. 5 muestra una señal fundamental y una señal distorsionada debido a la introducción de armónicos de 3er., 5to. y 7mo. Orden, con 99, 110 y 65 respectivamente. Lo anterior resulta en una señal muy distorsionada y con un THD alto.

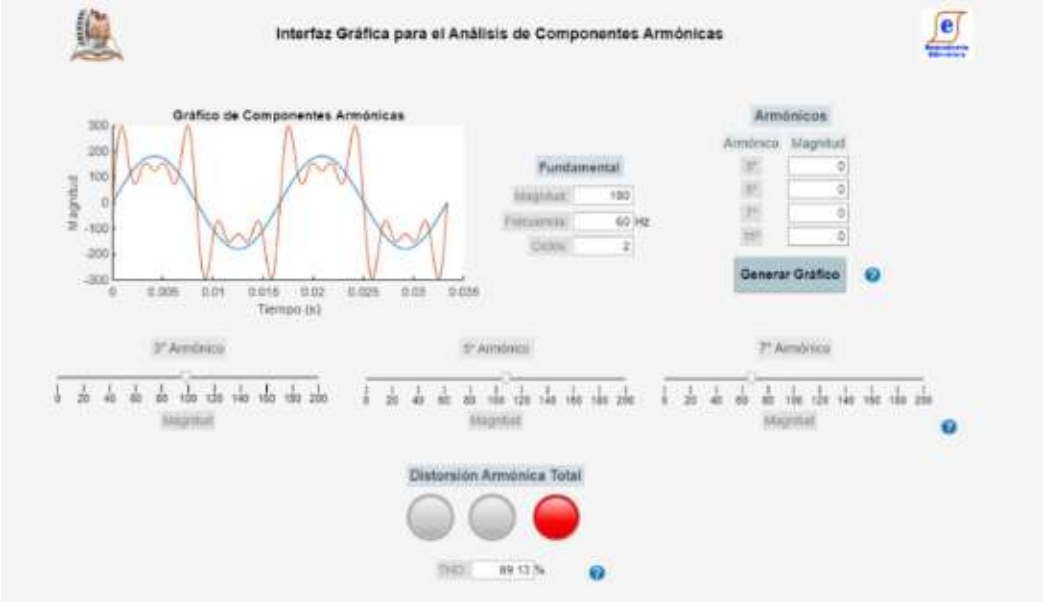


Figura 5. Caso de estudio 4 para el análisis armónico.

CONCLUSIONES. La interfaz desarrollada proporciona una herramienta eficaz para visualizar y comprender el impacto de los armónicos en sistemas eléctricos, permitiendo ajustar sus magnitudes y observar en tiempo real cómo se distorsiona la forma de onda. Gracias a sus gráficos interactivos y la visualización del Total Harmonic Distortion (THD) mediante indicadores de estado, facilita la identificación de niveles aceptables de distorsión de acuerdo con los estándares. Esta solución didáctica aborda la complejidad técnica de los armónicos, haciendo su estudio accesible para estudiantes y profesionales de la ingeniería eléctrica. La interfaz es una plataforma intuitiva y práctica que promueve la experimentación y el análisis de los armónicos, mejorando la comprensión de este fenómeno en redes eléctricas.

REFERENCIAS.

1. Arcila, J. D. (2010). Armónicos en sistemas eléctricos. Ieb Sa, 1-26.
2. Tejada, A., & Llamas, A. (2010). Efectos de las armónicas en los sistemas eléctricos.
3. Madrigal, M. (2002). Calidad de la energía y análisis armónico en sistemas eléctricos. Instituto Tecnológico de Morelia.

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224107

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ANDAMIOS DE BIOVIDRIO CEL2 PARA LA REGENERACIÓN ÓSEA

Jessica Stephania Cerano Salgado[1], Anel Flores Jacobo[2], Ena Athenea Aguilar Reyes[3]

Licenciatura en Biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2110765j@umich.mx

Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1731577c@umich.mx

Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ena.aguilar@umich.mx

Palabras Clave: Ingeniería en tejidos, Biomateriales, Andamios 3D.

RESUMEN. En este proyecto se utilizó el biovidrio CEL2 por sus características de biocompatibilidad y bioactividad para desarrollar sustitutos que restablezcan, mantengan o mejoren la función de los tejidos óseos. El método de fabricación utilizado fue la colada en gel inorgánica, en la que los polvos de biovidrio se exponen a una solución alcalina para obtener el cuerpo en verde, que se somete a secado y sinterizado para obtener una estructura porosa y resistente. A estos andamios se les realizaron pruebas de caracterización microestructural, incluyendo el porcentaje de porosidad, espectroscopía infrarroja (FTIR), espectroscopía de energía dispersada (EDS) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados mostraron valores de porosidad de 78.8% y 74.4% a las temperaturas de sinterización de 850 ºC y 900 ºC, respectivamente, que están dentro del rango típico del hueso trabecular (50-90%). A través de análisis de FTIR se identificaron las bandas características de los grupos funcionales O-H, C-H, enlaces de estiramiento y flexión de los grupos Si-O-Si, además de bandas atribuidas a la formación de fases cristalinas de silicato, mientras que por SEM se analizó la morfología y distribución de tamaño de partícula en donde se observó mayor presencia de poros en los sinterizados a 850°C que a 900°C. En conclusión, la temperatura de sinterización afecta significativamente el porcentaje de porosidad en los andamios de biovidrio CEL2.

INTRODUCCIÓN. Los biomateriales son productos aptos para el uso en seres humanos, éstos se han investigado como andamios para la formación de tejido óseo. A principios de los 70´s Hench y col. [1] prepararon el primer material sintético que podía unirse al hueso, al que llamaron Bioglass® 45S5 en el sistema SiO2-CaO-Na2O-P2O5; el biovidrio CEL2 agrega a su composición óxidos de magnesio y potasio (45SiO2-3P2O5-26CaO-7MgO-15Na2O-4K2O en % mol) para que al entrar en contacto con los fluidos corporales regule el pH. En el presente trabajo se sinterizaron y caracterizaron los andamios fabricados con el biovidrio CEL2 sinterizados a dos temperaturas de 800 °C y 900 °C. Esto con la finalidad de comparar los resultados con los de un hueso trabecular.

ANTECEDENTES. Hoy en día, los defectos óseos representan uno de los casos de mayor impacto en la salud debido a la frecuencia con que éstos ocurren a causa de traumatismos, fracturas, enfermedades congénitas o degenerativas, que ha promovido el desarrollo de materiales para uso biomédico como los andamios con el fin de crear sustitutos que

restablezcan, mantengan o mejoren la función de tejidos dañados. Entre los materiales disponibles para su fabricación de andamios se encuentra el biovidrio CEL2 por sus características de biocompatibilidad y bioactividad, además, fue diseñado para controlar las variaciones de pH por lixiviación de iones al entrar en contacto con fluidos fisiológicos. Entre los requisitos que tienen que cumplir los andamios está el tamaño de poro en el rango de 100-500 µm para llevar a cabo la vascularización adecuada y el flujo de nutrientes que favorecerán la osteogénesis, la adhesión y proliferación celular. [2-5].
Entre los métodos de fabricación de andamios se encuentra la colada en gel inorgánica, un método que implica la obtención de una estructura porosa a través de la polimerización de monómeros orgánicos en la que los polvos de biovidrio se exponen a una solución alcalina para obtener el cuerpo en verde, que se somete a secado y sinterizado para obtener una estructura porosa y resistente [6].

OBJETIVOS. Preparar el biovidrio CEL2 por el método de fusión y temple. Fabricar los andamios de CEL2 con el método de colada en gel inorgánica. Caracterizar microestructuralmente los andamios sinterizados a 850 °C y 900 °C por las técnicas de FT-IR y SEM.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Preparación del biovidrio. De acuerdo con la composición de CEL2, $45SiO_2$-$3P_2O_5$-$26CaO$-$7MgO$-$15Na_2O$-$4K_2O$ en % mol, se realizaron los cálculos estequiométricos para preparar 100 g de biovidrio partiendo de polvos de los óxidos metálicos (Sigma-Aldrich), con excepción del Na y el K, que se partió de carbonatos.
El biovidrio se preparó por el método de fusión y temple, fundiendo la mezcla de los polvos de óxidos y carbonatos en cantidades estequiométricas en un crisol de sílice fundida a 1350 °C durante 90 min en un horno CARBOLITE HTF 17/10. Se utilizó una velocidad de calentamiento de 10 °C/min con una meseta de 90 min a la temperatura de 950 °C para desgasificar. El vidrio fundido se vació en agua para obtener una frita, que posteriormente se pulverizó 2 veces en un molino de discos vibratorio RETSCH RS 200 por 1 min a 1200 rpm, para obtener un tamaño de partícula menor a 63 µm.
Preparación de los andamios. Para fabricar los andamios de CEL2 se usó el método de colada en gel inorgánica, que consistió en mezclar el polvo de biovidrio con una solución 1 M NaOH al 60% en peso durante 3 h a 500 rpm para la activación alcalina y la gelificación parcial, después se añadió 4% de Triton X-100 como surfactante y se agitó vigorosamente durante 8 min, posteriormente las mezclas se vaciaron en moldes de plástico. Las mezclas en los moldes se dejaron secar en un horno de secado al vacío THERMO SCIENTIFIC Lindberg Blue M por 24 h a 40 ºC, y después en una mufla a 120 °C durante 180 min. Las espumas en verde sin molde se sinterizaron en una mufla THERMO SCIENTIFIC Thermolyne, a 850 °C y 900 ºC durante 3 h.

RESULTADOS. El porcentaje de porosidad se evaluó en los andamios sinterizados usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Porosidad} = \left(1 - \frac{\rho_{andamio}}{\rho_{CEL2}}\right) \times 100 \qquad (1)$$

donde la densidad del andamio, andamio, se calculó a partir de la masa y las dimensiones de las muestras sinterizadas y CEL2 es la densidad teórica del biovidrio CEL2, obteniendo valores de porosidad de 78.8% a 850 ºC y de 74.4% a 900 ºC.

Se utilizó la técnica de espectroscopía infrarroja (FT-IR TENSOR 27 BRUKER) con la finalidad de identificar los grupos funcionales presentes en el polvo de biovidrio, así como en los andamios tratados térmicamente. El rango de barrido fue de 4000 a 400 cm-1 y la cantidad de muestra requerida fue de 0.003 g (polvo del biovidrio CEL2, y polvo de andamios en verde y sinterizados, respectivamente) con 0.3 g de KBr. En la Figura 1 se presentan los espectros de FTIR donde se pueden observar las bandas características de los frupos funcionales OH, C-H y Si-O-Si de estiramiento y flexión.
Por medio de la técnica de microscopía electrónica de barrido (JEOL SEM JSM 6400) se analizaron la morfología, la distribución del tamaño de partícula del polvo de biovidrio CEL2, así como la microestructura y la interconectividad de los andamios sinterizados. Previo al análisis las muestras fueron metalizadas por 20 min en un SPUTTER COATER Edward SI50A. En la Figura 2 se presentan imágenes de secciones fracturadas de los andamios sinterizados a 850 ºC y 900 ºC, donde se pueden observar la presencia de micro- y macroporosidad.

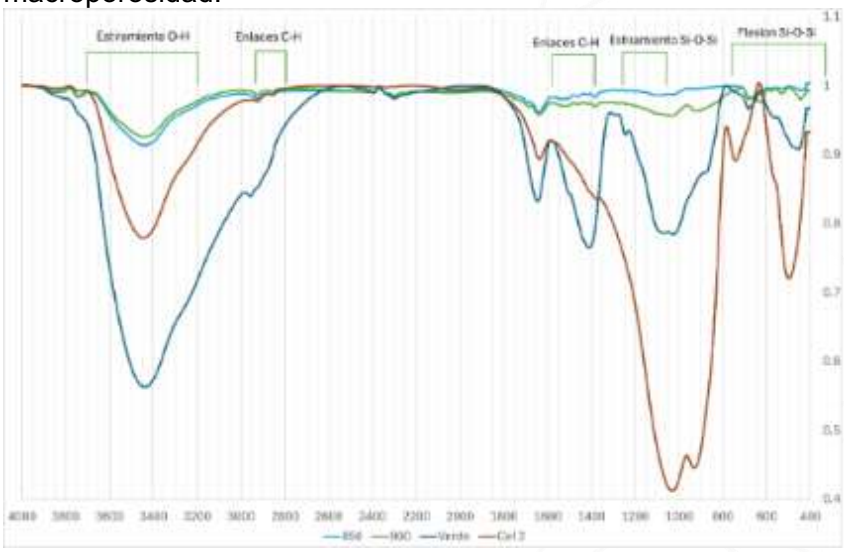


Figura 1. *Espectros de infrarrojo del polvo del biovidrio CEL2, y polvo de andamios en verde y sinterizados.*

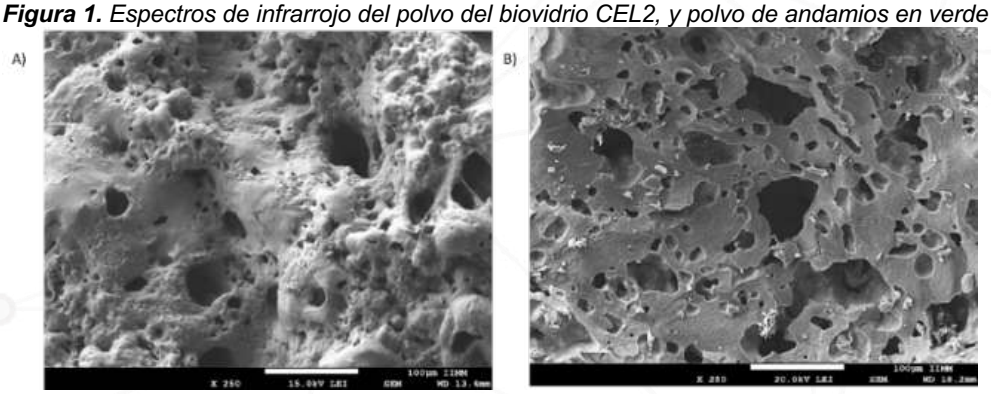
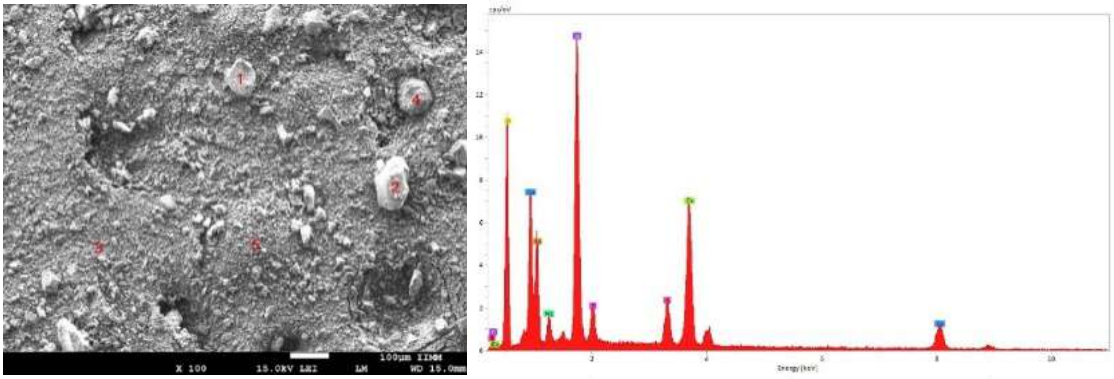


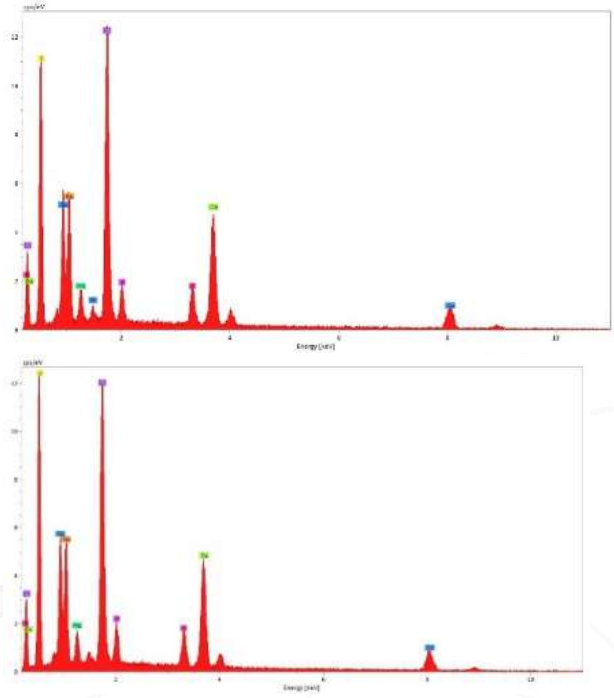
Figura 2. *Imágenes por SEM de los andamios sinterizados. Las muestras están a 250 X. A) Andamio sinterizado a 850°C B) Andamio sinterizado a 900°C.*

Por medio de análisis químicos puntuales por EDS (Fig. 3) se investigó la composición química de los materiales en el polvo del biovidrio CEL2, donde cada elemento emite un conjunto de rayos X con energía y longitudes de onda única. La intensidad máxima

corresponde a la abundancia del elemento en la muestra, mientras que el ancho de cada pico corresponde a la resolución energética del detector de EDS, que normalmente es de 125 a 132 eV (FWHM en Mn-Kα). Se puede observar en los espectros del análisis por EDS la presencia de los elementos que componen el biovidrio CEL2 como silicio, fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio, así como la presencia de Cu que se utilizó como recubrimiento del material para hacerlo conductor. Además, no hay tanta variación en los picos en los diferentes análisis puntuales, por lo que se puede decir que la composición del biovidrio es homogénea.



A) B)



C) D)

***Figura 3**. Imágenes por EDS del polvo del biovidrio CEL2. La muestra está a 100 X. A) Polvo de CEL2 B) EDS del punto 1 C) EDS del punto 3 D) EDS del punto 5.*

CONCLUSIONES. Se fabricaron andamios de biovidrio CEL2 por el método de colada en gel inorgánica para aplicaciones en ingeniería de tejido óseo obteniendo valores de

porosidad de 78.8% a 850ºC y de 74.4% a 900ºC los cuales están dentro del rango del hueso trabecular (50-90%). A partir del análisis de FTIR tanto en el polvo de biovidrio como en los andamios en verde y sinterizados se identificaron las bandas características de los grupos funcionales O-H, C-H, enlaces de estiramiento y flexión de los grupos Si-O-Si, además de bandas atribuidas a la formación de fases cristalinas de silicato. Mientras que por SEM se observó una amplia distribución de partículas en el caso del polvo de biovidrio CEL2, y en los andamios sinterizados a 850 °C se observó mayor presencia de poros a diferencia de los tratados a 900 °C. Por lo que se concluye que, a mayor temperatura de sinterización, el porcentaje de porosidad disminuye.

REFERENCIAS.

1. Hench L.L. (1970) Semiconducting glass-ceramics. Journal of Non-Crystalline Solids, 2, 250-277.
2. Elsayed H., Rincón A., Molino G., Vitale C., Bernardo E. (2018) Bioactive glass-ceramic foam scaffolds from 'Inorganic gel casting' and sinter-crystallization. Materials, 11(3), 349.
3. Saucedo R., Galicia M., Ríos J., y Reyes S. (2012) Corrección de defectos óseos en el área de Ingeniería tisular. Acta universitaria - Universidad de Guanajuato, 22(8), 26-32
4. Vitale-Brovarone C., Verné E., Robiglio L., Appendino P., Bassi F., Martinasso G., Muzio G., Canuto R. (2007) Development of glass–ceramic scaffolds for bone tissue engineering: Characterisation, proliferation of human osteoblasts and nodule formation. Acta Biomaterialia, 3(2), 199-208.
5. Vitale-Brovarone C., Verné E., Robiglio L., Martinasso G., Canuto R., Muzio G. (2008) Biocompatible glass–ceramic materials for bone substitution. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 19, 471–478.
6. Rincón A., Giacomello G., Pasetto M., Bernardo E. (2017) Novel 'inorganic gel casting' process for the manufacturing of glass foams. Journal of the European Ceramic Society, 37(5), 2227-2234.

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224108

EVALUACIÓN OPERACIONAL DE LA INTEGRACIÓN DE TRÁILERES AUTÓNOMOS Y CONECTADOS EN UN SEGMENTO BÁSICO DE AUTOPISTA EN MÉXICO

Diego Ruiz Gutierrez[1], Antonio Hurtado Beltrán[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2200083k@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; antonio.hurtado@umich.mx

Palabras Clave: Vehículo Autónomo, Desempeño Operacional, Autopista, Microsimulación, SUMO.

RESUMEN. El sector del transporte se encuentra en constante evolución, y una prueba de ello es la reciente irrupción de los tráileres autónomos y conectados (TACs), capaces de operar sin la intervención de un conductor humano. Se prevé que la integración de los TACs se produzca inicialmente en redes de autopistas y carreteras, donde las dinámicas operacionales son más estables y controladas. Sin embargo, los efectos de su penetración en estas vías representan una línea de investigación abierta a nivel mundial. Este estudio tiene como objetivo principal evaluar el impacto operacional de la integración de los TACs en un segmento básico de autopista en México. La autopista México-Querétaro perteneciente a la Carretera Federal MEX-57D ha sido seleccionada como caso de estudio, con un tramo de 17 km de longitud, para el cual se ha caracterizado la corriente de tránsito utilizando datos de tasas de flujo, velocidades operativas y composición vehicular. Para llevar a cabo la evaluación operacional, se desarrollaron modelos calibrados de microsimulación de tráfico utilizando el software SUMO (Simulation of Urban MObility), aplicando el modelo SIMPLA para replicar el comportamiento de conducción de los TACs formando pelotones de 5 tráileres. Se analizaron tres escenarios: (1) la condición actual sin TACs, (2) un escenario con 50 % de tráileres convencionales y un 50 % de TACs, y (3) un escenario con un 100 % de TACs. Los resultados obtenidos demuestran una mejora significativa en la eficiencia operacional de la autopista a medida que aumentan los niveles de penetración de mercado de los TACs, disminuyendo los valores de densidad y tiempos de viaje, y aumentando las velocidades de circulación. Estos hallazgos contribuyen a una mejor comprensión de los posibles beneficios que la tecnología de los TACs pueden ofrecer al sistema carretero de México.

INTRODUCCIÓN. La industria del transporte se encuentra en un periodo de transformación impulsado por el desarrollo y la implementación de tecnologías avanzadas, como los tráileres autónomos y conectados (TACs). Estos vehículos, capaces de operar sin intervención humana, representan un cambio disruptivo en la manera en que se realiza el transporte de mercancías por carretera. Los TACs están diseñados para formar pelotones de vehículos, en los que un tráiler actúa como líder y los restantes lo siguen de manera sincronizada con una distancia de seguimiento menor que la de vehículos convencionales. Lo anterior, permite optimizar el consumo de combustible, reducir los gastos en salarios, y disminuir el riesgo de accidentes, lo cual resulta atractivo para las empresas dedicadas al

autotransporte de carga. Investigaciones previas han demostrado que “la introducción de vehículos autónomos en el tráfico vehicular convencional, mejora el flujo máximo y la capacidad de la vía” (Suárez, 2023), lo que ha impulsado el interés en evaluar el impacto potencial de los TACs en las autopistas. Recientemente, los Estados Unidos y Canadá decidieron preparar la adopción de TACs en su red troncal de autopistas para el año 2030, y empresas estadounidenses como Aurora Innovations, Kodiak Robotics y Gatic AI, planean poner en marcha la tecnología para el 2025. En particular, México, debido a su proximidad geográfica y los acuerdos comerciales con Estados Unidos y Canadá, está en una posición estratégica para adoptar esta tecnología en un futuro cercano. Es por ello que resulta importante evaluar el impacto que la integración de los TACs tendrá en el sistema carretero, sobre todo durante el tiempo de coexistencia con vehículos convencionales operados por humanos. Este estudio se centra en evaluar el impacto operacional de los TACs en un segmento básico de autopista en México, utilizando modelos de microsimulación de tráfico para simular diferentes escenarios de penetración de mercado de TACs. La autopista México-Querétaro, una de las principales arterias de transporte del país, es tomado como caso de estudio para evaluar los efectos de la incorporación de TACs. El análisis de estos escenarios proporcionará una comprensión más profunda de los posibles beneficios que esta tecnología puede ofrecer, incluyendo la reducción de la densidad vehicular, la disminución de los tiempos de viaje, y el aumento de la velocidad operativa de los vehículos.

OBJETIVOS. El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar el impacto operacional de la integración de TACs en un segmento básico de autopista en México. Para alcanzar este objetivo general, se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Recolectar y analizar datos del sitio de estudio, incluyendo tasas de flujo vehicular, velocidades operativas, y composición del tráfico, para establecer una base precisa para la microsimulación.
- Modelar el comportamiento de los TACs aplicando el modelo SIMPLA en SUMO, con el fin de replicar el comportamiento de los TACs en pelotones, asegurando una representación realista de su operación en la red vial.
- Desarrollar escenarios de microsimulación de tráfico calibrados en SUMO, utilizando los datos recolectados del sitio de estudio, para evaluar el desempeño operacional bajo diferentes niveles de penetración de TACs.
- Comparar el desempeño operacional de los escenarios evaluados, enfocándose en indicadores clave como cambios de carril, tiempos de viaje, densidad vehicular y velocidades de circulación, para determinar los beneficios y desafíos asociados con la integración de TACs en el sistema carretero.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación se realiza tomando como referencia un tramo carretero de aproximadamente 17 Km de longitud, ubicado entre la comunidad Encinillas y la Carretera Estatal 13. Este tramo carretero perteneciente a la Carretera Federal MEX-57D conecta la Ciudad de México con el estado de Querétaro.
Específicamente, se analizó el sentido de circulación de la Ciudad de México hacia Querétaro.
Para obtener resultados que sean representativos de las condiciones de operación de la autopista, se tomaron datos de tránsito reportados en las publicaciones “Datos Viales 2024 y Velocidades de Punto 2023” (gob.mx, 2024; gob.mx, 2023) de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT). La publicación de Datos Viales

permite conocer el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), el factor horario (k-factor), y la composición vehicular del tramo de autopista, con lo cual es posible calcular la tasa de flujo durante la hora de máxima demanda y desglosar la cantidad de vehículos por clase, distinguiendo entre ligeros (A), buses (B) y pesados (C). Los datos seleccionados provienen del T. Izq. Encinillas (km 121+700) que es el lugar reportado más cercano al tramo de autopista bajo estudio (ver Tabla 1).

34 CARR: México - Querétaro (Cuota) CLAVE: 00411 RUTA: MEX-057-MEX-057D AÑO: 2023

LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO														COORDENADAS	
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
T. Izq. Encinillas	121.70	1	1	31527	4.6	60.5	7.0	4.6	2.7	14.3	1.9	3.5	0.9	65.1	7.0	27.9	0.084	0.513	20.142743	-99.732436

***Tabla 1**. Datos Viales (2024) del sitio de estudio. Tomado de SICT (2024).*

La publicación de Velocidades de Punto proporciona los diferentes tipos de velocidad que se observan en el tramo para los 3 tipos principales de vehículos (A, B, y C), incluyendo la velocidad promedio, el percentil 85 de la velocidad (P85) representativa de la velocidad de operación, y el percentil 98 de la velocidad (P98) representativa de las velocidades más altas. Para el caso de estudio, se tomaron los datos de T. Der. Portezuelo (km 151+530), seleccionando el percentil 85 de la velocidad para autos (110.6 km/h), autobuses (95.9 km/h), y camiones (84.5 km/h), como se muestra en la Tabla 2.

34 CARR: México - Querétaro (Cuota) CLAVE: 00411 RUTA: MEX-057-MEX-057D AÑO: 2023

LUGAR	ESTACION				VELOCIDAD AUTOS (km/h)				VELOCIDAD AUTOBUSES (km/h)				VELOCIDAD CAMIONES (km/h)				COORDENADAS	
	KM	TE	SC	TDPA	Promedio	P 85	P 98	δ	Promedio	P 85	P 98	δ	Promedio	P 85	P 98	δ	Latitud	Longitud
T. Der. Portezuelo	151.53	3	2	40919	97.7	110.6	127.0	13.4	85.2	95.9	114.8	11.6	76.0	84.5	103.3	10.3	20.336548	-99.941629

***Tabla 2.** Velocidades de Punto (2023) del sitio de estudio. Tomado de SICT (2024).*

La microsimulación de tráfico se realizó utilizando el software SUMO (Simulation of Urban MObility), una “plataforma de código abierto que incluye las herramientas OSM Web Wizard, netedit, y sumo-gui, las cuales permiten crear escenarios virtuales de tráfico para su análisis” (Ecilpse projects, 2024). El modelado de la infraestructura física del tramo de autopista bajo estudio se realizó utilizando la herramienta OSM Web Wizard, basada en los mapas de la plataforma Open Street Map (OSM). La herramienta reconoce la geometría de la red carretera generando un archivo editable que fue refinado con la herramienta netedit para aislar el tramo de interés como se muestra en la Figura 1.

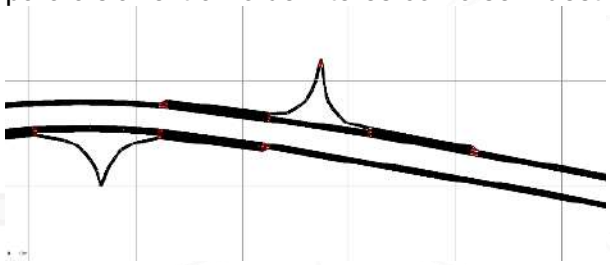


Fig. 1. Tramo de la autopista en netedit.

La demanda vehicular que se inyectó al tramo simulado consideró vehículos convencionales (conducidos por humanos) y vehículos autónomos y conectados (TACs). Los vehículos convencionales fueron modelados utilizando el Modelo Krauss, que emula un comportamiento natural, donde los vehículos circulan a la máxima velocidad permitida, manteniendo una distancia segura con respecto al vehículo que los precede. Este modelo

actualiza en cada paso de simulación la posición de cada vehículo para asegurar una simulación realista. Por su parte, los TACs se modelaron utilizando SIMPLA, una extensión de SUMO que configura el comportamiento de los vehículos en pelotones. Se establecieron parámetros específicos como maxPlatoonGap=100, que indica que los tráileres pueden formar un pelotón si se encuentran a una distancia de hasta 100 metros del tráiler líder; y platoonSplitTime=10, que establece un límite de 10 segundos para que un tráiler se incorpore al pelotón; de no lograrlo, su comportamiento en la simulación será similar al de un tráiler convencional. Para facilitar la formación de pelotones de 5 tráileres autónomos, se agregaron elementos virtuales adicionales a la red, como la incorporación de un sistema de semáforos que facilita la formación de pelotones TACs antes de ingresar al tramo de autopista. Esta configuración asegura que los TACs se comporten de la manera esperada a lo largo del tramo simulado. Para los escenarios que incluyen TACs, se desarrolló un programa en Python que, además de llamar al archivo de la interfaz gráfica de SUMO, también activa el modelo SIMPLA, responsable de modelar el comportamiento de los TACs. En la simulación, los tráileres se distinguieron por colores: magenta cuando no forman parte de ningún pelotón, verde cuando son seguidores dentro de un pelotón, y amarillo cuando actúan como líderes del pelotón. La Figura 2 muestra ejemplos de la visualización de los diferentes estados de un tráiler autónomo.

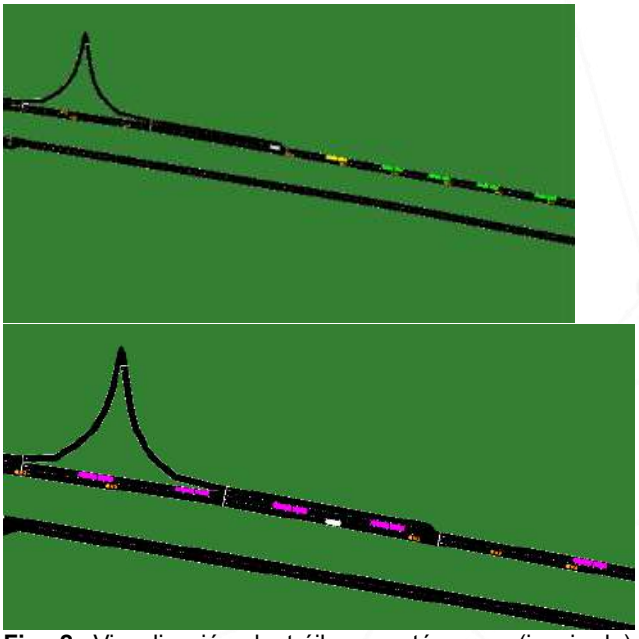


Fig. 2. Visualización de tráileres autónomos (izquierda) y convencionales (derecha) en los modelos de microsimulación en SUMO.

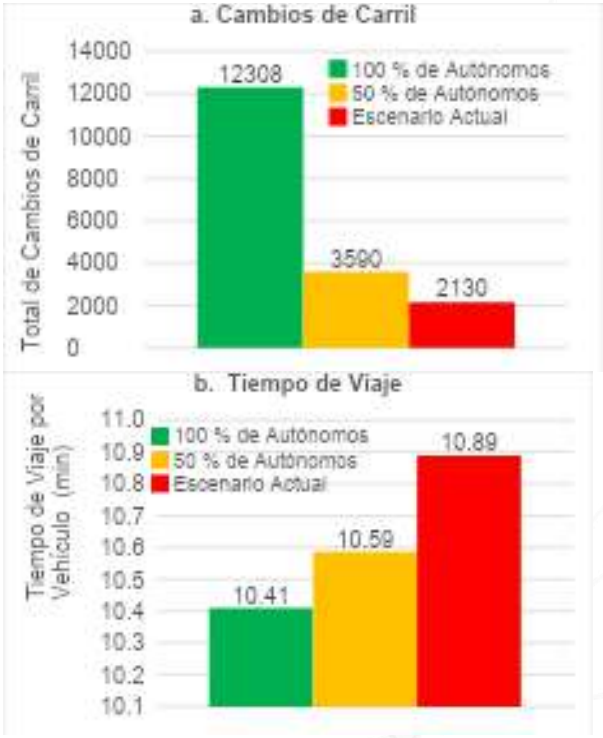
RESULTADOS. La incorporación de tráileres autónomos y conectados (TACs) en la red vial analizada demostró un aumento en la eficiencia operativa de la autopista, lo cual se refleja en varias métricas clave comparadas con el escenario actual (sin TACs).

La Fig. 3a muestra un notable incremento en el número de cambios de carril realizados durante el trayecto en los escenarios con TACs. En el escenario con un 100 % de TACs, los cambios de carril aumentaron en un 478%, mientras que en el escenario con un 50% de TACs, el aumento fue del 69%. Este incremento se debe a la naturaleza sincronizada del comportamiento en pelotón de los TACs, que aumenta las brechas libres en los carriles de

circulación permitiendo a los vehículos más rápidos realizar maniobras de rebase para adelantar a los vehículos más lentos.

La Fig. 3b destaca una reducción en los tiempos de viaje en los escenarios con TACs. En particular, el tiempo de viaje disminuyó un 4 % en el escenario con 100% TACs y un 3% en el escenario con 50% TACs. Esta mejora en la eficiencia de tiempo de viaje se atribuye a la operación más fluida y constante de los TACs, que minimiza las variaciones en la velocidad y reduce las interrupciones en el flujo de tráfico.

La Fig. 3c presenta una comparación del tiempo perdido entre los distintos escenarios. Se observó una reducción significativa en el tiempo perdido, con un decremento del 42% en el escenario de 100% TACs y un 28% en el escenario de 50% TACs. Esta reducción es un indicador claro de la mejora en la continuidad del flujo vehicular y la menor incidencia de paradas o ralentizaciones.



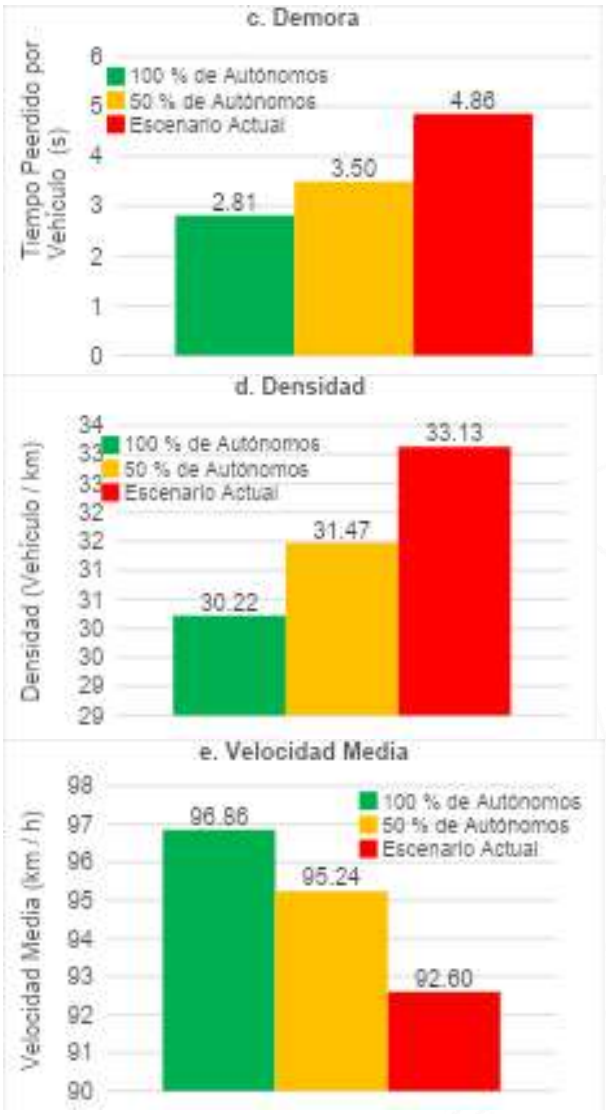


Fig. 3. *Comparación de las métricas operacionales entre los escenarios evaluados.*

La Fig. 3d muestra una disminución en la densidad vehicular medida en vehículos por kilómetro. En el escenario con 100% TACs, la densidad se redujo en un 9 %, mientras que en el escenario con 50% TACs, la reducción fue del 5%. Estos resultados sugieren que la operación en pelotón de los TACs permite un uso más eficiente del espacio vial, lo que contribuye a una menor congestión.

Finalmente, la Fig. 3e indica un aumento en las velocidades operativas de los vehículos. En el escenario de 100% TACs, la velocidad aumentó en un 5%, mientras que en el escenario con 50% TACs, el aumento fue del 3%. Este incremento en la velocidad promedio refuerza la conclusión de que los TACs pueden mejorar la eficiencia general del tráfico, permitiendo un flujo más rápido y uniforme.

CONCLUSIONES. Este estudio ha demostrado que la integración de tráileres autónomos y conectados (TACs) puede mejorar la eficiencia operativa de un segmento básico de

autopista. Aunque el escenario con 100% de TACs mostró los resultados más favorables, incluso con un 50% de adopción se observaron mejoras, lo que indica que una adopción parcial de esta tecnología podría beneficiar el sistema carretero de México. Estos hallazgos pueden ser de interés para la planificación vial, ya que sugieren que la implementación de TACs podría ser una estrategia efectiva para aumentar la capacidad de las autopistas mexicanas, reduciendo la necesidad de construir carriles adicionales para satisfacer la demanda futura. Dado el carácter preliminar de este estudio, se recomienda profundizar la investigación para seguir explorando los aspectos operativos y de seguridad relacionados con la adopción de TACs en el contexto de las carreteras mexicanas.

REFERENCIAS.

1. Ecilpse projects. (26 de junio de 2024). SUMO Documentation. Recuperado el 3 de agosto de 2024, de https://sumo.dlr.de/docs/index.html
2. gob.mx. (6 de junio de 2023). Velocidades de Punto. Recuperado el 8 de agosto de 2024, de https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Velocidades_de_punto/Vel-DV2024.pdf
3. gob.mx. (2 de abril de 2024). Secretaria de Comunicaciones y Transportes: Datos Viales. Recuperado el 3 de agosto de 2024, de https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos_Viales_2024/15_MEX_DV2024.pdf
4. Hernández García, S., Devesa Varas, H. D., Torres Vargas, G., Cruz González, G., Arroyo Osorno, J. A., & González García, J. A. (2020). Guía para la ejecución de trabajos de campo para la determinación de la oferta y la demanda de los estudios de tránsito para el transporte carretero. Publicación técnica, (581).
5. Suárez, L. E. (2023). Análisis del Impacto de Vehículos Autónomos y Convencionales Sobre el Tráfico Vehicular Mixto, [Tésis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000842881/3/0842881.pdf

Área 2. Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224110

MODELACIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EMPLEANDO LA DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

Luis Ángel Rosales Rodríguez, Miguel Ángel Rodríguez Velázquez, Benjamín Lara Ledesma1.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Campus Morelia; 2100912e@umich.mx, miguel.rodriguez@umich.mx, benjamin.lara@umich.mx

Palabras Clave: Control de avenidas, CFD, obras hidráulicas, mitigación de inundaciones.

RESUMEN. Las inundaciones son desastres por fenómenos hidrometeorológicos que afectan varias zonas del país debido a la fisiografía y características climáticas, generando daños socio-económicos y, en algunas ocasiones pérdidas humanas. En este sentido, al paso del tiempo se han propuesto diversas medidas de mitigación para este tipo de fenómenos.
En esta investigación son de interés las medidas estructurales, las cuales consisten en obras hidráulicas, específicamente en presas para control de avenidas o “rompepicos”, estas estructuras regulan el agua de lluvia que escurre superficialmente y es retenida. La zona de estudio se ubica al sur-oeste de la ciudad de Morelia, la cual cuenta con antecedentes de afectación por estos fenómenos. El objetivo principal es realizar, el análisis de la dinámica de fluidos computacional (CFD) de una obra tipo presa “rompepicos”, cuyos criterios de diseño se basan inicialmente en la información topográfica e hidrológica de la zona. Se consideraron distintos escenarios de modelación; por una parte, asociados a periodos de retorno diferentes, por otro lado, contemplando el funcionamiento de algunas obras auxiliares. Los resultados obtenidos, permiten identificar que el modelo Iber, representa una herramienta complementaria para el diseño de obras de este tipo, obteniendo algunos criterios para ajustar las dimensiones de la obra.

INTRODUCCIÓN. Las inundaciones son desastres cada vez más frecuentes a nivel mundial, los cuales generan daños en la población, actividades primarias e infraestructura. De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 2012) una inundación es el “desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua”, y una avenida es la “elevación, generalmente rápida, del nivel de agua de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor”. Además, las inundaciones pueden ser originadas por la falla de infraestructura hidráulica, tales como; un diseño deficiente, una mala operación o falta de mantenimiento, por lo que, existen medidas como manera de mitigación de daños para estos fenómenos siendo las medidas estructurales y no estructurales (Salas Salinas & Martín, 2004). La fisiografía y las características climáticas de México favorecen a la presencia de estos fenómenos, por lo que se tiene un escenario de alta vulnerabilidad a inundaciones en muchas regiones del país (Cantú-Martínez, 2017). Es por ello que la zona de estudio es la ciudad de Morelia la cual tiene un alto riesgo por inundación, siendo de interés la subcuenca

"Arroyo de Tierras" perteneciente a la cuenca del Lago de Cuitzeo en la Región Administrativa Hidrológica Lerma-Santiago, dicha subcuenca tiene un área de 30.03 km2, cubriendo gran parte de la zona SO de la ciudad de Morelia.

Caso de estudio. Se propone inicialmente, en las coordenadas UTM Zona 14N E=271186.42, N=2172488.92, debido a la topografía y al estar sobre una corriente de aportación que descarga en el Río Grande de Morelia.

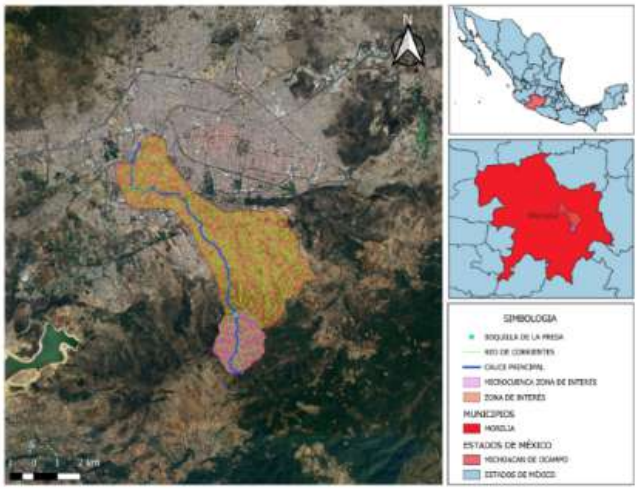


Figura 1. *Localización de la cuenca, corriente principal y ubicación de la boquilla de la presa.*

Existen herramientas para determinar el comportamiento hidráulico de una obra, en este caso para el control de avenidas como medida estructural para la mitigación y protección de zonas con un alto riesgo por inundaciones. Mediante la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), en este caso el modelo Iber se da la resolución numérica de las ecuaciones fundamentales de la conservación la masa, del transporte, energía y cantidad de movimiento promediadas en profundidad dentro de un dominio discretizado por elementos triangulares (Guerra-Cobián et al., 2018).

ANTECEDENTES. Existe la causa de que una inundación pueda ser por la insuficiencia de infraestructura existente en el país, así como la ocurrida en el año 1976, debido al huracán Liza el cual produjo lluvias torrenciales haciendo crecer el arroyo El Cajoncito, ocasionando la falla de uno de los bordos, afectando y siendo una las mayores tragedias de la ciudad de La Paz, Baja California Sur (Acosta Godínez, 2015). En Morelia, el año 2005 ha sido una de las temporadas de lluvias torrenciales más intensas, provocando daños en viviendas e infraestructura, lo que trajo como consecuencia el perjuicio de la ciudadanía en general debido a la suspensión de los servicios provocados por las fuertes lluvias (Rocha et al., 2012). Actualmente se cuentan con estos fenómenos afectando en igual o mayor magnitud a la ciudad y generando pérdidas humanas y económicas.

OBJETIVOS. Realizar la Dinámica de Fluidos Computacional para obras de control de avenidas para la ciudad de Morelia mediante el modelo de Iber y desarrollar un modelo conceptual para el funcionamiento hidráulico de obras para la mitigación de inundaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS. La obtención de la información del terreno de la zona de estudio fue obtenida a través de la página oficial de INEGI, a partir de las cartas de relieve continental con escala 1:10000, con las claves: E14A23A2, E14A23A4, E14A23B3, E14A23E1, E14A23B1, E14A23B4, E14A23E2. Con esta información se realizó el proceso para la ejecución del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) como el software QGIS y de manera adicional con otros programas como Civil3D; dicho modelo tiene como propósito determinar la configuración y la altura del terreno, de forma tal que, se puedan modelar las alturas, generar de curvas de nivel y ser útiles para estudios hidrológicos. Cabe destacar que, para la construcción de una presa, se requiere realizar estudios preliminares, como lo son: topográfico, geológico, climatológico, hidrológico, entre otros, por lo que, de acuerdo a los alcances de la investigación se trabajó únicamente con el MDE y con la Información hidrológica del artículo "*Extreme Runoff Estimation for Ungauged Watersheds Using a New Multisite Multivariate Stochastic Model MASVC"* (Hernández-Bedolla et al., 2023).

El software utilizado para la CFD es el modelo de Iber el cual es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial, cuenta con un módulo hidrodinámico el cual consta de la resolución de ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad o las ecuaciones de St. Venant 2D. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad (Bladé et al., 2014). Las ecuaciones escritas de forma vectorial son:

$$\partial w \partial t + Fx \partial x + Fy \partial y = kGk$$

En donde el vector de variables conservadas w y el vector de los términos de flujo F_w, F_y vienen dados por:

$$w = h\ qx\ qy \qquad Fx = qx\ qx2h + gh22\ qxqyh \qquad Fy = qy\ qxqyh\ qy2h + gh22$$

Y los términos $\mathbf{G_k}$, representan los términos fuente incluidos en las ecuaciones hidrodinámicas; donde h es el tirante, g es la gravedad, qx y qy son los caudales específicos en su respectiva dirección. La resolución de dichas ecuaciones es mediante el método de volúmenes finitos, el cual se basa en dividir el dominio espacial en intervalos y buscar en cada uno de ellos una aproximación de la integral de la variable conservativa; en cada paso de tiempo se actualizan valores mediante aproximaciones del flujo de las fronteras de los volúmenes finitos (Vázquez Cendón, 2014).

RESULTADOS. Las modelaciones realizadas en diferentes periodos de retorno nos permitieron conocer las dimensiones a las cuales se debe de diseñar la geometría de la obra. Así como de la obra auxiliar propuesta, específicamente una obra de excedencias (Arreguín Cortés, 2021). Los resultados obtenidos en diferentes simulaciones con diferentes periodos de retorno (Tr) fueron:

Tr=10 años. La profundidad máxima es de alrededor de 9.5 m, para lo cual se busca una altura de dichas características
Tr=500 años. La profundidad máxima es de alrededor de 29.0 m, donde llega a rebasar la cortina de la obra.
Tr=500 años con vertedor. El vertedor funciona correctamente, drenando las excedencias, evitando daños en la obra.

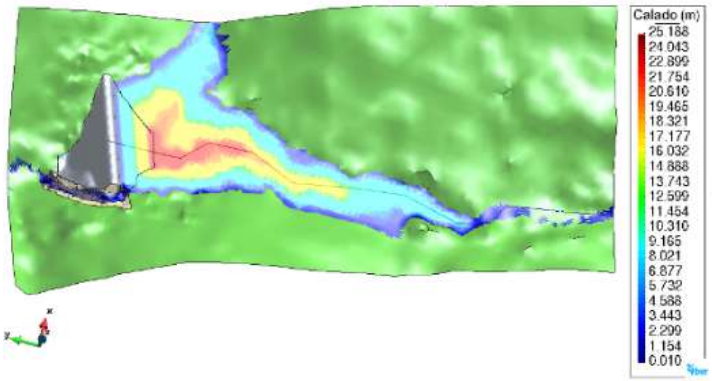
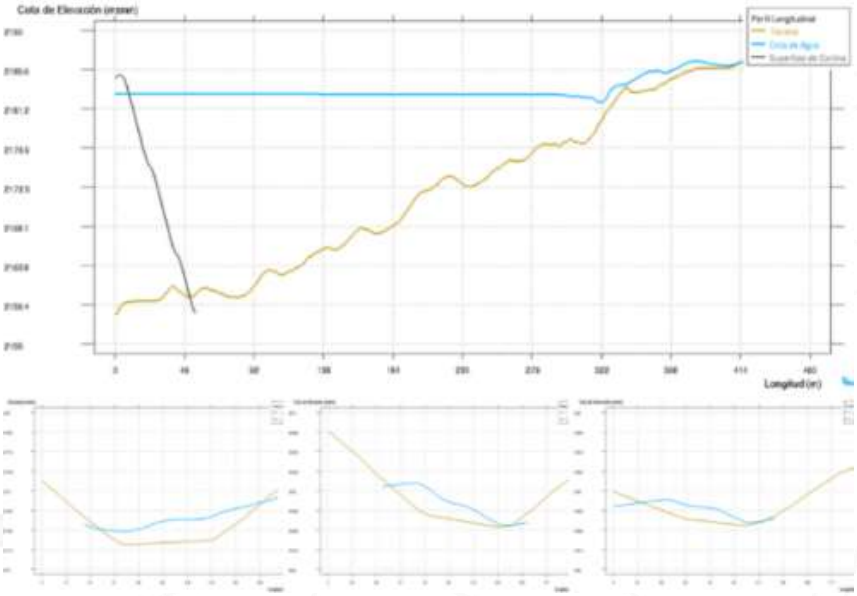
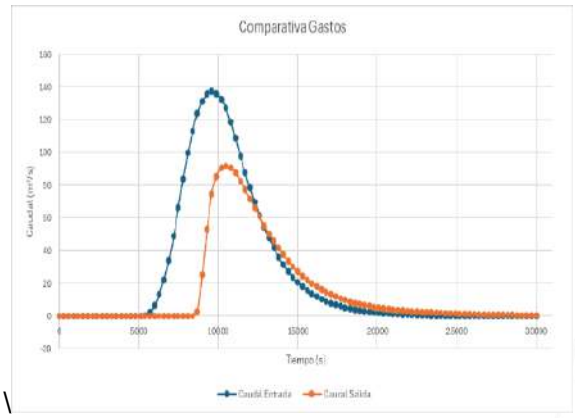


Figura 2. *Simulación en un Tr=500 años con vertedor en operación.*

Se puede identificar además el perfil a lo largo del cauce en el terreno y el comportamiento a lo largo del vertedor de excedencias en operación ante un Tr=500 años (Fig. 3). A través de la comparativa de los gastos de entrada y salida del modelo (Fig. 4), podemos observar cómo es que se cumplió la función principal de la presa “rompepicos”.





\

*Figura SEQ Figura * ARABIC 3. Comportamiento del modelo en un Tr=500 años a) Perfil del cauce principal, b) Sección transversal a lo largo del vertedor. Perfil del cauce principal, b) Sección transversal a lo largo del vertedor.*
Figura 4.

CONCLUSIONES. Las simulaciones realizadas nos permiten obtener criterios de diseño; a partir de una simulación en un Tr=10 años es que se realiza el modelo de la presa "rompepicos", por otro lado, la simulación de un Tr=500 años nos proporciona información de un modelo para una presa grande, por lo que, la zona indicaría ser una zona adecuada siempre y cuando se realicen estudios complementarios, para asegurar la factibilidad de la obra. De acuerdo a los resultados obtenidos con la comparativa de los gastos podemos observar que la metodología es viable para le modelación de obras hidráulicas. Finalmente, la metodología realizada con un modelo a través de Civil3D e Iber representa una herramienta adecuada para la simulación de obras hidráulicas, debido su fácil manejo para el ajuste de la geometría en el modelo propuesto.

REFERENCIAS.

1. Acosta Godínez, A. (2015). Sistemas telemétricos para el control de inundaciones. Tecnología y Ciencias Del Agua, 0(0 SE-Notas), 59–63. https://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/583
2. Arreguín Cortés, F. (2021). Obras Hidráulicas (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, Instituto de Ingeniería.
3. Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J., & Coll, A. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería, 30(1), 1–10. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.004
4. Cantú-Martínez, P. C. (2017). Gestión del riesgo como un instrumento para prever los estragos de las sequías y de las inundaciones en México. Ambiente y Desarrollo, 21(40 SE-Artículos), 27–42. https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.grip
5. Guerra-Cobián, V. H., Ferriño-Fierro, A. L., Yépez-Rincón, F. D., Cavazos-González, R. A., Cardiel-Vázquez, O. A., & Gómez-Ramírez, P. J. (2018). SIMULACIÓN HIDRODINÁMICA DE UNA PRESA PARA CONTROL DE AVENIDAS UTILIZANDO UN MODELO FLUVIAL BIDIMENSIONAL.
6. Hernández-Bedolla, J., García-Romero, L., Franco-Navarro, C. D., Sánchez-Quispe, S. T., & Domínguez-Sánchez, C. (2023). Extreme Runoff Estimation for Ungauged Watersheds Using a New Multisite Multivariate Stochastic Model MASVC. In Water (Vol. 15, Issue 16). https://doi.org/10.3390/w15162994
7. OMM/UNESCO. (2012). International Glossary of Hydrology. Geneva: WMO, 2012.
8. Rocha, E. A., Pastor, N., Negrete, C. C., & Ibarra, J. A. (2012). Estudio de las inundaciones en la ciudad de Morelia Michoacán, México. Revista de Geología Aplicada a La Ingeniería y Al Ambiente, 28, 103–110.
9. Salas Salinas, M. A., & Martín, J. E. (2004). Inundaciones (V. Ramos Radilla (ed.); 1st ed.). Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224115

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL EFICIENTE PARA LA GESTIÓN DE ENERGÍA EN BATERÍAS DE LITIO

Andrea Xiomara Monroy Zalapa, José Luis Monroy Morales,Enrique Melgoza Vázquez

Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; l21121155@morelia.tecnm.mx

Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; jose.mm@morelia.tecnm.mx

Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Morelia; enrique.mv@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: baterías, ion litio, carga y descarga, control.

RESUMEN. El almacenamiento de energía es crucial en sistemas renovables, ya que permite gestionar la intermitencia de fuentes como la solar y eólica. Almacenar energía garantiza un suministro constante, estabiliza la red eléctrica, y maximiza el aprovechamiento de recursos renovables, facilitando la transición hacia un sistema energético más sostenible.
Las baterías de litio son esenciales en el almacenamiento de energía y su eficiencia las hace preferibles en muchas aplicaciones debido a su alta densidad energética, larga vida útil y rápida carga. El control del proceso de carga y descarga de una batería es crucial para un sistema de almacenamiento y suministro eléctrico, ya que la batería debe proveer energía cuando la demanda lo exija y almacenarla cuando la fuente renovable genere un excedente. Para lograr esto, es esencial contar con un controlador de carga y descarga que sea rápido y preciso, cuya eficacia dependerá en gran medida del algoritmo de gestión de carga implementado en el sistema.
En el presente trabajo se modela y simula un controlador de carga y descarga para una batería de Litio. Se utiliza un convertidor de corriente directa a corriente directa (cd-cd), del tipo Buck-Boost (reductor-elevador). Este convertidor Buck-Boost está conectado a una fuente de cd constante, la cual puede representar a una fuente de energía renovable como un panel fotovoltaico. El controlador propuesto genera una referencia de corriente vinculada al voltaje del convertidor Buck-Boost, gestionada por un lazo de control de corriente interna que asegura la estabilidad y el rendimiento del sistema ajustando la corriente según los requisitos operativos. Las referencias de corriente necesarias para el funcionamiento del sistema son proporcionadas por un controlador externo de voltaje y un selector que selecciona si se desea cargar o descargar la batería. Se presenta resultados de las simulaciones de diferentes casos de estudio.

INTRODUCCIÓN. Los sistemas de almacenamiento de energía y las tecnologías que emplea cada uno, ha generado un avance significativo en este nuevo camino energético más amigable con el medio ambiente. A medida que los recursos se agotan y se presentan varias controversias en la generación de energía, se ha incrementado la presión y urgencia de la implementación del uso de fuentes renovables y así transitar hacia un modelo energético más sostenible. Sin embargo, aunque las fuentes renovables parecen ser este modelo energético, presentan un problema inapelable, son intermitentes. Siendo así que

las baterías de litio representan una pieza clave en la actual revolución energética. A medida que se realizan avances en su tecnología y se resuelven los desafíos asociados, es probable que su papel en el almacenamiento de energía continúe creciendo, apoyando la transición hacia un futuro más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles [1,2].

ANTECEDENTES. Las baterías de litio, en particular las de iones de litio (Li-ion), han emergido como una solución clave en el almacenamiento de energía para sistemas de generación renovable. Este tipo de baterías son usadas con mayor frecuencia debido a su alta densidad de energía, su prologando tiempo de vida útil y su alta eficiencia energética. A medida que han evolucionado las baterías de litio desde su invención, han estado presentes en diferentes avances tecnológicos. Su desarrollo comienza con Stanley Whittingham en la década de 1970 con su aporte al proponer utilizar litio para almacenar energía, sin embargo, este estudio lo continuó John B. Goodenough al utilizar óxido de cobalto de litio y así sembrar las bases para las baterías de litio, hasta su primera aparición en 1991 por parte de la compañía Sony, la cual se encargó de comercializar la primera batería de litio, revolucionando así el deseo de dominar el almacenamiento de energía. En los últimos años las baterías de litio han sido un elemento clave en procesos de almacenamiento de energía que se siguen implementando y estudiando para la mejora continua de la estabilidad de la red.

OBJETIVO. Diseñar diferentes estrategias para la prolongación de vida útil de las baterías de litio utilizadas para el almacenamiento de energía generada por fuentes renovables, evaluando la respuesta de la batería ante diferentes condiciones de uso e identificando y moderando posibles riesgos para mejorar el rendimiento y seguridad, mediante un simulador de carga y descarga de baterías de litio.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El sistema completo contiene los siguientes elementos:

- Una fuente de CD, que representa una fuente de energía renovable.
- Un Buck-Boost.
- Impedancia de acoplamiento RL.
- Un capacitor.
- Una batería de ion litio.

El control de cargar y descarga de la batería se realiza utilizando un convertidor de corriente directa a corriente directa (cd-cd), del tipo Buck-Boost, como se muestra en la Figura 1. Este convertidor está conectado a una fuente de cd constante, la cual puede representar una fuente de energía renovable como un panel fotovoltaico o en su caso un generador eólico con su respectivo convertidor ca-cd, al cual se le conoce como rectificador.

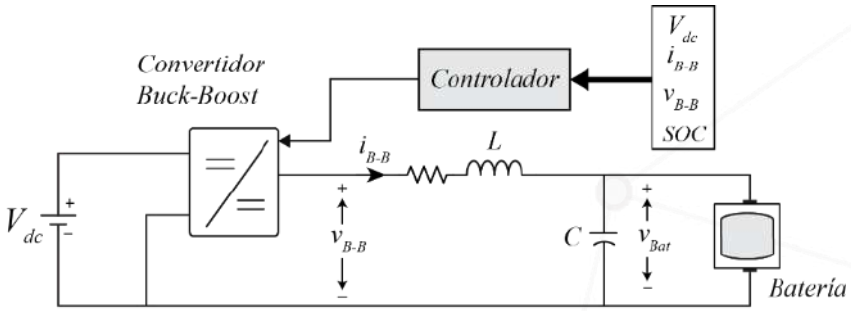


Figura 1.- *Representación global del sistema propuesto.*

El convertidor Buck-Boost modifica su ciclo de trabajo para aumentar o disminuir los niveles de voltaje de CD, a través del controlador propuesto. El convertidor se conecta a la batería a través de una resistencia (R) y una inductancia (L) formando una impedancia de acoplamiento RL que es fundamental para interconectar dos fuentes de CD.
Una vez que se realizaron las simulaciones necesarias, se investigaron diversas técnicas de control y se seleccionó la más adecuada para diseñar un controlador de carga y descarga. El control debe generar una referencia de corriente, la cual está directamente ligada al voltaje del convertidor. El sistema de control opera mediante un lazo de control rápido de corriente interna, el cual gestiona de manera eficiente la corriente de referencia del sistema. Este lazo de control interno es crucial para mantener la estabilidad y el rendimiento del sistema, ajustando constantemente la corriente para cumplir con los requisitos operativos. Las referencias de corriente necesarias para el funcionamiento del sistema son proporcionadas por un controlador externo de voltaje y un selector que selecciona si se desea cargar o descargar la batería. Si se desea carga la batería, entonces se debe introducir un valor de corriente positiva (+), por el contrario, si se requiere descargar la batería, se introduce un valor de corriente negativa (-). Este selector de corriente puede ser sustituido por un algoritmo de compartimiento de carga, el cual puede ser desarrollado para trabajos futuros.
De esta manera, se definieron las ecuaciones y algoritmos que regirán el funcionamiento del controlador. Este controlador está formado por dos bloques de control anidado, el controlador interno de corriente y el controlador externo de voltaje [3]. Estos lazos de control se muestran en la Figura 2.

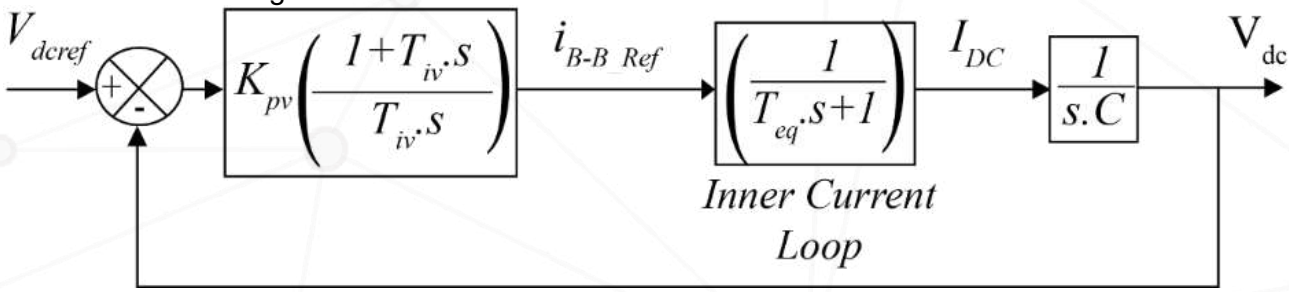


Figura 2. *Controlador externo e interno.*

Después de realizarle pruebas al controlador, que consisten en hacer cambios de referencia en la corriente a la salida del convertidor Buck-Boost, se detectaron áreas de mejora en el

controlador y se ajustaron parámetros para mejorar la eficiencia y estabilidad. Se propusieron casos de estudio para diferentes condiciones de carga y descarga, lo cual nos permitió obtener los resultados de los parámetros más importantes a considerar, como son, el voltaje de salida del convertidor Buck-Boost, la corriente de carga y descarga de la batería y el estado de carga de la batería.

RESULTADOS. Los valores usados en la simulación son los siguientes:

- Voltaje de la fuente de cd (Vcd): 200 v
- Voltaje nominal del convertidor: 66.66 v
- Voltaje nominal de la batería: 66.66 v
- Capacidad nominal de la Batería en Ampers-hora: 5.4 Ah
- Estado de carga inicial: 50%
- Tiempo de respuesta de la batería: 30 s

Resultados obtenidos de las simulaciones:

- Voltaje del Buck-Boost.
- Voltaje, Corriente, y SOC en la batería.
- Corriente del Buck-Boost (con diferentes casos) (y sea una sola gráfica o varias).

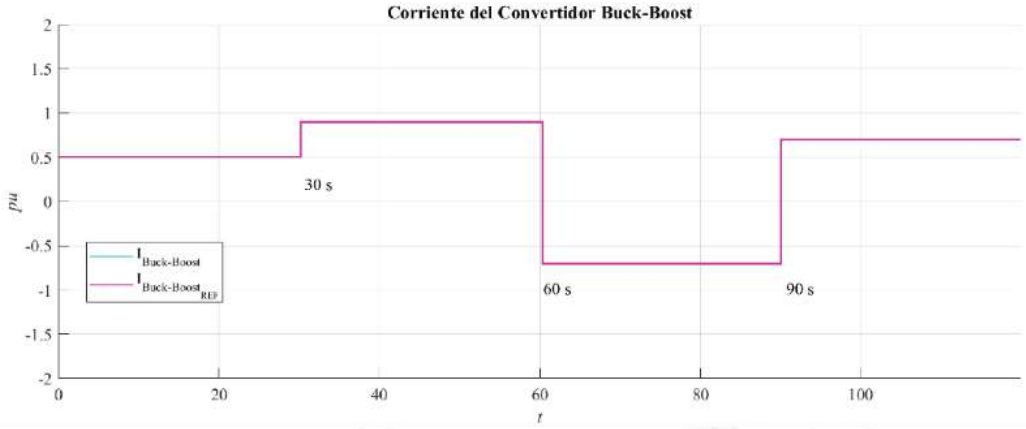


Figura 3.- *Corriente de salida del convertidor Buck-Boost.*

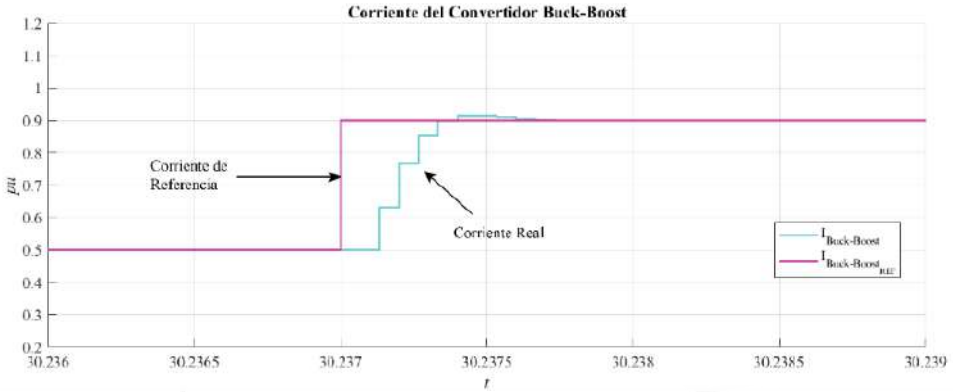


Figura 4.- *Corriente de referencia y corriente real a la salida del convertidor Buck-Boost.*

Se muestra la corriente de salida del convertidor Buck-Boost. La corriente inicia en un valor de +0.5 p.u., en un tiempo de 0 a 30 s, lo que indica que la batería se está cargando debido a que el valor de la corriente es positivo. Por el contrario, la batería se comienza a descargar en un lapso de tiempo de 60 a 90 s, debido a un cambio de corriente negativa de referencia. Aunque en la Figura 6 se observa una sola señal, en realidad son dos señales mostradas, la corriente de referencia y la corriente real medida a la salida del convertidor del Buck-Boost. Lo anterior comprueba un funcionamiento adecuado y preciso del controlador ante cambios en la referencia. Esto se puede observar en el zoom que muestra la Figura 4.

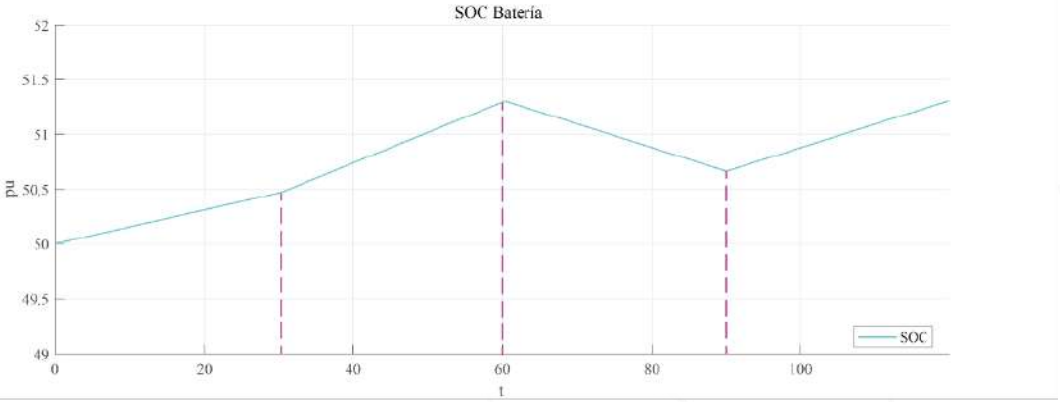


Figura 5.- *Estado de carga (SOC) de la Batería de Litio.*

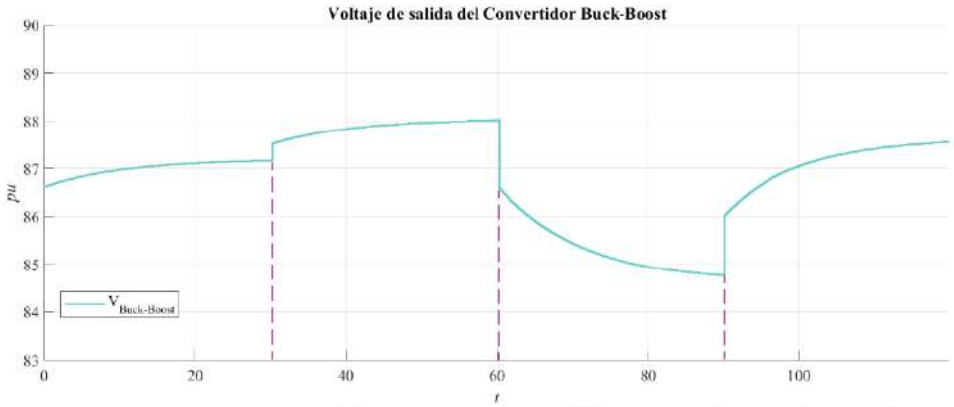


Figura 6.- *Voltaje de salida del convertidor Buck-Boost.*

El estado de carga de la batería de Litio se muestra en la Figura 5, se observa como como el SOC empieza a cargarse en los periodos de tiempo de 0 a 30s y de 30 a 60s, debido a un valor positivo en la corriente de referencia, a diferencia de cuando existe en un valor negativo en la corriente el SOC comienza a descargarse en un periodo de tiempo de 60 a 90s. En la figura 6 se muestra el voltaje de salida del convertidor Buck-Boost. Al igual que en los resultados anteriores, la variación del voltaje de salida del convertidor varía de acuerdo a los cambios en la corriente de referencia, incrementando cuando se carga la batería y disminuyendo cuando se descarga.

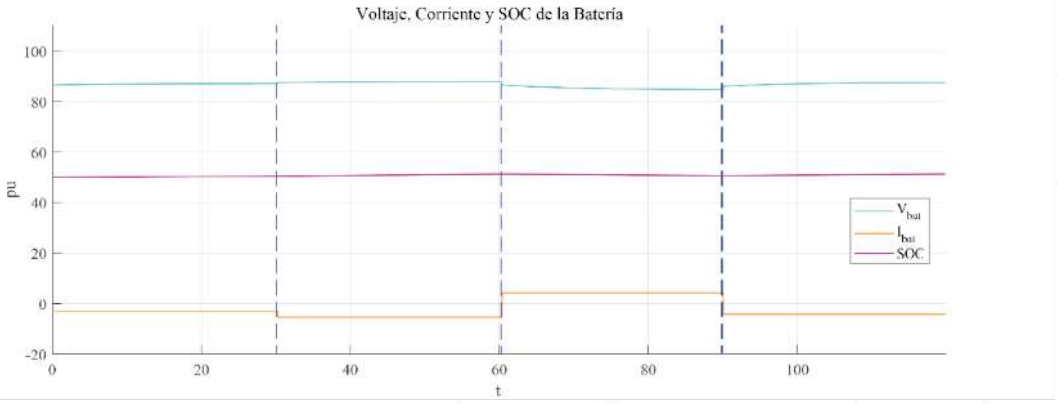


Figura 7.- *Corriente de salida del convertidor del Buck-Boost.*

CONCLUSIONES. Los sistemas de almacenamiento de energía basados en baterías de litio desempeñan un papel fundamental en la integración y optimización de las energías renovables intermitentes como la solar y la eólica. Al proporcionar una solución de almacenamiento efectiva, las baterías de litio facilitan la transición hacia un sistema energético más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles. El uso de herramientas de simulación durante la fase de diseño permite predecir el comportamiento de la batería bajo diferentes condiciones operativas. Esto ayuda a identificar posibles problemas antes de la implementación física, lo que reduce costos y tiempo de desarrollo. En el presente trabajo se comprueba que un eficiente diseño e implementación de un controlador de carga y descarga nos ofrece muchas ventajas en un sistema eléctrico, ya que garantiza que la batería opere dentro de su rango óptimo de voltaje y corriente, lo que mejora la eficiencia energética del sistema. Esto resulta en un uso más efectivo de la energía almacenada y optimizando el rendimiento general.

REFERENCIAS.

1. J. P. Barton and D. G. Infield, “Energy storage and its use with intermittent renewable energy,” IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 19, no. 2, pp. 441–448, June 2004
2. S. Ganesan, U. Subramaniam, A. A. Ghodke, R. M. Elavarasan, K. Raju and M. S. Bhaskar, "Investigation on Sizing of Voltage Source for a Battery Energy Storage System in Microgrid With Renewable Energy Sources," in IEEE Access, vol. 8, pp. 188861-188874, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3030729.
3. J. L. Monroy-Morales, M. Hernández-Ángeles, D. Campos-Gaona, R. Peña-Alzola, M. Ordonez and W. Mérida, "Modeling and control design of a Vienna rectifier based electrolyzer," 2016 IEEE 7th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), Vancouver, BC, Canada, 2016, pp. 1-8, doi: 10.1109/PEDG.2016.7527093.

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224117

OBTENCIÓN DE MEMBRANAS NANOESTRUCTURADAS DE CELULOSA A PARTIR DE ELECTROHILADO

Shaila Medina Arias[1], Daniel Duarte Cendejas[2], Alhelí Hernández Pérez[3], Salomón Ramiro Vásquez García[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1925076b@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2220186g@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2105935a@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; salomon.vasquez@umich.mx

Palabras Clave: Celulosa, electrohilado, nanofibras, membranas.

RESUMEN. En esta investigación, se sintetizaron membranas nanofibrosas de celulosa combinadas con alcohol polivinílico (PVA) mediante la técnica de electrohilado, con el objetivo de mejorar sus propiedades fisicoquímicas. Las membranas obtenidas presentaron una estructura porosa, fina y uniforme, con un espesor promedio de 18 µm. Se evaluaron las condiciones de proceso, como la humedad y la velocidad de inyección, que fueron determinantes para la formación adecuada de las fibras. Los resultados indicaron que las membranas, al ser flexibles y resistentes, mantienen su integridad durante la manipulación. Este trabajo resalta el potencial del electrohilado en la fabricación de materiales con aplicaciones en ingeniería de tejidos y biomateriales.

INTRODUCCIÓN. La celulosa es un polímero natural presente en las plantas, ampliamente utilizado en diversas aplicaciones debido a sus propiedades físico-mecánicas, tales como su alta resistencia a la tracción, baja densidad y baja expansión térmica. Este polímero está compuesto por enlaces 1,4-β-glucosídicos y exhibe una estructura semicristalina. La Fig. 1 representa la obtención y la estructura molecular de la celulosa. [1].

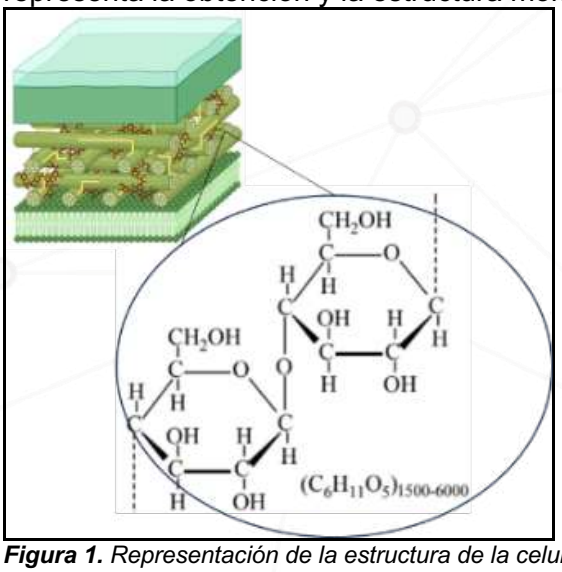


Figura 1. *Representación de la estructura de la celulosa y su fuente de extracción.*

La abundancia de grupos hidroxilos en la estructura de la celulosa le confiere una alta reactividad, lo que amplía su versatilidad en aplicaciones. Las nanofibras de celulosa, por sus características únicas, han ganado gran relevancia en áreas como la ingeniería biomédica, los materiales avanzados, la electrónica y catálisis [2].

ANTECEDENTES. El desarrollo de materiales biocompatibles y versátiles para aplicaciones en ingeniería de tejidos y liberación controlada de fármacos ha cobrado gran interés en las últimas décadas. En este contexto, el PVA destaca como un polímero prometedor debido a su fácil procesamiento y su compatibilidad con otros materiales, como la celulosa [3].
La celulosa, es un biopolímero abundante y renovable con excelentes propiedades mecánicas, lo que la convierte en un refuerzo ideal para matrices poliméricas. Diversos estudios han demostrado el potencial de los nanomateriales de celulosa, en la fabricación de membranas nanocompuestas con propiedades mejoradas [4]. En este sentido, se han desarrollado membranas nanofibrosas de celulosa y PVA con aplicaciones potenciales en ingeniería de tejidos. Estas membranas han demostrado una baja toxicidad y la capacidad de promover la proliferación celular, características esenciales para su uso como andamios celulares [5]. La disolución de la celulosa en solventes como el hidróxido de sodio y la urea ha permitido la obtención de diferentes tipos de nanomateriales de celulosa mediante hidrólisis ácida y tratamiento mecánico. Este trabajo propone la síntesis de un nuevo material compuesto por celulosa y PVA mediante la técnica de electrohilado, con el objetivo de obtener una mezcla homogénea de ambos componentes y la formación de nanofibras con propiedades fisicoquímicas mejoradas, enfocadas en su aplicación en áreas como la ingeniería de tejidos [6,7].

OBJETIVOS. Obtener nanofibras de celulosa con alcohol polivinílico mediante electrohilado.
Evaluar la morfología de las nanofibras utilizando microscopía y determinar el diámetro de las membranas obtenidas.

MATERIALES Y MÉTODOS.
a) Materiales y equipos. Para esta investigación se utilizó celulosa microcristalina de bajo peso molecular, alcohol polivinílico, P8136 (87-90%, peso molecular entre 30,000-70,000), hidróxido de sodio y urea, adquiridos de Sigma-Aldrich y J. T. Baker. La caracterización morfológica se llevó a cabo utilizando un microscopio AUTIVICK Mitutoyo HM-200, con aumentos de 1,000x. Este análisis permitió observar la estructura de las nanofibras formadas, orientación y distribución.

b) Obtención de las membranas. Se disolvió celulosa microcristalina a una concentración de 0.02 M en NaOH 0.1M, manteniendo la mezcla en agitación constante a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, se agregó urea a una concentración de 0.2 M a una temperatura de -6°C. Paralelamente, se disolvió alcohol polivinílico a una concentración de 0.2 M en agua destilada, agitando con un agitador magnético sobre una placa de calentamiento a 80°C durante 30 minutos.
Se mezclaron las disoluciones de PVA y celulosa microcristalina (en NaOH y urea) en una relación equimolar de 1:1. Esta solución se procesó utilizando un equipo de electrohilado de la marca Hongjin bajo las siguientes condiciones:

- Humedad: 40% - 50%
- Velocidad de inyección: 0.008 ml/min
- Voltaje: 25 KV
- Distancia: 20 cm
- Tiempo promedio: 6 h

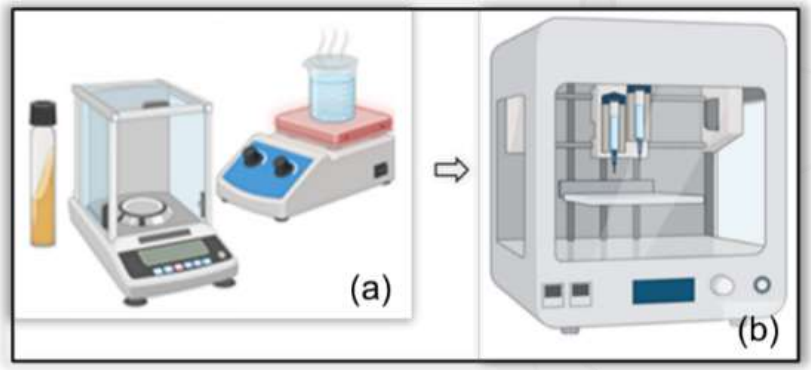


Figura 2. *Representación: a). Equipo utilizado para la preparación de la soluciones y b). Electrohilado.*

Durante el proceso de electrohilado, se observó que la humedad tiene una gran influencia en la formación de las fibras. Mantener una humedad relativa constante fue fundamental para obtener fibras uniformes y evitar la obstrucción del capilar. Para garantizar una formación consistente de fibras homogéneas, se controló la velocidad de inyección de la solución, la cual estaba influenciada por la obstrucción del capilar, con el fin de contrarrestar los efectos de la humedad en la viscosidad de la solución. Una vez obtenidas las membranas se procedió a retirarlas con cuidado y se colocaron en cajas de Petri para su análisis posterior.

RESULTADOS.

Caracterización morfológica. La Fig. 3a, muestra una membrana de celulosa sobre el aluminio, que fue su soporte en el electrohilado. La membrana es de color blanca a translucida, notablemente delgada, muy suave al tacto y sin fisuras Durante su proceso de separación del aluminio, se observó una ligera adherencia, presentando cierta flexibilidad y resistencia al rompimiento. Este tipo de morfología a sido presentada anteriormente en otras investigaciones como en la de Osorio et al. [8]. La Fig. 3b muestra la imagen de la membrana de celulosa tras su desprendimiento del aluminio, colocada sobre una caja de Petri. La membrana fue retirada de manera integral, aunque se observó una contracción debido a su flexibilidad. A simple vista, su estructura presenta un aspecto fibroso, con fibras entrelazadas de manera adecuada, lo que contribuye a mantener la integridad de la membrana.

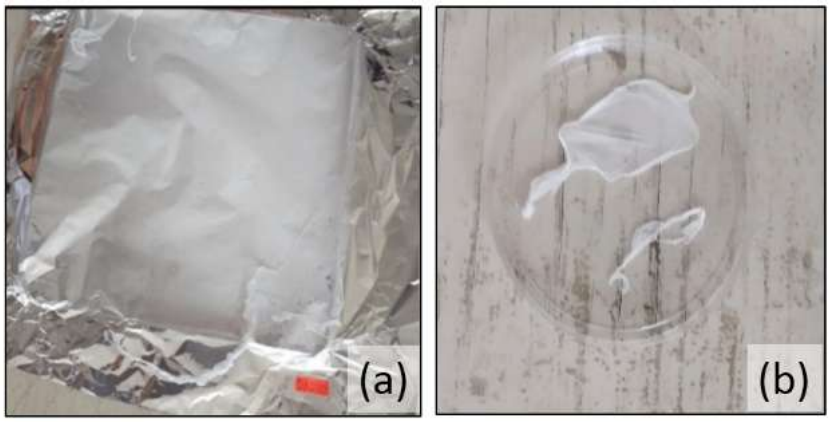


Figura 3. *Inspección visual: (a) membrana de celulosa productos del electrohilado (sobre aluminio) y (b) misma membrana después de su desprendimiento.*

La imagen de la membrana de celulosa obtenida a través del microscopio con una ampliación 200x se presenta en la Fig. 4a. Esta revela una estructura porosa y fina, lo que concuerda con la delgadez y transparencia observada a simple vista. En la Fig. 4b se observa con más detalle la presencia de las fibras de las cuales está compuesta la membrana.

La Tabla 1 exhibe los valores de los espesores de las membranas obtenidas, con sus correspondientes valores de variabilidad, obtenidos en un proceso en donde se contaba con un numero de 10 muestras (n=10). El espesor promedio de las membranas fue de 18 µm.

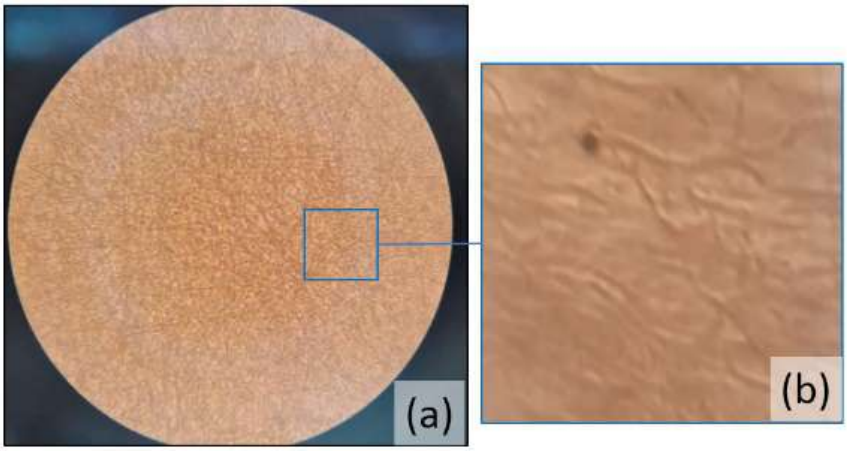


Figura 4. *Membrana de celulosa bajo microscopio, incremento de visualización: (a) 200x (b) 1000x*

Membranas	Espesor (µm)
1	23±4.3
2	15±2.3
3	19±6.2
4	22±2.6

Tabla 1. *Diámetro (espesor) de las membranas obtenidas.*

CONCLUSIONES. Las membranas nanofibrosas de celulosa obtenidas mediante electrohilado mostraron una estructura porosa, fina y altamente uniforme, con un espesor promedio de 18 µm. Las condiciones de humedad y velocidad de inyección fueron determinantes en la formación de las fibras, ya que influyeron directamente en la uniformidad y en la viscosidad de la solución. La celulosa combinada con PVA resultó en membranas suaves, flexibles y resistentes, que mantuvieron su integridad durante el proceso de separación del aluminio. Este estudio demuestra que el electrohilado es una técnica efectiva para obtener membranas nanofibrosas con potencial en aplicaciones biomédicas y de ingeniería de tejidos.

REFERENCIAS.

1. George, J., & Sabapathi, S. (2015). Cellulose nanocrystals: synthesis, functional properties, and applications. Nanotechnology, Science and Applications, 8, 45–54. https://doi.org/10.2147/NSA.S64386
2. Chun, S. J., Lee, S. Y., Doh, G. H., Lee, S., & Kim, J. H. (2011). Preparation of ultra-strength nano papers using cellulose nanofibrils. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 17(3), 521-526. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2010.10.022
3. Arias Barreneche, A., & Vanegas Patiño, A. (2011). Esferas de alginato de sodio y alcohol polivinílico con potenciales aplicaciones en ingeniería de tejidos. https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/5923/1/AriasAlejandra_2011_EsferasAlginatoSodio.pdf
4. Ehman, N. V., & Area, M. C. (2016). Obtención de nanofibras de celulosa a partir de recursos lignocelulósicos. http://hdl.handle.net/11336/110908
5. Cienfuegos Sarmiento, A. A. (2023). Desarrollo de membranas para ingeniería de tejidos basadas en nanofibras de CMC-AgNPs/PVA (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
6. Duque Sánchez, L. M., Rodriguez, L., & López, M. (2013). Electrospinning: la era de las nanofibras. Revista Iberoamericana de polímeros, 14(1), 10-27.
7. García, Nuria García. J Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros. (2013). Electrospinning: una técnica fascinante para la obtención de nanofibras poliméricas. (677), 166-173.
8. Osorio-Delgado, M. A., Henao-Tamayo, L. J., Velásquez-Cock, J. A., Cañas-Gutierrez, A. I., Restrepo-Múnera, L. M., Gañán-Rojo, P. F., & Castro-Herazo, C. I. (2017). Aplicaciones biomédicas de biomateriales poliméricos. Dyna, 84(201), 241-252. https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60466

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224120

MODELOS INTERACTIVOS PARA TRANSFORMAR LA ENSEÑANZA Y PROMOVER UN APRENDIZAJE ACTIVO EN BIOLOGÍA CELULAR

Nayeli Monserrat Cázares García, Guillermo Rey Peñaloza Mendoza, Alicia Campos Hernández3

TecNM – Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro; ciidtbiomedica@itspa.edu.mx

TecNM – Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro; grey@itspa.edu.mx

3 TecNM – Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro; acampos@itspa.edu.mx

Palabras Clave: Aprendizaje Activo, Biología Celular, Educación, Modelos Interactivos.

RESUMEN. Este trabajo se enfoca en transformar la enseñanza de la biología celular mediante el uso de modelos interactivos que representan la estructura celular, el potencial de acción y la función de la bomba de sodio-potasio. La propuesta combina tecnologías avanzadas, como la impresión 3D y el corte láser, con métodos tradicionales para crear herramientas educativas accesibles que fomenten un aprendizaje activo y significativo. La iniciativa responde a la necesidad urgente de mejorar la calidad del aprendizaje en México, donde la desigualdad en el acceso a recursos educativos impacta a 60 millones de estudiantes. En este contexto, se desarrollaron tres modelos físicos que permiten explorar la célula animal y su funcionamiento. Estos modelos buscan enriquecer la experiencia educativa y promover una apreciación más profunda por la ciencia. Se plantea que el uso de maquetas interactivas no solo facilita la comprensión de conceptos biológicos complejos, sino que también tiene el potencial de aumentar la participación estudiantil en el aula. Se incluye el diseño, la implementación de estas maquetas y la validación a través de pruebas piloto. Este proyecto busca no solo mejorar la enseñanza de la biología celular, sino también reducir la brecha educativa mediante la creación de recursos que sean tanto innovadores como accesibles para todos los estudiantes.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad en México 60 millones de personas de 0 a 29 años se encuentran estudiando en niveles como: primaria, secundaria, preparatoria y universidad, esto según la ENAPE en su estudio realizado en 2021. El trabajo se centra en la necesidad de mejorar la calidad del aprendizaje, específicamente en biología celular, debido a que en algunos casos la falta de igualdad en el acceso a recursos educativos puede conducir al desinterés de los alumnos. La célula, la unidad fundamental de la vida, encierra un universo de complejidad y asombro, debido a esto, su estudio a menudo es un desafío para los estudiantes, quienes pueden encontrar difícil visualizar estructuras microscópicas y comprender procesos biológicos abstractos. Ante este panorama, un innovador proyecto educativo propone una solución que revoluciona la enseñanza de la biología celular. A través de la creación de modelos tridimensionales interactivos y la combinación de tecnologías digitales con técnicas artesanales, este proyecto ofrece una experiencia de aprendizaje inmersiva y multisensorial. Los estudiantes tienen la oportunidad de construir sus propias representaciones de la célula, explorando su estructura interna y las funciones

de sus organelos. Desde la membrana celular, que actúa como una barrera protectora, hasta el núcleo, que contiene el material genético, cada componente de la célula se convierte en un objeto tangible y comprensible. Al integrar elementos de diseño, ingeniería y artes, fomenta el desarrollo de habilidades clave para el siglo XXI, como el pensamiento crítico, la creatividad y la resolución de problemas. Los estudiantes aprenden a trabajar en equipo, a comunicar sus ideas de manera efectiva y a aplicar sus conocimientos a situaciones reales. Además de su impacto en el aprendizaje individual, este proyecto tiene el potencial de crear recursos para la enseñanza de la biología celular, lo que puede originar que otros docentes adopten enfoques más innovadores y efectivos. En un mundo cada vez más interconectado, la colaboración y el intercambio de conocimientos son fundamentales para abordar los grandes desafíos de la humanidad. Este proyecto busca despertar en los estudiantes una pasión por la ciencia al proporcionar herramientas y experiencias que fomentan la exploración y la curiosidad.

ANTECEDENTES. La biología celular, como disciplina científica, se fundamenta en el estudio de la célula como la unidad básica de la vida. Este campo del conocimiento presenta una serie de desafíos pedagógicos debido a la naturaleza abstracta de muchos de sus conceptos y a la complejidad de los procesos celulares (Carrillo, 2011). El potencial de acción, por ejemplo, es un fenómeno eléctrico y biológico fundamental para la comunicación celular, requiere de una comprensión profunda de la estructura y función de la membrana celular, así como de los mecanismos de transporte iónico (Saavedra, 2014). La enseñanza de conceptos como el potencial de acción y la estructura celular se ha abordado tradicionalmente a través de métodos expositivos y basados en la transmisión de información. Sin embargo, esta aproximación ha demostrado tener limitaciones a la hora de promover un aprendizaje significativo y duradero (Carrillo, 2011). En las últimas décadas, ha surgido un creciente interés en el desarrollo de estrategias didácticas innovadoras que permitan superar estas limitaciones y hacer que el aprendizaje de la biología celular sea más atractivo y efectivo. Estas estrategias se basan en la idea de que los estudiantes aprenden mejor cuando están activamente involucrados en el proceso de construcción del conocimiento. Diversos estudios han demostrado que el uso de estrategias didácticas innovadoras puede mejorar significativamente el aprendizaje de la biología celular. Entre estas estrategias destacan:

- Actividades prácticas y manipulativas: La creación de modelos tridimensionales de la célula y la realización de experimentos sencillos permiten a los estudiantes visualizar y manipular los objetos, facilitando así la comprensión de conceptos (Agudelo, 2019). Un ejemplo es la propuesta de Mengascini (2006), que consiste en la creación de tarjetas con imágenes de diferentes partes de la célula.
- Tecnologías digitales: Su uso puede hacer que el aprendizaje sea más atractivo y dinámico. En la Universidad Nacional de Córdoba se realizó la evaluación de una experiencia didáctica que integró Kokori, un videojuego educativo sobre biología celular (Occelli, 2015).
- Aprendizaje basado en problemas: Esta estrategia consiste en presentar a los estudiantes problemas reales relacionados con la biología celular y desafiarlos a encontrar soluciones.

OBJETIVOS. Desarrollar una propuesta didáctica innovadora que facilite la comprensión de conceptos complejos de biología celular, como el potencial de acción, en estudiantes de

nivel superior, mediante la implementación de estrategias basadas en la construcción activa del conocimiento y el uso de tecnologías digitales. Analizar la efectividad de diferentes estrategias didácticas en la enseñanza de la biología celular, con el fin de identificar aquellas que promuevan un aprendizaje más profundo y duradero de conceptos clave como la estructura celular y el potencial de acción.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se trabajó con dos grupos de estudiantes. El grupo experimental estuvo conformado por estudiantes que, además de recibir una clase teórica introductoria, participaron en la construcción de maquetas didácticas relacionadas con los temas de la célula. El grupo de control, en cambio, solo recibió clases expositivas tradicionales, sin involucrarse en el desarrollo de materiales prácticos. La evaluación comparativa entre ambos grupos permitirá analizar la efectividad de cada metodología en términos de comprensión, retención y aplicación de los conocimientos adquiridos. Con el grupo experimental se desarrollaron tres herramientas didácticas, cada una diseñada para abordar un aspecto clave de la célula y sus procesos fisiológicos:

- Maqueta de la célula: Se busca que el diseño ayude a los estudiantes a identificar y asociar correctamente los organelos celulares con sus nombres.
- Maqueta de la membrana plasmática y la bomba sodio-potasio: Se busca que mediante algún mecanismo se puede ejemplificar el intercambio iónico existente en la membrana plasmática, el intercambio realizado por la bomba de sodio potasio, así como el cambio de polarización.
- Maqueta del potencial de acción: Se debe representar las fases del potencial de acción utilizando una combinación elementos que garanticen la identificación de cada una de las fases con la apertura y cierre de los distintos canales en la membrana.

Procedimiento. Introducción a los temas sobre la célula: Durante las primeras sesiones, se impartieron clases teóricas sobre la estructura celular, la membrana plasmática, la bomba sodio-potasio y el potencial de acción, proporcionando a ambos grupos la base de conocimientos necesaria para abordar los contenidos del curso.
Desarrollo de maquetas (solo para el grupo experimental): Los estudiantes del grupo experimental se organizaron en equipos y, guiados por el docente, trabajaron en la construcción de las maquetas o herramientas didácticas. Este proceso incluyó la investigación, planificación y uso de tecnologías tanto tradicionales como avanzadas (impresión 3D, corte láser, programación en Arduino) tal como se observa en la Fig. 1. Los estudiantes aplicaron los conocimientos adquiridos en clase para diseñar y ensamblar los prototipos, reforzando su comprensión a través del aprendizaje activo.

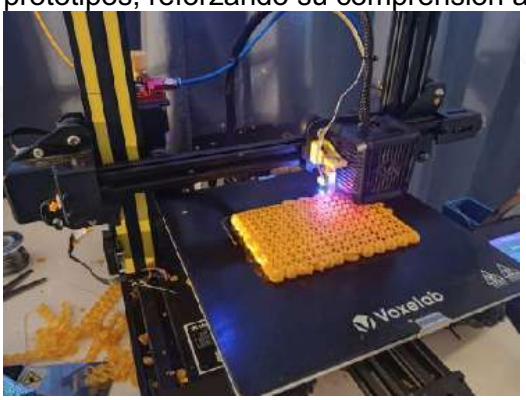


Figura 1.- *Proceso de fabricación de las herramientas didácticas*

Presentación de los proyectos: Al finalizar la construcción, los estudiantes del grupo experimental presentaron sus maquetas al resto de la clase, explicando el funcionamiento de cada modelo y la relación entre los elementos físicos y los procesos biológicos representados.

Evaluación: Se aplicaron evaluaciones a ambos grupos para medir el nivel de comprensión y retención de los conceptos estudiados. El grupo experimental fue evaluado no solo a través de una prueba escrita, sino también en función de su desempeño práctico al construir y explicar las maquetas. Por su parte, el grupo de control solo fue evaluado mediante una prueba escrita tradicional.

RESULTADOS. Al término de la elaboración de las herramientas didácticas se obtuvo lo siguiente:

Maqueta de la célula: Los materiales electrónicos utilizados solamente es una batería, está construida con materiales más básicos como lo es Foami, MDF, clavos y caimanes, está conformada por una base de MDF en el cual hay etiquetas con los nombres y también los organelos de la célula, la didáctica consiste en que las personas que lo utilicen unan con los caimanes el organelo de la célula con el nombre correcto correspondiente. Cuando se elija el nombre y el organelo correcto se cerrará un circuito eléctrico y encenderá un led el cual indicara que la respuesta es correcta. Se busca con esto, que cualquier persona que la utilice pueda aprender a relacionar el nombre con su correspondiente organelo. En la Fig. 2 se muestra la maqueta terminada y funcional.



Figura 2.- *Maqueta de la célula conecta.*

Modelo de la membrana plasmática y la bomba de sodio potasio: En este modelo se utilizan las nuevas tecnologías como lo es la impresión 3D y cortes a partir de láser, el modelo cuenta con una parte visual en la cual la membrana plasmática está construida con impresión 3D, además cuenta con componentes electrónicos los cuales nos indican el funcionamiento de la bomba Sodio-Potasio con ayuda de leds y servomotores representamos el intercambio de los iones, todo esto se controla con la tarjeta de desarrollo Arduino. En la Fig. 3 se muestra el modelo, solo es visual, pero muestra las etapas del proceso.

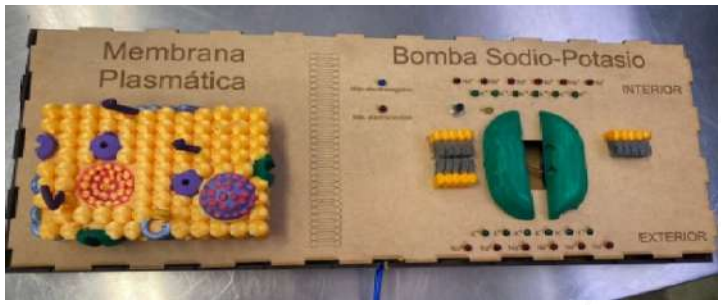


Figura 3.- *Modelo de la membrana plasmática y de la bomba de sodio-potasio.*

Maqueta del potencial de acción: En esta se implementaron todas y cada una de las fases por las que pasa el potencial de acción, como se observa en la Fig. 4 también se agregan luces led de diferentes colores para representar cada una de las fases del potencial, el color verde representa el reposo, color rojo despolarización, color blanco repolarización y color azul periodo refractario, además de esto se cuenta con un módulo de voz, el cual va emitiendo una pequeña explicación de que es lo que sucede y como es que sucede.

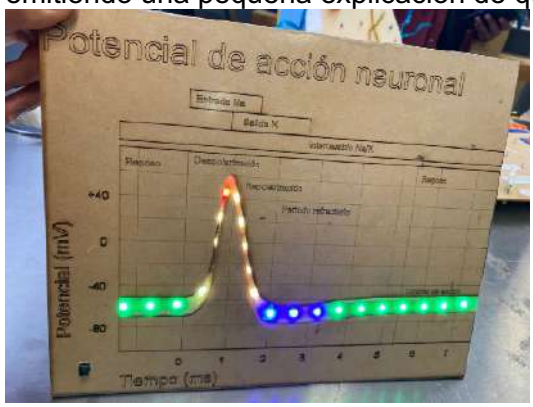


Figura 4.- *Maqueta de las fases del potencial de acción.*

La implementación de maquetas interactivas demostró un impacto positivo y una recepción efectiva. Los estudiantes participaron activamente, conectando de manera visual con conceptos complejos de biología celular. La interactividad de las maquetas facilitó la comprensión, generando un entorno de aprendizaje enriquecido. Estos resultados respaldan la premisa de que la integración de tecnologías educativas innovadoras puede transformar la enseñanza de disciplinas especializadas. En la Tabla 1 se muestran los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos de la validación por medio de cuestionarios, entrevistas y evaluación escrita.

Grupo	Motivación	Comprensión	Participación	Prom. Calif.	Aprobación
Experimental	Alta	Alta	100%	85.64%	100%
Control	Alta	Media	60%	54.75%	50%

Tabla 1.- *Resultados obtenidos.*

CONCLUSIONES. La participación activa y el entendimiento mejorado destacan la capacidad de estas herramientas para simplificar conceptos especializados. La interactividad visual parece ser clave para conectar teoría y aplicación práctica. Este análisis respalda la hipótesis inicial de que la innovación educativa puede transformar áreas

especializadas de la biología, proporcionando una plataforma tangible para la comprensión y el interés continuo de los estudiantes en disciplinas. La metodología basada en la construcción de maquetas y prototipos demostró ser una herramienta efectiva para el aprendizaje de conceptos complejos de biología celular. Los resultados sugieren que los estudiantes del grupo experimental desarrollaron una comprensión más profunda y duradera de los temas en comparación con aquellos que recibieron solo enseñanza expositiva. Las maquetas permitieron a los estudiantes relacionar los conceptos teóricos con aplicaciones tangibles, lo que fomentó un aprendizaje activo y participativo.

REFERENCIAS.

1. Agudelo, J. H. P. (2019). Dándole sentido a la célula. Revista Educación y Pensamiento, ISSN-e 2590-8340, Versión N° 26, 2019, págs 87-104.
2. Carrillo, L., Morales, C., Pezoa, V., & Camacho, J. (2011). La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, (29),112-127. ISSN: 2665-3184. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614265298008
3. Mengascini, A. S. (2006). Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 3.
4. Occelli, M., Biber, P. A., Willging, P. A., & Valeiras, N. (2015). Jugar y aprender biología celular: una experiencia con el videojuego Kokori. In XI Jornadas Nacionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. Río Negro: Argentina.
5. Saavedra J., & Domínguez A. (2014). Importancia de la biología celular y tisular y técnicas de estudio de células y tejidos. Texto Atlas de Histología. Biología celular y tisular, 2e. McGraw-Hill Education. https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx? bookid=1506&sectionid=98181904

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224123

PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO DE RIEGO 075 RÍO FUERTE

Luis Angel Acosta Chávez, Josué Medellín Azuara, Sonia Tatiana Sánchez Quispe
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000766b@umich.mx
Universidad de California, campus Merced; jmedellin@ucmerced.edu
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; quispe@umich.mx

Palabras Clave: Gestión del agua, Medición, Infraestructura.

RESUMEN. El Distrito de Riego 075 Río Fuerte Sinaloa es el distrito de riego más grande de México, cubriendo un área de aproximadamente 235,000 hectáreas y siendo uno de los productores agrícolas más importantes del país. Actualmente, el distrito enfrenta deficiencias en el control y distribución del agua debido a la falta de registros y equipos de medición, así como un inventario desactualizado de las estructuras de distribución y control existentes, ya que los datos disponibles datan de 2007 a 2010. Esta infraestructura puede estar obsoleta, lo que dificulta la gestión eficiente del agua y afecta su distribución para fines de riego. Para abordar este problema, se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG) de acceso libre, específicamente el software QGIS, para analizar y gestionar los datos. Este proceso incluyó una revisión y caracterización detallada del área, lo que permitió identificar la infraestructura existente, crear un inventario de los canales y recursos disponibles, y señalar las áreas que requieren mejoras para la colocación de puntos de medición. Con base en estos hallazgos, se evaluó la operación del distrito. Finalmente, se desarrolló una propuesta que contempla 12 puntos de medición distintos y la selección del equipo de medición más adecuado, optando por un Aforador de Tiempo de Travesía (ATT) según las características del canal. Esta propuesta se enfoca en los tramos principales del distrito y cumple con la norma mexicana 'NMX-AA-179-SCFI-2018' garantizando así el monitoreo, control y evaluación precisos de la distribución de agua en los planes de riego anuales.

INTRODUCCIÓN. El Distrito de Riego 075 Río Fuerte, ubicado en Sinaloa, México, es el más grande del país, lo que lo convierte en un elemento clave para la agricultura. Sin embargo, enfrenta diversas problemáticas y deficiencias en el control y distribución del agua. Para identificar estas deficiencias y optimizar la distribución del agua, es fundamental caracterizar su infraestructura y señalar las áreas críticas que requieren mejoras para la instalación de puntos de medición y control. La propuesta de estos puntos implica seguir los siguientes procedimientos para analizar y mejorar la gestión del agua. El primer paso es integrar y digitalizar los datos e información de infraestructura en el software de uso libre QGIS. La caracterización de la infraestructura hidroagrícola incluye la identificación y descripción de presas, canales y puntos de control, seguida de una evaluación de la programación, manejo, distribución y entrega del agua a los usuarios. A partir de este análisis, se identificarán áreas de oportunidad en la medición y manejo del recurso hídrico. Finalmente, se propondrán ubicaciones estratégicas para la colocación de estos puntos de

medición y se seleccionará el equipo adecuado, conforme a la norma NMX-AA-179-SCFI-2018. Con estas acciones, se espera mejorar significativamente la gestión del agua en el Distrito de Riego 075, promoviendo un uso más eficiente y sostenible de los recursos hídricos en la región.

ANTECEDENTES. El Distrito de Riego 075, establecido en la década de 1950, abarca aproximadamente 235,000 hectáreas divididas en 13 módulos diferentes y ha sido fundamental para el desarrollo agrícola de Sinaloa. Aunque su infraestructura ha permitido el riego de extensas áreas de cultivo, actualmente enfrenta desafíos en el control y la distribución del agua, lo que afecta su eficiencia operativa. Además, no existen registros de evaluaciones operativas ni propuestas de optimización en otros distritos de riego. Por lo tanto, este trabajo, con ayuda de datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), tiene como objetivo mejorar la gestión del agua en el Distrito de Riego 075 y servir de base para futuros estudios.

OBJETIVOS. Caracterizar la infraestructura hidroagrícola del Distrito de Riego 075 para identificar deficiencias en la distribución del agua. Proponer ubicaciones estratégicas para puntos de medición y seleccionar el equipo de medición adecuado, conforme a la norma NMX-AA-179-SCFI-2018.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Caracterización de la zona de estudio. Con ayuda de los datos y archivos proporcionados por CONAGUA, y tras la integración de los mismos al software de uso libre QGIS, se realizó una caracterización exhaustiva de la infraestructura hidroagrícola del Distrito de Riego 075, centrada en la identificación de presas, canales y puntos de control. Se identificaron dos presas principales: Luis Donaldo Colosio Murrieta, con un volumen actual de 3,202.2 Hm³ y capacidad máxima de 4,568 Hm³, y Miguel Hidalgo y Costilla, con un volumen actual de 3,312.9 Hm³ y capacidad máxima de 3,917 Hm³. También se localizaron dos presas derivadoras, Sufragio y Cahuinahua, abastecidas por las dos presas mencionadas anteriormente con ayuda del rio “Fuerte”, que distribuyen agua a los canales principales.

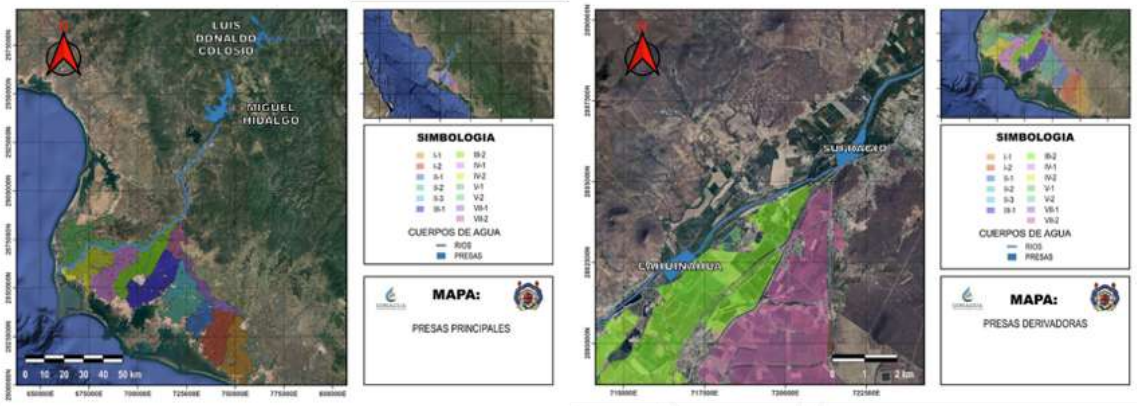
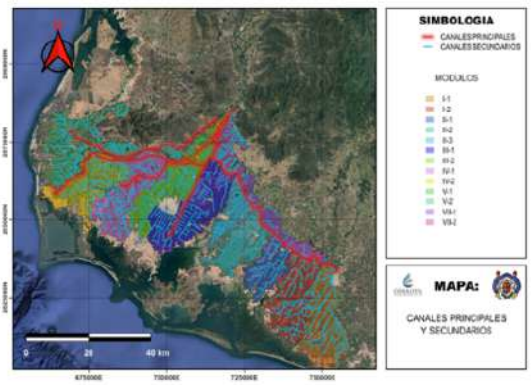


Fig. 1: Mapa “Presas Principales”
Fig. 2: Mapa “Presas Derivadoras”

El distrito cuenta en total con 607 canales que suman 2,580 km de longitud, en su mayoría de tierra. De estos, el 9% están revestidos con concreto y el 7% son tuberías de PVC. A

pesar de ser excavados en tierra, la mayoría de los canales se encuentran en buen estado, aunque el 8% presenta un deterioro significativo. Además, se identificaron 372 puntos de control, que ayudan al control y distribución del agua hacia los módulos del distrito, la mayoría de los cuales corresponden a compuertas calibradas.



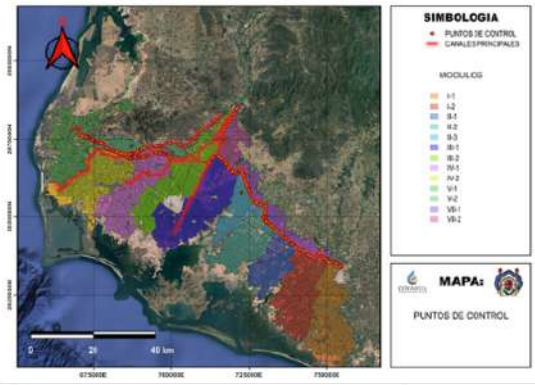


Fig. 3: *Mapa "Canales principales y secundarios"*
Fig. 4: *Mapa "Puntos de control"*

Evaluación de la operación. Se realizó una evaluación de los volúmenes de agua autorizados y utilizados en el ciclo agrícola 2016-2017. En base a los datos proporcionados por CONAGUA, se observó que el volumen total aprobado para este ciclo fue de 24,700 hectómetros cúbicos. Mientras que el volumen real de agua utilizada se obtuvo multiplicando la superficie real regada por la lámina de agua real utilizada para el riego, teniéndose un volumen total utilizado de 17,400 hectómetros cúbicos repartido entre los 13 módulos del distrito. De esta información se concluye que los volúmenes aprobados son generalmente mayores a los volúmenes utilizados, abasteciendo sin problemas a los 13 módulos.

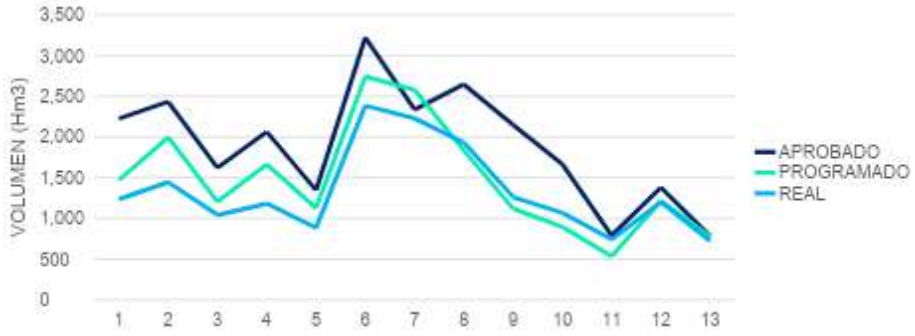


Fig. 5: *Volúmenes distribuidos para el ciclo 2016-2017*

Análisis de oportunidades en la medición. Para analizar la distribución del agua en el distrito, se elaboró un esquema que detalla la información sobre las salidas de los canales principales y laterales, partiendo de las presas derivadoras Cahuinahua y Sufragio, así como la longitud de los tramos de los canales y los caudales esperados en cada uno. Desde la presa Cahuinahua, se deriva el canal Cahuinahua, y desde la presa Sufragio se deriva el canal Valle del Fuerte, que alimenta varios canales laterales significativos dentro del distrito.

Este análisis proporciona una visión más clara de los caudales distribuidos en cada tramo, permitiendo identificar los puntos donde es más necesario colocar instrumentos de

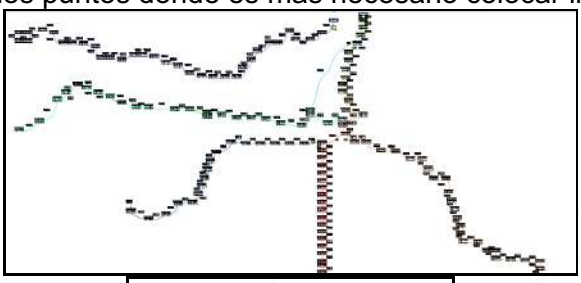


Fig. 6: Esquema de distribución del agua en el distrito

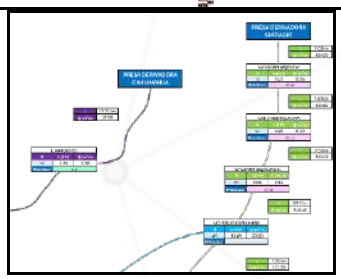


Fig. 7: Vista parcial del Esquema

RESULTADOS. Propuesta de puntos de medición. Se propusieron 12 puntos de medición en los canales principales y laterales del distrito, seleccionados de acuerdo con la norma NMX-AA-179-SCFI-2018. Estos puntos se ubicaron estratégicamente en los canales más importantes, aquellos con un flujo mayor a 10 m³/s, así como en puntos situados después de derivaciones importantes. Con base en la norma, se decidió utilizar un equipo ultrasónico para medir el flujo en superficie libre. Dado que el volumen anual de agua extraída supera los 3 millones de metros cúbicos, este equipo es el más adecuado. Se seleccionó un aforador de tiempo de travesía (ATT) de acuerdo con las características de los canales y los requisitos normativos, con diferentes pares de sensores según las necesidades del canal, que varían desde aforadores con 3 pares hasta aquellos con 6 pares.

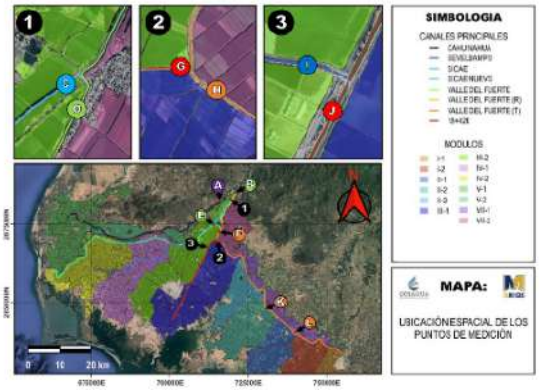


Fig. 8: *Mapa "Ubicación espacial de los puntos de medición"*

Los requerimientos para la instalación del sistema de medición incluyen un tramo recto de canal de al menos diez veces el ancho de la superficie libre en el punto de medición, un fondo uniforme sin variaciones en la sección transversal o pendiente, y un sitio

geométricamente estable con un fondo de rugosidad uniforme y paredes lo más verticales posible.

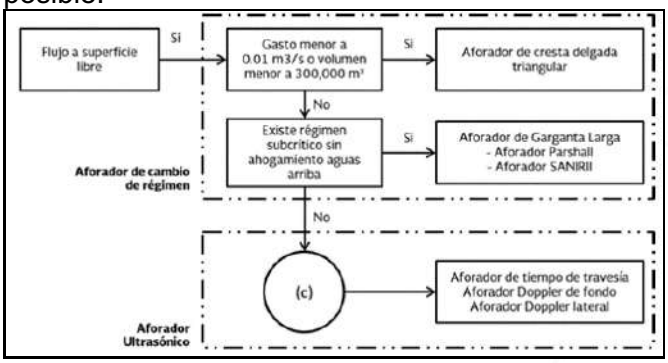


Fig. 9: *Esquema de selección de medidor*

Para cumplir con estos requisitos, se propone revestir los tramos de medición para asegurar la correcta colocación y operación de los equipos. Sin embargo, dado que el revestimiento es costoso, se establecieron seis criterios para priorizar la instalación de medidores: la clase del canal (principal, lateral o sublateral), el número de módulos abastecidos, el caudal, las pérdidas por distancia entre medidores, el número de salidas o derivaciones y el valor de producción de los tres cultivos más importantes (maíz, sorgo y frijol) en las parcelas abastecidas. Esta evaluación permite seleccionar los puntos de medición más relevantes y minimizar los costos de instalación.

Posición	Medidor	Canal	Aforador	Incertidumbre
1	F	Valle del fuerte	Att6	2%
2	B	Valle del fuerte	Att6	2%
3	D	Valle del fuerte	Att6	2%
4	H	Valle del fuerte	Att6	2%
5	K	Valle del fuerte	Att6	2%
6	G	18+420	Att4	6%
7	L	Valle del fuerte	Att3	9%
8	A	Cahuinahua	Att3	9%
9	C	Sicae	Att3	9%
10	E	Sicae nuevo	Att3	9%
11	J	18+420	Att4	6%
12	I	Sevelbampo	Att3	9%

Tabla 1: *Orden de Importancia de los Puntos de Medición Propuestos.*

CONCLUSIONES. En conclusión, la colocación de aforadores de tiempo de travesía (ATT) en los 12 puntos de medición seleccionados es esencial para la cuantificación precisa de las pérdidas de agua debido a la evaporación, infiltración y conducción. Estos dispositivos mejorarán significativamente el control sobre la entrega del agua a los usuarios, permitiendo una gestión más eficiente y efectiva de los recursos hídricos del distrito, y asegurando una distribución más equitativa y sostenible. Además, para cumplir con la normativa NMX-AA-179-SCFI-2018 y garantizar el correcto funcionamiento de los aforadores ATT, es indispensable revestir los canales con materiales adecuados, como concreto hidráulico.

Este revestimiento es crucial para mantener la estabilidad y precisión del flujo medido, asegurando que las condiciones de instalación sean óptimas y que los dispositivos operen conforme a los estándares requeridos.

REFERENCIAS.

1. Comisión Nacional del Agua. (2012). Estadísticas agrícolas de los distritos de riego: Año agrícola 2010-2011. Recuperado de https://www.conagua.gob.mx
2. Esteban Marina, A. U. (2018). Norma mexicana NMX-AA-179-SCFI-2018: Medición de volúmenes de aguas nacionales usados, explotados o aprovechados. Dirección General de Normas.
3. Pedroza González, E., & Hinojosa Cuélla, G. A. (2013). Manejo y distribución del agua en distritos de riego: Breve introducción didáctica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de https://www.imta.gob.mx

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224124

REPARACIÓN DE LA EAI 185 HYBRID COMPUTER PARA LA RESOLUCIÓN DE SISTEMAS FÍSICOS

Elder Anibal Andrade Valencia, Alfredo Raya Montaño, Jennifer López Chacón

1Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, l20120856@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, l20120858@morelia.tecnm.mx

3División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, 1400383e@umich.mx

4División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, cparga@umich.mx

5Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: EAI 185 Hybrid Computer, Rehabilitación, Solución de sistemas físicos.

RESUMEN. La reparación de una computadora EAI 185 híbrida para la resolución de problemas de la física, así como para la conservación del patrimonio histórico de la tecnología a través de los años. Este proyecto también pretende crear un manual en español para el uso de dicha computadora además de acercar a las nuevas generaciones a la historia de la tecnología.

INTRODUCCIÓN. Las computadoras analógicas tienen sus orígenes en el siglo XIX, cuando se usaban dispositivos mecánicos para cálculos matemáticos complejos. Su mayor desarrollo ocurrió durante el siglo XX, especialmente durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría, donde jugaron un papel crucial en aplicaciones militares como el cálculo balístico y la simulación de sistemas físicos. Aunque las computadoras digitales las han superado en muchos aspectos, las analógicas siguen siendo útiles en áreas especializadas, como la simulación de sistemas físicos, el modelado de circuitos eléctricos y el análisis meteorológico, debido a su habilidad para manejar variables continuas en tiempo real (Algor Cards, s. f.). En los años 70, las computadoras híbridas, que combinan componentes analógicos y digitales, revolucionaron la ingeniería, la física y la meteorología. Estas máquinas ofrecieron herramientas avanzadas para la investigación científica y el desarrollo tecnológico al procesar datos en tiempo real. Aunque las computadoras digitales han ganado popularidad, las híbridas siguen siendo relevantes en aplicaciones especializadas y están resurgiendo en campos emergentes como la inteligencia artificial y la computación cuántica, mostrando su capacidad de adaptación y evolución tecnológica (Ceruzzi, 2008; Coello, 2003).

ANTECEDENTES. La EAI 185, desarrollada por Electronic Associates Incorporated en los años 70, fue una computadora híbrida notable por combinar componentes analógicos y digitales en un solo sistema. Esta integración le permitió abordar problemas científicos y de ingeniería complejos, que requerían tanto cálculos precisos como procesamiento continuo de datos en tiempo real (Mahoney, 1988). Su arquitectura híbrida permitía realizar cálculos continuos y operaciones en tiempo real mediante componentes analógicos, mientras que los elementos digitales manejaban el control y la lógica, facilitando la programación y automatización. La EAI 185 se destacó por su capacidad de procesamiento y encontró

aplicaciones en investigación, academia e industria, siendo utilizada en áreas como física, ingeniería, meteorología, biología y economía (Mahoney, 1988; Ceruzzi, 2008). La computadora también ofrecía interfaces de entrada/salida que facilitaban su integración con dispositivos externos como osciloscopios y generadores de señales, lo que la hacía muy útil en entornos de laboratorio e industriales (EAI Electronic Associate, 1972). En resumen, la EAI 185 fue una herramienta innovadora que avanzó la computación científica y de ingeniería en su época y sentó las bases para futuras innovaciones en computación híbrida (EAI Electronic Associate, 1972).

OBJETIVOS. Identificar los principales desafíos técnicos y logísticos asociados con la reparación de una EAI 185 Hybrid Computer. Evaluar las estrategias existentes utilizadas en la reparación de computadoras antiguas y su aplicabilidad a la restauración de la EAI 185. Desarrollar un enfoque sistemático para la reparación de la EAI 185 que aborde de manera efectiva los desafíos identificados. Proponer recomendaciones prácticas para la preservación y mantenimiento a largo plazo de la EAI 185. Resolver sistemas físicos en la EAI 185.

MATERIALES Y MÉTODOS. A continuación, se muestran los pasos a seguir para cumplir con nuestros objetivos de este proyecto de investigación.

1. Revisión Bibliográfica: Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la historia de la informática, la tecnología de computadoras híbridas y la reparación de sistemas informáticos antiguos. Esto incluirá la consulta de libros, artículos académicos, documentos técnicos y otros recursos relevantes que proporcionen información sobre la EAI 185 Hybrid Computer y temas relacionados.

2. Análisis de Casos de Estudio: Se identificarán y analizarán casos de estudio relevantes de reparación y restauración de computadoras antiguas, incluidas otras máquinas híbridas similares a la EAI 185. Se examinarán los enfoques, estrategias y desafíos encontrados en estos casos de estudio para extraer lecciones y recomendaciones aplicables a la reparación de la EAI 185.

3. Consultas a Expertos: Se realizarán entrevistas y consultas con expertos en el campo de la reparación de computadoras antiguas y tecnología de computadoras híbridas. Esto incluirá a técnicos especializados, coleccionistas de computadoras, historiadores de la tecnología y otros profesionales con experiencia en la restauración de máquinas históricas. Se buscará obtener información sobre las mejores prácticas, herramientas y recursos disponibles para la reparación de la EAI 185.

4. Experimentación Práctica: Se llevarán a cabo experimentos prácticos utilizando una EAI 185 Hybrid Computer real, cuando sea posible. Esto implica la inspección detallada del hardware, la identificación de componentes defectuosos, la realización de pruebas de funcionamiento y la ejecución de procedimientos de reparación y mantenimiento. Se registrarán observaciones detalladas y se documentarán los procesos y resultados obtenidos durante la experimentación.

5. Desarrollo de un Enfoque Sistemático: Basándose en los hallazgos de la revisión bibliográfica, el análisis de casos de estudio, las consultas a expertos y la experimentación práctica, se desarrollará un enfoque sistemático para la reparación de la EAI 185. Este enfoque incluirá pasos específicos, metodologías de diagnóstico, estrategias de reparación y consideraciones logísticas para abordar los desafíos identificados de manera efectiva y eficiente.

6. Validación y Evaluación: El enfoque sistemático desarrollado será validado y evaluado mediante la aplicación en situaciones reales de reparación de la EAI 185 y otras computadoras híbridas similares. Se analizará la efectividad y la aplicabilidad del enfoque en la resolución de problemas específicos y se realizarán ajustes según sea necesario.
7. Creación de un reporte global de investigación: Se elaborará un reporte global sobre la EAI 185 el cual será entregado a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para que esta pueda compartir al público en general esta información con valor histórico, científico, tecnológico y social.
RESULTADOS. Actualmente la rehabilitación de la computadora EAI 185 sigue en marcha, se solucionaron problemas relacionados con la fuente de alimentación del equipo pero aún persisten ciertos problemas relacionados con unos componentes particulares relacionados con el manejo zonas de alto consumo eléctrico del equipo, se obtuvo un compendio de diagramas de un manual de la empresa alemana que fabricó el equipo por lo que hay un gran avance en la parte teórica de los métodos de programación del equipo, se espera que el equipo sea funcional una vez que se haya resuelto el problema de las zonas de alto consumo(para aclarar, pretendemos resolver el problema reemplazando una serie de capacitores de tantalio defectuosos y verificando el funcionamiento de la fuente de alimentación), además de esto se limpió exhaustivamente el equipo con ayuda de alcohol isopropílico ya que este contaba con una gran cantidad de polvo y suciedad. Todo el proceso de reparación y mantenimiento lleva una documentación adecuada para que al finalizar se tenga una bitácora detallada con todos los cambios requeridos. A continuación, se muestra una imagen a modo de referencia de la computadora EAI 185 en la figura 1.



Figura 1. *EAI 185 Hybrid Computer.*

CONCLUSIONES. La conservación del patrimonio tecnológico no sólo de méxico sino del mundo entero es un gran desafío, pero proyectos como este reflejan el interés y la necesidad de llevar ese desafío a cabo para una gran variedad de propósitos, tanto técnicos como históricos o didácticos. Durante el proceso de rehabilitación de esta computadora encontramos varios desafíos pero es perfectamente viable el terminar con la tarea, como dato extra ya que se encuentre en perfecto funcionamiento nos estamos planteando llevarla

a sus límites en la cuestión de su programación para plantear proyectos que en su momento no se habían concebido cuando esta máquina era la vanguardia tecnológica.

REFERENCIAS.

1. Cardona Marín, C., & Forero Rivera, D. A. (2020). Reconstrucción de computador analógico de laboratorio de sistemas dinámicos y control de la Universidad Tecnológica de Pereira.
2. Ceruzzi, P. E. (2008). Historia de la informática. Fronteras del conocimiento, editado por Gandarias, Cecilia, 109-127.
3. Coello, C. A. C. (2003). Breve historia de la computación y sus pioneros. México: Fondo de cultura económica.
4. Director, A. E. (1981). Annals of the History of Computing. Annals of the History of Computing, 3(1), 85
5. EAI Electronic Associate PTY. LTD.. 1972. EAI 180 Reference and maintenance manual
6. Algor Cards. (s. f.). Evolución de las Computadoras: De Analógicas a Digitales. https://cards.algoreducation.com/es/content/_Un5IAdQ/evolucion-computadoras-analogicas-digitales. Recuperado el 11 de marzo.
7. García, G. B., & Cordero, O. L. (2024). Criterios de evaluación de la calidad en la educación superior en México. Journal of the Academy, (10), 200-230.
8. Mahoney, M. S. (1988). The history of computing in the history of technology. Annals of the History of Computing, 10(2), 113-125.
9. Mojica, F. J., & Mora, J. C. (2021). El mundo “analógico” del pasado y el mundo “digital inteligente” del futuro. Revista Centroamericana de Administración Pública, (80), 67-85.
10. Olvera, M. A. C., Rodríguez, A. C., González, J. A. R., & Gutiérrez, A. C. V. (2014). Fundamentos de computación para ingenieros. Grupo Editorial Patria.

Área 2: Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0224126

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE PECES DE UN MANANTIAL ANTROPIZADO EN MICHOACÁN, MÉXICO

René Morales Govea[1], José M Jara Guerrero[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902782h@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jose.jara@umich.mx

Palabras Clave: Propiedades dinámicas, estructuras, vulnerabilidad sísmica

RESUMEN. Los puentes suelen ser vulnerables ante acciones sísmicas en todo el mundo. En ocasiones se presentan fallas en la subestructura y en otros casos pérdida de la longitud de asiento de la superestructura. Particularmente los puentes curvos son altamente vulnerables ante las acciones de fuerzas laterales, debido a que los movimientos sísmicos provocan además de movimientos de traslación, movimiento de torsión. En este trabajo realiza un modelo numérico de puentes en curva en la ciudad de Morelia que son la base para conocer su respuesta sísmica. Se determinan inicialmente sus propiedades dinámicas experimentalmente y posteriormente se calibra un modelo numérico utilizando el programa de análisis SAP2000. Los resultados corroboran que el modelo numérico es adecuado para evaluar el comportamiento esperado de los puentes. Los puentes fueron también sometidos a acelerogramas con las características de los que pueden presentarse en la ciudad de Morelia y en la discusión de los resultados se muestran las zonas más vulnerables de este tipo de estructuras.

INTRODUCCIÓN. El estudio se centra en un distribuidor vial recién construido en Morelia, Michoacán, México, con el objetivo de determinar sus propiedades dinámicas para evaluar su vulnerabilidad sísmica. Conocer las propiedades dinámicas de una estructura es crucial para predecir su comportamiento ante sismos. Tradicionalmente, estas propiedades se derivan de modelos numéricos basados en suposiciones sobre la calidad y resistencia de los materiales, lo que incrementa la incertidumbre. Para reducir esta incertidumbre, se utilizan pruebas no destructivas, como el análisis modal operacional, que implica medir la vibración ambiental causada por factores como el viento o el tráfico (Döhler, et al., 2014; Ivanovic, et al., 2000; Chang, et al., 2003). El objetivo principal del trabajo es realizar mediciones de vibración ambiental y, utilizando la técnica FFD (Descomposición en el Dominio de la Frecuencia), identificar los modos y frecuencias de vibración del distribuidor vial. Esto permitirá calibrar modelos numéricos y estimar su respuesta dinámica y vulnerabilidad ante eventos sísmicos.

DESCRIPCIÓN DEL DISTRIBUIDOR VIAL. El distribuidor vial en el oriente de Morelia conecta vialidades importantes. En la dirección Poniente-Oriente, une la carretera Morelia-Guadalajara con las carreteras hacia el oriente de Morelia. En la dirección Norte-Sur, conecta el libramiento oriente de la ciudad. El viaducto norte mide 548 metros, soportado por 15 pilas de 8 a 16 metros de altura, con 14 claros simplemente apoyados de 40 metros y estribos en ambos extremos. La gaza norte mide 83 metros, apoyada en cinco pilas de 8

a 16 metros, con claros de 15 metros. El viaducto sur tiene una longitud de 334 metros, descansando sobre nueve pilas de 8 a 14 metros, y ocho claros de 40 metros. La gaza sur mide 95 metros, apoyada en seis pilas de 8 a 14 metros, con claros de 15 metros. Los cabezales de las pilas son de concreto reforzado con resistencia f'c=400 kg/cm², de 3.6 metros de altura y 10.2 metros de ancho. Los claros son soportados por trabes tipo cajón CA-180 (f'c=400 kg/cm²) y apoyados en neoprenos de altura variable. La superficie de rodamiento consta de losa de concreto reforzado y una capa de asfalto.

MEDICIONES DE VIBRACIÓN AMBIENTAL. Para estimar las propiedades dinámicas de la estructura, se realizaron dos campañas de medición de vibración ambiental utilizando acelerómetros triaxiales de marca Kinemetrics. Los sensores se conectan con cables a una consola de adquisición, que registra la vibración de la estructura en los puntos donde se localizaron los acelerómetros. Las campañas de medición se realizaron sobre el viaducto y la gaza norte. En la primera campaña de medición, se colocaron los sensores sobre la gaza norte en la vialidad Salamanca-Acueducto. Los acelerómetros se colocaron en la mitad del ancho de calzada, en el centro de cada claro, a una distancia de un cuarto del claro y en los extremos de cada uno de ellos. En todas las mediciones se dejó un acelerómetro de referencia fijo, mientras se movían al largo de la gaza los demás sensores. Las mediciones se realizaron con duración de 10 minutos cada una de ellas (Fig. 1). La segunda campaña se llevó a cabo en un tramo recto en dirección Acueducto-Mil Cumbres (Fig. 2). Los puntos de medición se ubicaron sobre claros centrales, colocando los sensores al centro de cada claro, a un cuarto del claro y en los extremos. Se midieron dos tramos del puente con esta distribución y posteriormente se realizaron mediciones a lo largo de la longitud total del tramo recto colocando los acelerómetros al centro de cada claro. En todos los casos de medición, se mantuvo nuevamente un sensor de referencia fijo. En cada posición de los sensores, la medición tuvo también una duración de 10 minutos.





Figura 1. Acelerómetros en la gaza norte.
Figura 2. Acelerómetros en el tramo recto.

Los datos de mediciones capturan historias de aceleración en tres direcciones ortogonales debido a la vibración del puente causada por ruido de fondo. Estos registros se procesaron utilizando el software ARTEMIS, que calcula espectros de Fourier y densidades espectrales de las señales obtenidas. Este proceso permite desacoplar la respuesta en valores singulares (modos de vibrar) y estimar las frecuencias de vibración del puente. Se empleó la metodología de análisis modal operacional y descomposición en el dominio de frecuencia mejorado (OMA-FDD). El proceso de OMA-FDD utiliza algoritmos matemáticos para descomponer las respuestas de vibración registradas en frecuencias modales de un grado de libertad, lo que permite estimar las características dinámicas de la estructura (Figura 3). Estas frecuencias obtenidas experimentalmente son necesarias para la calibración de modelos numéricos como el que se describe posteriormente.

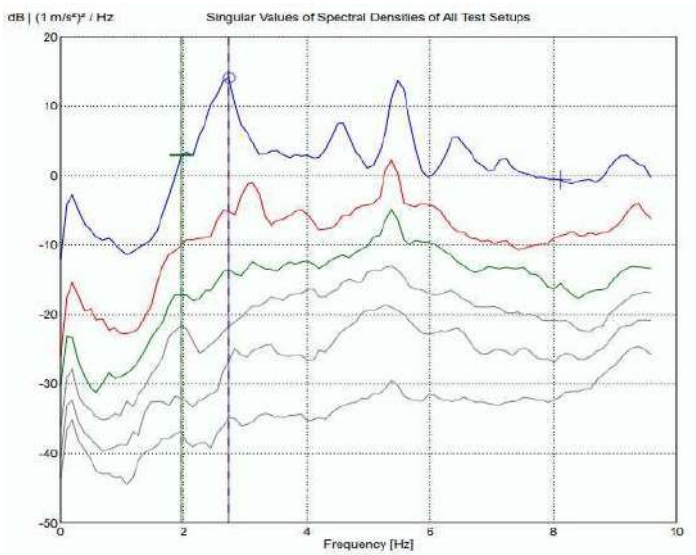


Figura 3. *Valores singulares de densidades espectrales de todas las configuraciones en la gaza norte.*

RESULTADOS. Con base en el programa ARTeMIS (SVS, 2015) y las mediciones realizadas en la gaza norte del distribuidor vial, se identificaron dos modos principales: un primer modo transversal con una frecuencia de 1.953 Hz y un segundo modo longitudinal con una frecuencia de 2.734 Hz.

Posteriormente, se desarrolló un modelo numérico del distribuidor vial utilizando SAP2000 (CSI, 2015) para evaluar su comportamiento sísmico. El modelo se calibró con las frecuencias obtenidas experimentales del modelo del software ARTeMIS. En el modelo numérico las losas se diseñaron como elementos tipo “Shell”, las trabes, cabezales y columnas se diseñaron como barras tipo frame, y los apoyos elastoméricos se modelaron con elementos tipo “link”. Los elementos estructurales y sus materiales tienen las características reales obtenidas de los planos de diseño del viaducto. En el modelo numérico desarrollado se realizó un análisis dinámico modal y se identificaron los modos de vibración. En la gaza norte se identificaron los dos modos de vibrar obtenidos experimentalmente, que en el modelo numérico fueron uno transversal de 1.93 Hz (Fig. 4) y uno longitudinal de 2.77 Hz (Fig, 5).

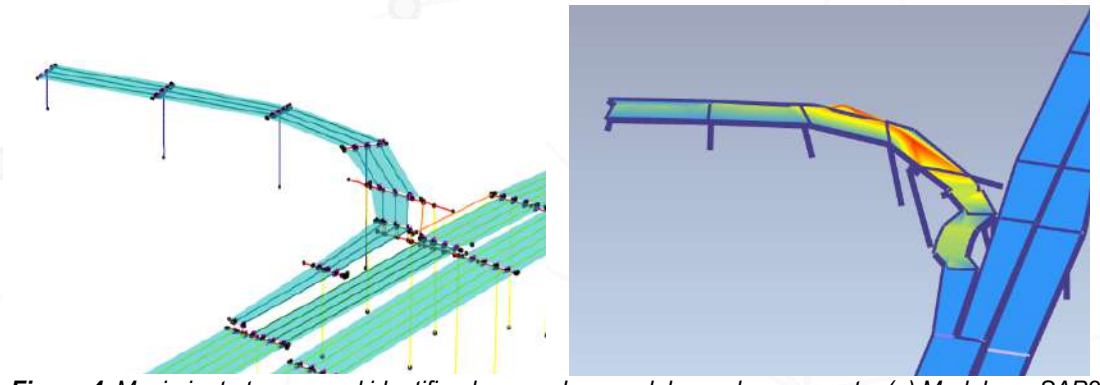


Figura 4. *Movimiento transversal identificado en ambos modelos en la gaza norte. (a) Modelo en SAP2000; (b) modelo de las mediciones experimentales y procesado en ARTeMIS.*

Los resultados de los modos de vibrar entre ambos modelos muestran excelente similitud, que valida el modelo numérico desarrollado. Una vez realizada la calibración se pueden realizar análisis numéricos para determinar el comportamiento esperado de la estructura ante acciones dinámicas.

Para los análisis dinámicos, se seleccionó un conjunto de registros sísmicos de temblores de subducción con magnitud mayor o igual que 5.0, que podrían afectar a la ciudad de Morelia. Los acelerogramas fueron escalados para un periodo de retorno de Tr=475 años, que es el nivel de intensidad que se utiliza para el diseño de estructuras en Morelia. El escalamiento se realizó con base en la aceleración máxima del terreno. Para determinar la respuesta sísmica, el puente se sometió al conjunto de registros sísmicos escalados. Se determinaron las demandas de desplazamiento lateral de las pilas del puente para cada uno de los registros sísmicos. Adicionalmente, se obtuvieron las demandas de distorsión angular de las pilas, parámetro más relacionado con los posibles daños de la estructura. Las Figuras 6 y Figura 7 muestran las distorsiones angulares en las pilas de la gaza norte, iniciando con la pila que conecta con el tramo recto (número 1) hasta el estribo (número 8). La Figura 6 corresponde a la dirección norte-sur y la Figura 7 a la dirección este-oeste. En las figuras también se presenta el valor medio de las demandas sísmicas y el valor medio más/menos una desviación estándar. Como se observa, el valor medio de las demandas sísmicas alcanza como máximo 0.0048 (número 5, N-S).

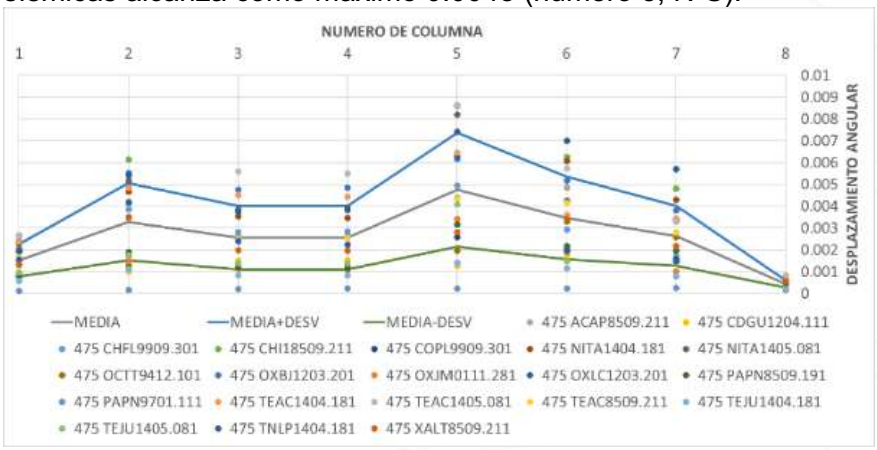


Figura 6. *Desplazamientos angulares en las pilas de la gaza norte en dirección NORTE-SUR.*

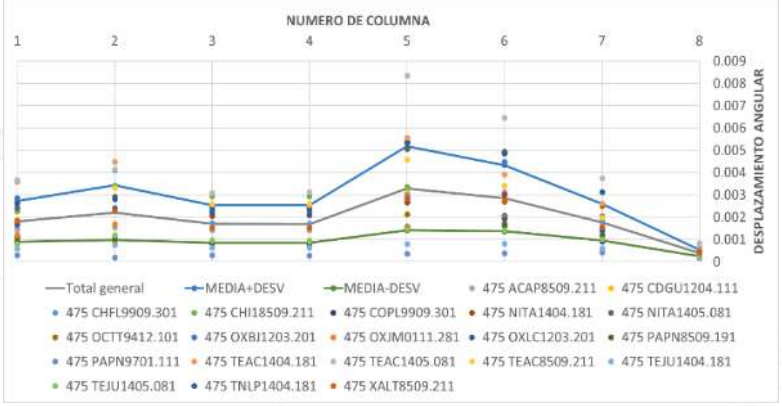


Figura 7. *Desplazamientos angulares en las pilas de la gaza norte en dirección ESTE-OESTE.*

CONCLUSIONES. Los resultados mostraron la factibilidad del uso de mediciones experimentales de vibración ambiental de estructuras existentes para calibrar modelos numéricos de puentes. La respuesta sísmica obtenida permite concluir un comportamiento esperado adecuado antes estas demandas sísmicas.

REFERENCIAS.

1. CSI (2015), SAP2000, Computer and Structures Inc., Berkeley, CA.
2. Chang, P. C., Flatau, A. y Liu S. C. (2003). Review paper: Health monitoring of civil infrastructure. Structural Health Monitoring. Vol. 2: 257:267.
3. Döhler, M., Hille, F., Mevel, L. y Rücker, W. (2014). Structural health monitoring with statistical methods during progressive damage test of S101 Bridge. Engineering Structures. Vol. 69: 183-193.
4. Ivanovic, S. S., Trifunac, M. D. y Todorovska, M. I. (2000). Ambient vibration tests of structures – a review. ISET Journal of Earthquake Technology. Vol. 407 (4): 165-197.
5. SVS (2015), Structural Vibration Solutions, Artemis Version 3.6, NOVI Science Park, Denmark.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324102

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y CRECIMIENTO CELULAR DE *Chlorella sorokiniana* EN RESPUESTA A VARIACIONES DE LUZ, CO_2 Y NITRATO EN FOTOBIORREACTOR

Sofia Torres-Momber*[1] *, Frizek Nathaniel Morales-Rivera* [2]*, Julio César Jacuinde-Ruíz* [3]*,
***Gerardo Marx Chávez-Campos* [4]*, Juan Carlos González-Hernández* [5*]**

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; I20120515@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; I20120941@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; gerardo.cc@morelia.tecnm.mx

5 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: Microalgas, Amilasas, Lipasas.

RESUMEN. Las microalgas son una valiosa fuente de productos de aporte biotecnológico para la industria. La alta demanda y producción de su biomasa lleva consigo a una mayor generación de subproductos extracelulares en el medio de crecimiento, entre ellos algunas enzimas de interés industrial. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de las variaciones de concentración de CO2, nitrógeno, color e intensidad de luz a dos niveles sobre el crecimiento celular, actividad amilolítica y lipásica extracelular en Chlorella sorokiniana mediante dos diseños experimentales Taguchi L4. A partir de los resultados, se determinó que el color de luz morada (M) favoreció todos los parámetros de crecimiento evaluados, así como también el nivel bajo de nitrato (N1). La adición de CO2 a nivel bajo (C1) promovió el crecimiento celular y la actividad lipásica, alcanzando valores de hasta 8.08 x 105 células mL-1 y 56.78 U mL-1 respectivamente. En contraste, un nivel alto de CO2 (C2) favoreció la actividad amilolítica, con un valor máximo de 1,035.72 U mL-1. La intensidad de luz a nivel bajo (I3) promovió la actividad amilolítica y el crecimiento celular, mientras que un nivel alto de intensidad (I4) favoreció la actividad lipásica. En conclusión, el color de luz tiene el mayor efecto sobre el crecimiento y actividad enzimática, seguido por la concentración de CO2, la concentración de nitrato y, finalmente, la intensidad de luz.

INTRODUCCIÓN. Actualmente las actividades antropogénicas han ocasionado problemas medio ambientales significativos provocando efectos adversos sobre la salud de los seres que lo habitan; esto ha impulsado en gran medida a la búsqueda de sistemas de producción más eficientes y con menor impacto ambiental; así como la obtención de biocompuestos que mitiguen estos efectos sobre la salud y que aceleren procesos en otro tipo de industrias [1]. A partir de esta problemática se han adoptado productos con aplicación biotecnológica como lo son las enzimas, atribuido a su capacidad de acelerar la generación de ciertos productos con un menor consumo de energía y con mucha más especificidad que los modelos de producción tradicionales. En ese sentido una microalga con gran relevancia biotecnológica es C. sorokiniana la cual, debido a su acelerado crecimiento, amplia capacidad de producir biomasa y su diverso contenido de compuestos altamente

nutricionales contenidos en ella, así como su posible potencial para la producción de enzimas extracelulares con diversas funciones, entre las cuales destacan las amilasas y lipasas, que se han posicionado como un prospecto de interés para su óptimo desarrollo y producción [2]. Las amilasas son metaloenzimas que catalizan la hidrólisis de enlaces glicosídicos presentes en el almidón, glicógeno y otros polisacáridos mediante un mecanismo de doble desplazamiento que permiten la obtención de azúcares más simples mediante la degradación de los mismos; atribuido a esto es de gran aplicación en la industria textil, cervecera, bebidas, alimentos e incluso para la producción de biocombustibles [3]. Por otro lado, las lipasas son enzimas que catalizan una amplia variedad de reacciones de hidrólisis, esterificación y transesterificación, y que han encontrado a últimos tiempos cabida en numerosos procesos tecnológicos dentro de la industria alimenticia, papelera, farmacéutica, y energética. Su alta estabilidad química y resistencia a elevadas temperaturas, las hace candidatas para su aplicación en procesos de carácter biotecnológico emergentes [4]. En investigaciones desarrolladas en la última década se ha demostrado que las algas del género Chlorella tienen la capacidad de producir amilasas y lipasas y que debido a su gran relevancia biotecnológica surge la presente investigación que tuvo como objetivo evaluar y cuantificar para la microalga C. sorokiniana el efecto de la concentración de CO2, el color y la intensidad de la fuente de luz a dos niveles sobre el crecimiento celular, la actividad amilolítica y lipásica extracelular, utilizando un diseño experimental Taguchi L4 a nivel fotobiorreactor. Esta investigación representa la primera evidencia de actividad amilolítica extracelular en C. sorokiniana, lo cual abre nuevas posibilidades para su aplicación en biotecnología y enzimología.

MATERIALES Y MÉTODOS. La cepa C. sorokiniana, con clave de cepario CIB50, fue obtenida del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. del Instituto Politécnico Nacional Campus La Paz B.C.S., el cual se desarrolló en medio 3N-BBM+ V(CCAP)[5], bajo exposición de 12 horas de luz roja, temperatura ambiente y agitación manual cada 24 h durante 21 días. El desarrollo experimental se realizó a partir de un diseño experimental Taguchi L4 evaluando los factores de concentración de CO2, color de luz e intensidad lumínica, con nivel bajo y alto para cada factor como se muestra en la Tabla 1; cada tratamiento evaluado se sometió a fotoperiodos de 12 h y adiciones de CO2 con la misma periodicidad y una duración de 132 h bajo las condiciones definidas por el diseño experimental a partir de los cuales se obtuvieron 4 tratamientos en total, las cuales se desarrollaron en el orden dispuesto en la Tabla 2.

Las cinéticas se desarrollaron en un fotobiorreactor con volumen útil de 8 litros y concentración inicial de 3x105 células mL-1 de inóculo, en la parte inferior se colocó un difusor que permitió la distribución del CO2 y mezcla del cultivo. El seguimiento de cada cinética se realizó mediante la evaluación de los parámetros de densidad óptica a una longitud de onda de 550 nm (D.O.550)[6], consumo de nitrato[7], actividad amilolítica[8] y actividad lipásica[9]; a partir de los resultados experimentales se calcularon las constantes cinéticas de crecimiento microbiano (μ, td y δ). Finalmente se llevó a cabo el análisis estadístico de los diseños experimentales mediante el software estadístico Minitab 19®.

Factor	Nivel bajo	Nivel alto
Flujo de CO_2 ($ft^3\ h^{-1}$)	C_1	C_2
Color de luz	Azul (A)	Morado (M)
Intensidad de luz (Lux)	I_1	I_2

Tabla 1. *Factores y niveles de las cinéticas para el diseño experimental.*

Corridas	Flujo de CO_2 (ft^3 h^{-1})	Color de luz	Intensidad de luz (Lux)
1	C_1	A	I_1
2	C_1	M	I_2
3	C_2	A	I_2
4	C_2	M	I_1

Tabla 2. *Diseño experimental y corridas.*

RESULTADOS. A partir de los resultados experimentales se observó que la combinación de las condiciones de nivel bajo de CO2, luz morada e intensidad lumínica en nivel alto (C1, M, I2) correspondientes al tratamiento 3, incrementaron el crecimiento microbiano hasta 8,08x105 cel mL-1 lo cual representó un incremento atribuido al uso de la luz morada y mayor intensidad de luz emitida por la fuente lumínica. Por otra parte, la actividad amilolítica fue mayor en el tratamiento 4 bajo condiciones C2, M, I1, alcanzando una actividad hasta 1,035.72 U mL-1 a la hora 108; asimismo, para la actividad lipásica las condiciones óptimas se presentaron en el tratamiento 2 (C1, M, I2) alcanzando hasta 56.78 U mL-1. A partir de los resultados obtenidos para el diseño experimental se generaron diagramas de contrastes mostrados en la Fig. 1; donde se ilustran el comportamiento de los tratamientos microbianos en función de los factores de concentración de CO2 y color de luz puesto que para todos los tratamientos fueron los factores de mayor significancia. Se observó que la luz morada (mezcla de luz azul y roja) favorece significativamente a todas las variables de respuesta analizadas. En contraste, una alta concentración de CO2 mostró un efecto dual debido a que, por un lado, potenció la actividad amilolítica e inhibió parcialmente el crecimiento microbiano y por otro se disminuyó la actividad lipásica. No obstante, bajo la luz morada, se identificó un flujo de 7.5 ft3 h-1 de CO2 permitiría un desarrollo favorable para todos los parámetros evaluados, exceptuando la actividad amilolítica. Se observó que la luz morada (mezcla de luz azul y roja) favorece significativamente el crecimiento microbiano y la actividad amilolítica extracelular, mientras que una alta concentración de CO2 influye de manera tanto negativa como positiva respectivamente a los mismos parámetros evaluados ya que incrementa la actividad amilolítica generando el máximo en la experimentación, mientras que inhibe el crecimiento microbiano; sin embargo, se percibe que bajo la luz morada se puede encontrar una concentración de CO2 que permita un desarrollo favorable para ambos factores alrededor de 9.3 ft3 h-1.

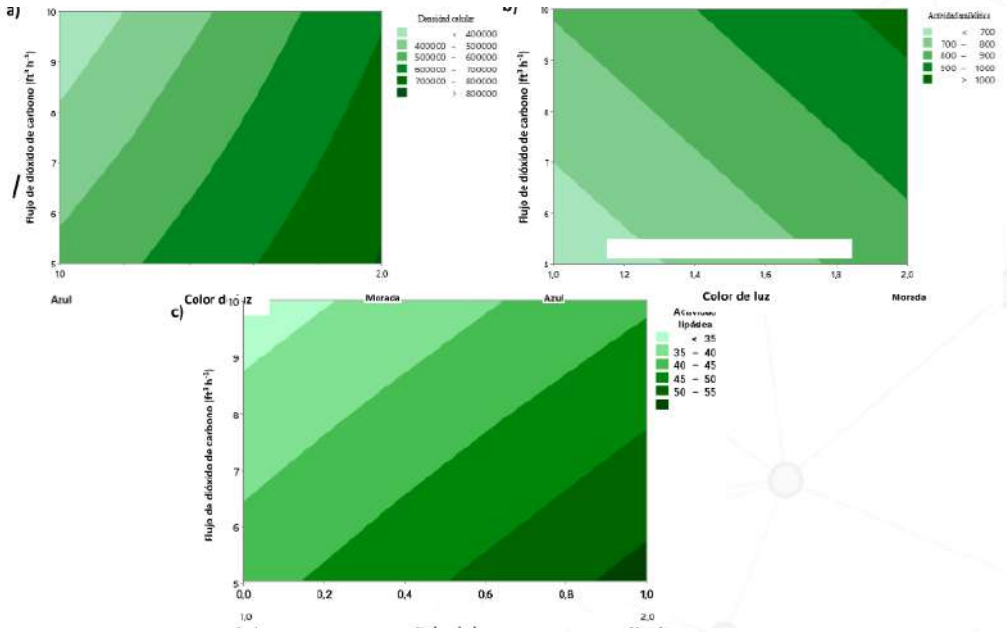


Figura 1. *Gráfica de contornos de densidad celular (a), actividad amilolítica (b) y actividad lipásica (c) contra concentración de CO_2 y color de luz, (donde en el eje de "color de luz" 1 = azul y 2 = morado siendo los niveles intermedios proporcionales a adición de luz roja).*

Finalmente, las mejores constantes cinéticas de crecimiento, se obtuvieron para las condiciones establecidos en el tratamiento 1 (C_1, A, I_1), las cuales fueron: μ = 0.0081 h^{-1}, t_d = 85.47 h, δ = 0.0117 h^{-1}, seguidos de la corrida 3 (C_2, A, I_2), donde se obtuvieron los valores: μ = 0.0078 h^{-1}, t_d = 89.35 h y δ = 0.0112 h^{-1}; por parte para los rendimientos, los mejores valores fueron obtenidos bajo las condiciones de la corrida 3; $Y_{X/S}$ = 0.0674 g Biomasa g^{-1} $NaNO_3$ la cual a su vez únicamente presenta una disminución en orden de 4% para las constantes cinéticas con respecto a la corrida 1 por lo que se establece que las condiciones de un crecimiento acelerado se da principalmente bajo luz azul, concentración a nivel alto de CO_2 e intensidad lumínica alta (C_2, A, I_2), mientras que la luz roja permite una mayor producción para *C. sorokiniana* bajo las condiciones evaluadas. Por último, contrastando las condiciones de crecimiento acelerado, actividad amilolítica y crecimiento celular presentando mejores valores en las corridas (1, 4 y 2) respectivamente se concluye que un punto medio de concentración de CO_2, fuente de luz color morado y una intensidad lumínica alta ($C_{1\text{-}2}$, M, I_2) favorecen de manera homogénea a la producción dichos factores estableciéndose como las condiciones de mejor impacto en la experimentación.

CONCLUSIONES. El control de los factores (concentración de CO2, concentración de nitrógeno, color e intensidad de luz) promueven el crecimiento microbiano, la actividad amilolítica y lipásica de C. sorokiniana. En orden de mayor a menor efecto sobre el crecimiento microbiano, los factores fueron el color de luz morada, nivel bajo de concentración de CO2, y nivel alto de intensidad de luz (M>C1>I2). Para la actividad amilolítica, los factores más influyentes fueron el color de luz morada, nivel alto de concentración de CO2 y nivel bajo de intensidad de luz (M>C2>I1), la actividad lipásica mostró un incremento significativo bajo condiciones de luz morada, baja concentración de CO2 y alta intensidad de luz (M>C1>I2) en ese orden de significancia. Finalmente, las mejores constantes cinéticas se obtuvieron bajo las mismas condiciones que favorecen el

crecimiento microbiano, exceptuando el factor de luz morada, ya que para estos parámetros es favorable la luz azul.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece al D. En C. Julio César Jacuinde-Ruíz y al D. En C. Juan Carlos González-Hernández por su apoyo durante la realización de este proyecto, al igual que a los donativos parciales del TecNM de la Convocatoria 2023 Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (**16898.23-P**), para los Institutos Tecnológicos Federales y El Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (**FCCHTI23_ME-4.1.-0001**).

REFERENCIAS.

1. Rendón LJ, Ramírez ME y Veléz Y. (2013). Microalgas para la industria alimenticia. Universidad Pontífica Bolivariana. http://hdl.handle.net/20.500.11912/2306
2. Guzmán J. (2015). Extracción de Amilasa del Consorcio de Alga Chlorella Antártica utilizando alginato de sodio como soporte de inmovilización. [Tesis, Universidad Central del Ecuador].
3. Ramírez J y Ayala M.(2014). Enzimas: ¿Qué son y cómo funcionan? Revista UNAM, 15, p. 2-13.
4. Martínez R. (2019). Caracterización bioquímica de las lipasas extracelulares de Kluyveromyses marxianus expresadas en un sistema heterólogo. [Tesis de doctorado, UMSNH].
5. Arredondo BO. (2017). Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal. http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/539
6. Baird R y Bridgewater L. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater", (23.a ed.). American Public Health Association. https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.002
7. Wilson JJ y Ingledew WM. (1982). Isolation and characterization of Schwanniomyces alluvius amylolytic enzymes. Applied and environmental microbiology, 44(2). Agricultural Microbiology Section, Department of Dairy and Food Science, University of Saskatchewan, Canada. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC242010/pdf/aem00177-0055.pdf/?tool=EBI
8. Martínez-Corona R, Banderas-Martínez FJ, Pérez-Castillo JN, Córtez-Penagos C y González-Hernández JC. (2020). Avocado oil as an inducer of the extracelular lipase activity of Kluyveromyces marxianus L-2029. Food Science and Technology, 121-129.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324103

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CLOROFILA a, b y CRECIMIENTO CELULAR EN MICROALGAS BAJO VARIACIONES EN LUZ Y CO2 PARA EL ANÁLISIS FISIOLÓGICO DE ESTRÉS

Frizek Nathaniel Morales-Rivera[1], Sofia Torres-Momber [2], Julio César Jacuinde-Ruíz [3],

Juan Carlos González-Hernández [4]*

1Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, I20120856@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, I20120858@morelia.tecnm.mx

3División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, 1400383e@umich.mx

4División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, cparga@umich.mx

5Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Fotosíntesis, Chlorella, Haematococcus

RESUMEN. Las microalgas, como Chlorella sorokiniana, son organismos ricos en clorofila que transforman la energía lumínica en energía química para producir compuestos orgánicos. La clorofila tiene alto poder antioxidante y es valiosa en diversas industrias. Este estudio evaluó el efecto de la concentración de CO2, el color e intensidad de luz sobre el crecimiento celular y producción de clorofila a y b en C. sorokiniana, utilizando un diseño experimental Taguchi L4 y realizando un análisis comparativo con Haematococcus pluvialis para explorar la aplicabilidad del método en especies con diferentes respuestas fisiológicas dada su capacidad de transformar la clorofila en astaxantina bajo situaciones de estrés. El crecimiento celular se midió mediante densidad óptica (DO550), y la clorofila se cuantificó utilizando el método de Jeffrey-Humphrey. Los resultados mostraron variaciones significativas en las concentraciones de clorofilas a, b y totales en respuesta a diferentes condiciones de cultivo y estrés, actuando como un indicador fisiológico. El análisis estadístico reveló que el orden y niveles que promovieron el crecimiento celular hasta 7.83 x 105 células mL-1 fueron, luz morada, baja adición de CO2, y baja intensidad de luz (M>C1>I1); Por otra parte, las condiciones óptimas para maximizar el contenido de clorofila fueron luz morada, alta adición de CO2, y alta intensidad de luz (M>C2>I2), alcanzando un contenido de clorofila de 5.92 x 107 µg cel-1. El análisis comparativo con H. pluvialis evidenció una respuesta distinta, donde esta última redujo su producción de clorofila bajo condiciones de estrés, lo que reafirma la sensibilidad y selectividad del método para analizar diferentes microalgas. Se concluye que el control de estas condiciones optimiza el crecimiento y producción de clorofila en microalgas.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años, los crecientes problemas medioambientales derivados de las actividades antropogénicas y sus efectos adversos en la salud y el equilibrio de los ecosistemas han impulsado la búsqueda de sistemas de producción más eficientes y sostenibles. Este contexto ha llevado al desarrollo de tecnologías de biorremediación y la producción de biocompuestos que mitiguen estos efectos nocivos. En este marco, las microalgas han emergido como una solución prometedora debido a su

capacidad para prosperar en ambientes acuáticos utilizando luz solar y dióxido de carbono como fuentes de energía y carbono, respectivamente. Su versatilidad para la producción de productos valiosos ha suscitado un interés creciente en su estudio y producción [1]. Además de su posible potencial para la producción de enzimas extracelulares, C. sorokiniana también se destaca por su capacidad para sintetizar clorofilas, pigmentos esenciales para la fotosíntesis. Las clorofilas son fundamentales en la conversión de energía solar en energía química, permitiendo la síntesis de compuestos orgánicos a partir de dióxido de carbono y agua. Su alto poder antioxidante y su capacidad para impartir un vibrante color verde la convierten en un componente valioso en diversas industrias. Los extractos de clorofila se utilizan en la industria alimentaria como colorantes naturales, en la farmacéutica por sus propiedades antioxidantes, y en la cosmética por sus efectos revitalizantes y antiinflamatorios [2]. Pérez-Gálvez et al. (2020) revisaron los avances en el estudio de clorofilas y carotenoides, pigmentos naturales presentes en la dieta que han captado interés debido a la tendencia hacia comportamientos más saludables. La revisión abarca los efectos antioxidantes de estos compuestos, evaluando estudios recientes y metodologías, desde ensayos in vitro hasta in vivo. A pesar del conocimiento sobre su actividad antioxidante, el artículo destaca que clorofilas y carotenoides podrían tener efectos más amplios y complejos. Se enfatiza la necesidad de aplicar estos hallazgos para mejorar la comprensión del impacto de los antioxidantes en enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo y su potencial como biomarcadores. La investigación sugiere que estos pigmentos podrían jugar un rol crucial en la detección y monitoreo de condiciones relacionadas con el estrés oxidativo, con expectativas de avances en aplicaciones prácticas en el ámbito de la salud [3]. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los factores de crecimiento que pueden promover la síntesis de pigmentos intracelulares en C. sorokiniana, utilizando un diseño experimental Taguchi L4 a nivel de fotobiorreactor.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se implemento un diseño experimental para la cepa de C. sorokiniana fue utilizada y desarrollada en medio 3N-BBM+ V(CCAP) (tomado y modificado de [4]), expuesta a luz roja por 12 h, a temperatura ambiente, con agitación manual cada 24 horas. El desarrollo experimental se basó en un diseño experimental Taguchi L4. El diseño evaluó los factores de concentración de CO2, color de luz e intensidad lumínica (Tabla 1) evaluando un total de 4 corridas (Tabla 2). Cada cinética se sometió a fotoperiodos de 12 h y adiciones de CO2 cada 12 h, durante 132 h.

Factor	Nivel bajo	Nivel alto
Flujo de CO_2 ($ft^3\ h^{-1}$)	C_1	C_2
Color de luz	Azul (A)	Morado (M)
Intensidad de luz (Lux)	I_1	I_2

Tabla 1. *Factores y niveles para el diseño experimental Taguchi L_4.*

Corridas	Flujo de CO_2 ($ft^3\ h^{-1}$)	Color de luz	Intensidad de luz (Lux)
1	C_1	A	I_1
2	C_1	M	I_2
3	C_2	A	I_2
4	C_2	M	I_1

Tabla 2. *Diseño experimental Taguchi L_4 y corridas.*

Las cinéticas se llevaron a cabo en un fotobiorreactor de 10 litros, con un volumen útil de 8 litros, equipado con un difusor para distribuir el CO_2 y mezclar el cultivo. Se utilizó una lámpara LED RGB con emisión de luz azul y morada. Se midió el espectro de emisión de la fuente lumínica con un fotoespectrorradiómetro Gigahertz-Optik modelo BTS256-LED, y el espectro de absorción de la microalga con un espectrofotómetro PerkinElmer modelo Lambda 35, para determinar la correspondencia entre los picos de absorción del microorganismo y las fuentes de luz. El seguimiento de las cinéticas se realizó evaluando la densidad óptica a 550 nm (DO_{550}) [5] y concentración celular de clorofila *a*, *b* y total según el método de Jeffrey y Humphrey (1975) y Humphrey (1979).

RESULTADOS. Se realizó un análisis puntual de la fuente lumínica y su relación con el microorganismo relacionando el espectro de emisión y absorción de cada uno, respectivamente. El análisis de correspondencia, mostrado en la Fig. 1, indica que la longitud de emisión del diodo azul (460 nm) es cercana al pico máximo de absorción de Chlorella sorokiniana, que ocurre a 440 nm debido a la presencia de clorofilas b y carotenos. Sin embargo, el pico de emisión del diodo rojo (630 nm), que compone la luz morada, está alejado del segundo punto máximo de absorción a 680 nm, asociado con clorofilas a; sin embargo, a pesar de esta discrepancia, se observó una correspondencia teórica que sugiere que la luz morada puede excitar todos los pigmentos presentes en la microalga [6].

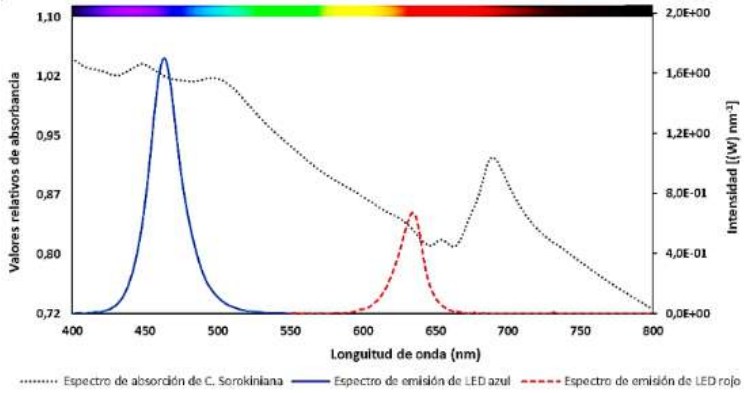


Figura 1. *Comparación entre espectro de emisión de la fuente de luz a su máxima capacidad en color morado (combinación de LEDs azul y rojo) contra el espectro de absorción de C. sorokiniana CIB50 para observar correspondencia entre picos de absorción y emisión (Donde* ***---****: Espectro de absorción de C. sorokiniana;* ***—****: Espectro de emisión de LED azul;* ***---****: Espectro de emisión de LED rojo).*

Al finalizar el proceso experimental, los resultados mostraron que la combinación de bajo nivel de CO_2, luz morada y alta intensidad de luz (C_1, P, I_2), correspondiente al tratamiento 2, incrementó el crecimiento microbiano a $7.83x10^5$ células mL^{-1}. Por otro lado, el contenido de clorofila fue mayor en el tratamiento 4 bajo las condiciones de alto CO_2, luz morada y alta intensidad de luz (C_2, P, I_2), alcanzando una concentración de 5.92×10^{-7} µg cel^{-1} a la hora 132 (Fig. 2), coincidiendo la luz morada y alta intensidad de luz como los niveles óptimos de los factores en ambos parámetros.

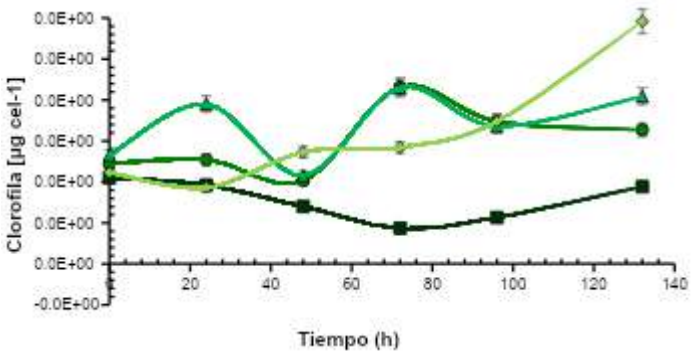
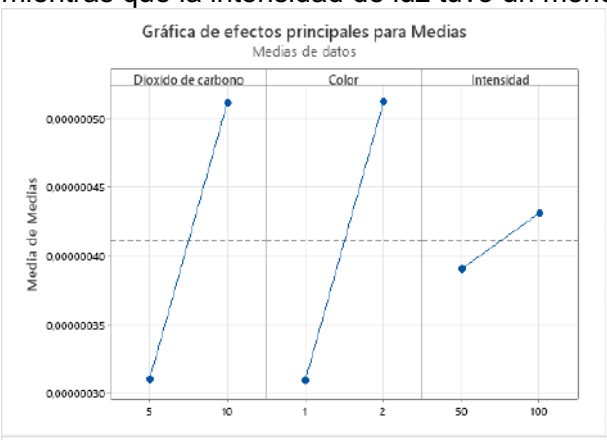


Figura 2. *Concentración de clorofila bajo tratamientos de diseño experimental sobre C. sorokiniana (Donde ■: Tratamiento 1; ●: Tratamiento 2; ▲: Tratamiento 3; ♦: Tratamiento 4) (Desv. Std. para n=3).*

Se observó un comportamiento similar en los cuatro tratamientos evaluados. No obstante, las pruebas realizadas bajo luz morada mostraron una clara ventaja en comparación con las otras condiciones. En el análisis estadístico, se obtuvieron gráficos de efectos principales (Fig. 3a), donde se observa cómo cada nivel de los factores evaluados influye en la producción de clorofila en *C. sorokiniana*. Las mejores condiciones para la producción de clorofila fueron el nivel alto de CO_2, luz morada y alta intensidad de luz (C_2, P, I_2), donde la concentración de CO_2 y el color de luz mostraron valores de significancia cercanos, mientras que la intensidad de luz tuvo un menor efecto significativo.



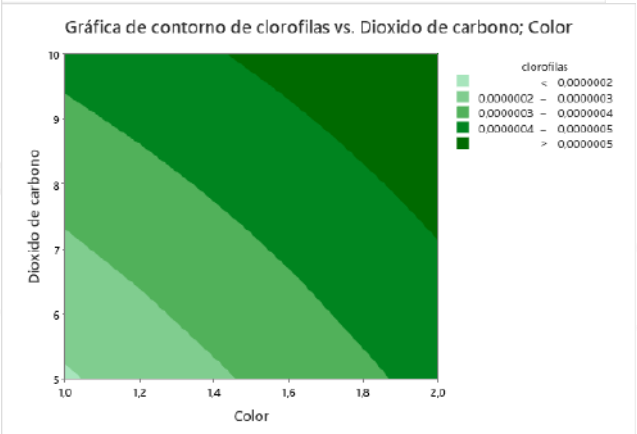


Figura 3. a) *Gráfico de efectos principales para el contenido de clorofila celular y* ***b)*** *Gráfico de contorno de la concentración de clorofila celular en función de la concentración de CO_2 y el color de la luz (donde el eje de "color de la luz" 1 = azul y 2 = violeta con niveles intermedios proporcionales a la adición de luz roja) (Desv. Std. para n=3).*

Además, se generó un diagrama de contraste (Fig. 3b) que muestra el comportamiento de la concentración de clorofila celular en función de la concentración de CO_2 y el color de luz. Se observó que la luz morada (mezcla de luz azul y roja) y una alta intensidad de luz promueven significativamente el crecimiento microbiano y la producción de clorofila.
Para validar los resultados obtenidos en *C. sorokiniana*, se realizó una prueba confirmatoria a nivel matraz en *H. pluvialis* bajo luz roja, debido a su capacidad natural para degradar clorofila y sintetizar astaxantina bajo condiciones de estrés. Se generó una gráfica de concentración (Fig. 4a) donde la concentración máxima de clorofila se obtuvo a las 0 h con $1.41x10^{-7}$ µg cel^{-1}. A medida que avanzó el experimento, se observó una disminución en la concentración de clorofila, sugiriendo posibles cambios fisiológicos en el modelo biológico estudiado.

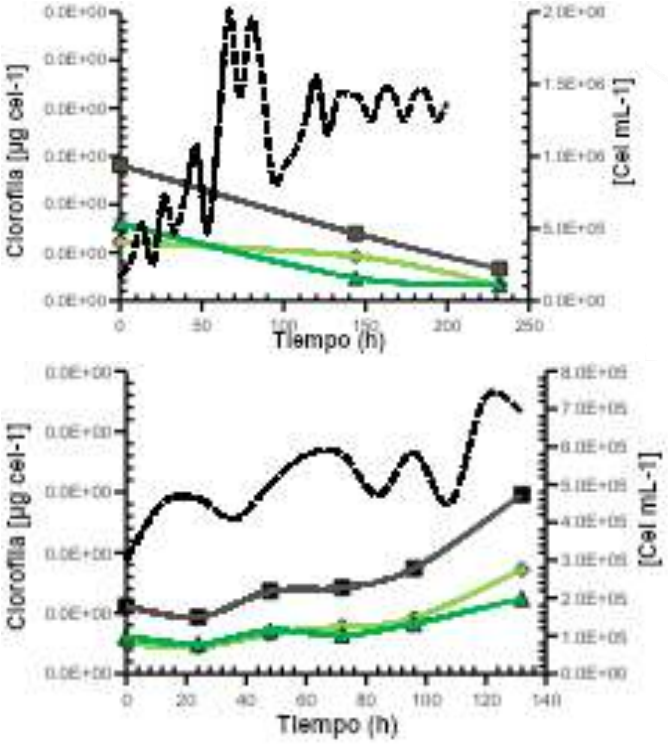


Figura 4. *Concentración de clorofila sobre cinéticas de crecimiento de* ***a)*** *H. pluvialis y* ***b)*** *C. sorokiniana (Donde ♦: Clorofila a; ▲: Clorofila b; ■: Clorofilas totales) (Desv. Std. para n=3).*

En cuanto a la composición de clorofilas a y b, se realizó el análisis para el tratamiento con mayor producción en *C. sorokiniana* (C_1, P, I_2) (Fig. 4b). A diferencia de *H. pluvialis*, la producción de clorofilas mostró un aumento constante durante el periodo de experimentación, concentrándose en la fase exponencial. Inicialmente, la proporción de clorofila a fue menor que la de clorofila b, pero esta proporción se invirtió a las 50 horas, con una mayor tasa de producción de clorofila a. El análisis comparativo entre *C. sorokiniana* y *H. pluvialis* permitió observar diferencias significativas en la dinámica de

producción de clorofila. Mientras *C. sorokiniana* mostró un aumento continuo bajo condiciones específicas, *H. pluvialis* redujo la producción de clorofila en respuesta al estrés, lo que refuerza la selectividad del método y su aplicabilidad en el análisis de microalgas con comportamientos fisiológicos diversos.

CONCLUSIONES. El control de los factores concentración de CO2, concentración de nitrógeno, color e intensidad de luz promueve tanto el crecimiento celular como la producción de clorofilas a y b en C. sorokiniana. En orden de mayor a menor efecto sobre el crecimiento celular, los factores fueron: color de luz morada (M), nivel bajo de concentración de CO2 (C1) y nivel alto de intensidad de luz (I2). La evaluación de clorofilas a, b y totales resulta ser un método eficaz para el análisis de estrés fisiológico en microalgas, ya que permite detectar cambios en su estado bajo diferentes condiciones experimentales.

AGRADECIMIENTOS. Se agradece al D. En C. Julio César Jacuinde-Ruíz y al D. En C. Juan Carlos González-Hernández por su apoyo durante la realización de este proyecto, al igual que a los donativos parciales del TecNM de la Convocatoria 2023 Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (**16898.23-P**), para los Institutos Tecnológicos Federales y El Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (**FCCHTI23_ME-4.1.-0001**).

REFERENCIAS.

1. Mansilla A y Alveal K. (s. f.). Generalidades sobre las macroalgas. Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. pp. 347-359. http://recursosbiblio.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/BioMarina/12.pdf
2. Mota GF, De Sousa IG, De Oliveira ALB, Cavalcante ALG, Da Silva Moreira KM, Cavalcante FTT, Da Silva Souza JE, De Aguiar Falcão ÍRF, Rocha TGR., Valério RBR, De Carvalho SCF, Neto FS, De França Serpa J, De Lima RKC, De Souza MCM y Santos JCD. (2022). Biodiesel production from microalgae using lipase-based catalysts: Current challenges and prospects. Algal Research, 62, 102616. https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102616
3. Pérez-Gálvez A, Viera I y Roca M. (2020). Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. Antioxidants, 9(6), 505. https://doi.org/10.3390/antiox9060505
4. Bischoff HW y Bold HC. (1963). Phycological Studies IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species. U. Texas Pub. No. 6318. – adapted for CCAP
5. Arredondo BO. (2017). Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., México. http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/1403
6. Ribeiro DM, de Oliveira NN, Marques OGB y Fonseca GG. (2015). Kinetics of Chlorella sorokiniana in different growth media. Sociedad Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal, 5.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324104

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA ACTIVIDAD BACTERICIDA DE EXTRACTOS INTRACELULARES DE LA MICROALGA Chlorella sorokiniana A NIVEL FOTOBIORREACTOR

María Fernanda Sandoval-Sánchez[1], Cristina Mondragón Díaz-Barriga[2], Julio César Jacuinde-Ruíz[3], Juan Carlos González-Hernández [4]*

1Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21121041@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21121028@morelia.tecnm.mx

3Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

*4*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: microalga, actividad bactericida, Taguchi

RESUMEN. Chlorella sorokiniana es una microalga conocida por su rápido crecimiento y alto contenido de compuestos bioactivos, con aplicaciones en biotecnología, biocombustibles, suplementos nutricionales y compuestos farmacéuticos. Los extractos de C. sorokiniana han mostrado propiedades bactericidas, lo que sugiere su potencial en la lucha contra infecciones bacterianas. El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de los factores de agitación, color de luz y fotoperiodo en nivel alto, medio y bajo para cuantificar su actividad bactericida utilizando un diseño experimental de Taguchi L9. Las cinéticas se realizaron en un fotobiorreactor, empleando un volumen de 7.0 L de medio, concentración inicial de 3x106 células mL-1 y concentración 1.39 g L-1. Los resultados indican que bajo condiciones de 100 rpm y fotoperiodo de 8 h de luz roja se alcanza un crecimiento de hasta 5.4x107 células mL-1, un consumo de hasta 58% de nitratos iniciales y halos de inhibición de actividad bactericida de hasta 5 mm para Escherichia coli y Staphylcoccus aureus para los extractos intracelulares obtenidos a las 48 h. A partir de los resultados experimentales se concluye parcialmente que el control de los factores de crecimiento incrementa el crecimiento celular y la actividad bactericida de extractos intracelulares de C. sorokiniana.

INTRODUCCIÓN. Las microalgas, como organismos fotosintéticos unicelulares, juegan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos, produciendo oxígeno y actuando como base de la cadena alimentaria. Su capacidad para sintetizar diversos compuestos bioactivos ha captado el interés de la comunidad científica, especialmente la familia Chlorellaceae, donde C. sorokiniana destaca por su adaptabilidad y rápida tasa de crecimiento [1, 2]. Esta microalga se caracteriza por una composición rica en proteínas (50% de su peso seco), lípidos (20%) y carbohidratos (30%), junto con pigmentos como clorofilas y carotenoides que le confieren propiedades antioxidantes y bactericidas [3,4]. Una investigación previa se centró en identificar terpenos y flavonoides en los extractos metanólicos de C. sorokiniana, mostrando una notable inhibición de E. coli, además, se han llevado a cabo otros estudios han analizado diferentes cepas de esta microalga, particularmente la cepa UKM8 presentó la mayor actividad bactericida con halos hasta de 14 mm aproximadamente frente S. aureus

[5,6]. Estas investigaciones no solo subrayan el potencial de C. sorokiniana como agente bactericida, sino también de acuerdo a su composición resulta ser de gran utilidad en la producción de biofertilizantes, biocombustibles o incluso en la biorremediación, además de su potencial en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética [1]. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de los factores de crecimiento de color de luz, fotoperiodo y velocidad de agitación en nivel alto, medio y bajo a través de un diseño experimental de Taguchi L9 sobre el crecimiento celular y la actividad bactericida del extracto intracelular para la microalga C. sorokiniana a nivel fotobiorreactor.

MATERIALES Y MÉTODOS. La cepa de C. sorokiniana CIB50 fue obtenida del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. La Paz, Baja California Sur, México. La obtención de inoculo se realizó en medio 3N-BBM-V (CCAP) y se mantuvo durante 21 días a temperatura ambiente, fotoperiodos de 16 h de luz roja y agitación manual cada 24 h. Posteriormente mediante un diseño de experimentos Taguchi L9 se establecieron los factores y niveles a evaluar como se muestra en la Tabla 1, a partir de ello se obtuvieron 9 tratamientos los cuales se pueden observar en la Tabla 2.

Factores	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Fotoperiodo (h)	F_1	F_2	F_3
Agitación (rpm)	A_1	A_2	A_3
Color de luz	Roja	Azul	Morada

Tabla 1. *Factores a evaluar en tres niveles diferentes de acuerdo al diseño experimental Taguchi* L_9.

Tratamiento	Luz	Fotoperiodo (h)	Agitación (rpm)
1	Roja	8	100
2	Roja	12	200
3	Roja	16	300
4	Azul	8	200
5	Azul	12	300
6	Azul	16	100
7	Morada	8	300
8	Morada	12	100
9	Morada	16	200

Tabla 2. *Condiciones a evaluar del diseño de experimentos Taguchi* L_9.

Cada tratamiento se llevó a cabo en un fotobiorreactor con un volumen útil de 7 L, en medio 3N-BBM-V (CCAP) y concentraciones iniciales de $3x10^6$ células mL^{-1} y 3.9 g $NaNO_3$ L^{-1}, cada 24 h se adicionó CO_2 a un flujo de 2 ft^3 h^{-1} durante 20 segundos y todos los tratamientos tuvieron una duración de 120 h. Se realizó el monitoreo de los parámetros de crecimiento celular por cámara de Neubauer, consumo de nitrato por método espectrofotométrico cada 8 horas y pH por método potenciométrico cada 24 h [7,8]; finalmente, la actividad bactericida se determinó a través del método de Kirby-Bauer mediante las muestras obtenidas cada 24 h para cada tratamiento sobre *Escherichia coli* y *Staphylococus aureus* [9]. Al finalizar cada tratamiento, se determinaron las constantes de crecimiento microbiano de velocidad específica de crecimiento (μ h^{-1}), velocidad de división

(δ h^{-1}), tiempo de duplicación (t_d h) y rendimiento biomasa-sustrato ($Y_{X/S}$ g biomasa g^{-1} $NaNO_3$).

RESULTADOS. Hasta el momento, se han llevado a cabo los primeros tres tratamientos que se muestran en la Tabla 2. Se observó que el tratamiento con un fotoperiodo de 16 h de luz, agitación a 300 rpm y luz roja tuvo las mejores respuestas en las variables de interés. Bajo estas condiciones el mayor crecimiento celular se registró a las 72 h, con una concentración de 150x106 células mL-1 como se ilustra en la Figura 1, la fase de latencia se mantuvo durante las primeras 24 horas, mientras que la fase exponencial inició a las 24 h y se extendió hasta las 72 h, seguida por una fase estacionaria que perduró hasta las 120 h.

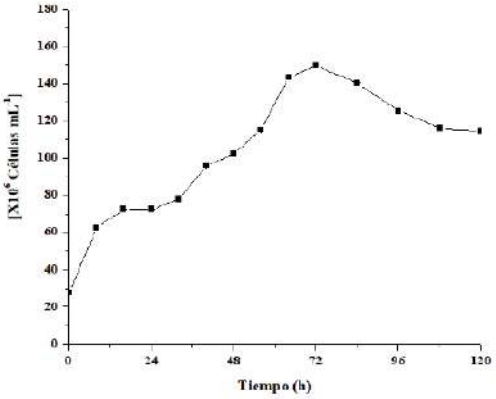


Figura 1. *Crecimiento celular para el tratamiento 3 bajo condiciones de fotoperiodo de 16 h de luz roja y velocidad de agitación de 300 rpm para C. sorokiniana (Desv. Std. para n=3).*

El monitoreo del pH indicó que, a pesar de las inyecciones de CO_2 cada 24 h, el medio no se acidificó, ya que el pH se mantuvo entre 6 y 6.3, dicho parámetro de encuentra dentro del intervalo recomendado para el crecimiento de *C. sorokiniana* (6.5-7.5) [2,4], como se muestra en la Figura 2, asimismo el consumo de nitrato por la microalga durante las 120 h de experimentación fue del orden de 44%, dicho valor es similar al obtenido en los tratamientos 1 y 2.

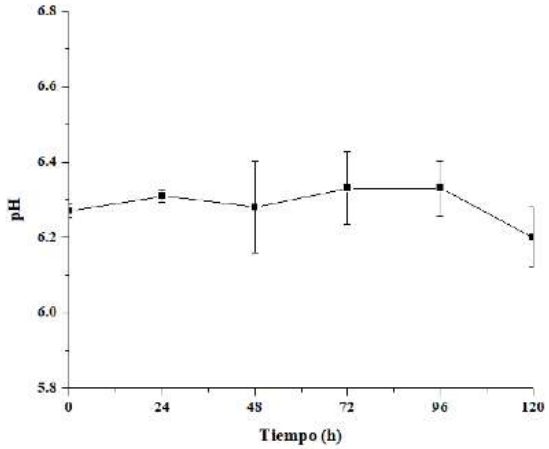


Figura 2. *Evaluación del pH para el tratamiento 3 bajo condiciones de fotoperiodo de 16 h de luz roja y velocidad de agitación de 300 rpm para C. sorokiniana (Desv. Std. para n=3).*

La actividad bactericida de los extractos intracelulares de la microalga obtenidos cada 24 h mostraron mayor efectividad en este tratamiento respecto a los tratamientos 1 y 2. Particularmente la actividad bactericida sobre *E. coli*, se observó en la muestra de la hora 72 h, con un diámetro de inhibición de 11 mm (Figura 3); para el caso de *S. aureus*, el diámetro de inhibición fue menor, alcanzando un halo inhibitorio de 9.25 mm para la muestra de la hora 24, dicho halos fueron menores en el orden de 35% y 46% respectivamente en comparación con el halo inhibitorio cuantificado para el control positivo (Eritromicina 3 mg mL^{-1}).

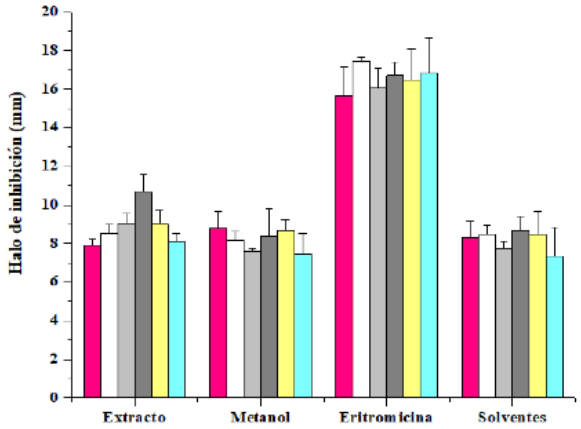


Figura 3. *Evaluación de la actividad bactericida para los extractos intracelulares de C. sorokiniana del tratamiento 3 bajo condiciones de fotoperiodo de 16 h de luz roja y agitación de 300 rpm sobre E. coli a las 24 h (□Hora 0, Hora 24,□Hora 48, □Hora 72,□Hora 96, □Hora 120) (Desv. Std. para n=3).*

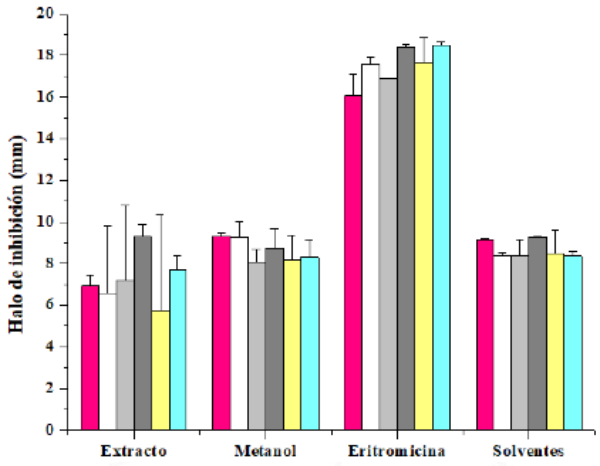


Figura 4. *Evaluación de la actividad bactericida para los extractos intracelulares de C. sorokiniana del tratamiento 3 bajo condiciones de fotoperiodo de 16 h de luz roja y agitación de 300 rpm sobre S. aureus a las 24 h (□Hora 0, Hora 24,□Hora 48, □Hora 72,□Hora 96, □Hora 120) (Desv. Std. para n=3).*

Finalmente, los parámetros cinéticos de crecimiento microbiano para el tratamiento 3 fueron significativamente mejores que los obtenidos para los tratamientos 1 (fotoperiodo de 8 h de luz roja y agitación de 100 rpm) y 2 (fotoperiodo de 12 h de luz roja y agitación de 200 rpm); para μ se obtuvo un valor de 0.023 h^{-1} con un t_d de 30.259 h y δ de 0.033 h^{-1}; asimismo, para el rendimiento $Y_{BM/S}$ se obtuvo un valor de hasta 1.191 g Biomasa g^{-1} $NaNO_3$.

CONCLUSIONES. Se concluye parcialmente que los factores de crecimiento evaluados de color de luz, fotoperiodo y agitación tienen efecto positivo sobre el crecimiento celular y la actividad bactericida de los extractos intracelulares para la microalga C. sorokiniana; sin embargo, es necesario continuar evaluando los tratamientos faltantes para determinar las mejores condiciones para crecimiento celular y actividad bactericida.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecen los donativos parciales del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo **(FCCHTI23_ME-4.1.-0001)**. A cargo del **D. En C. Juan Carlos González-Hernández** jefe de grupo de Laboratorio de Bioquímica donde se desarrolla la presente investigación.

REFERENCIAS.

1. De Andrade CJ y De Andrade LM. (2017). An overview on the application of genus Chlorella in biotechnological processes. Journal of Advanced Research in Biotechnology, vol. 2, no. 1, pp. 1-9. https://doi.org/10.15226/2475-4714/2/1/00117
2. Ziganshina EE, Bulynina SS y Ziganshin AM. (2022). Growth characteristics of Chlorella sorokiniana in a photobioreactor during the utilization of different forms of nitrogen at various temperatures. Plants, vol.11, no. 8, pp. 1086. https://doi.org/10.3390/plants11081086
3. Abdu M, Saad MG y Shafik HM. (2019). Phytochemical screening and antimicrobial activities of some green algae from Egypt. Journal of Medicinal Plants Studies, vol. 7, no. 3, pp. 12-16.
4. Kumar K, Dasgupta CN y Das D. (2014). Cell growth kinetics of Chlorella sorokiniana and nutritional values of its biomass. Bioresource Technology, vol. 167, pp. 358-366. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.118
5. Lloyd C, Wong MWK, Sin LJ, Manickavasagam PP, Gunasekaran S, Yue SR y Girija AS. (2023). Antimicrobial potential of Chlorella sorokiniana on MRSA-An in vitro study and an in silico analysis on ClpP protease. Journal of King Saud University-Science, vol. 35, no. 5. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102668
6. Shaima AF, Yasin NHM, Ibrahim N, Takriff MS, Gunasekaran D y Ismaeel MY. (2022). Unveiling antimicrobial activity of microalgae Chlorella sorokiniana (UKM2), Chlorella sp. (UKM8) and Scenedesmus sp. (UKM9).
7. Baird R y Bridgewater L. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater (23.a ed.) Washington D.C., American Public Health Association. https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.002
8. Camacho-Fernández C, Herváz D, Rivas-Sendra A, Marín MP y Seguí-Simarro JM. (2018). Comparison of six different methods to calculate cell densities. Plant Methods, vol. 14, no. 1. https://doi.org/10.1186/s13007-018-0297-4
9. Hudzicki J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. American Society for Microbiology, vol. 15, no.1, pp. 1-23. https://www.asmscience.org/content/education/protocol/protocol.3189

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324106

ACTIVIDAD LIPÁSICA EXTRACELAR A NIVEL MATRAZ MEDIANTE DISEÑO PLACKET-BURMAN EN LA MICROALGA *Chlorella sorokiniana*

Julian Urbina Guillen[1], Daniela Cedeño Castillo[2], Julio César Jacuinde Ruíz[3], Juan Carlos González Hernández[4]*

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l20120931@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l20120837@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

4 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: C. sorokiniana, actividad lipásica, fuente de nitrógeno.

RESUMEN. C. sorokiniana es una microalga reconocida por sus diversas aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y ambiental. Sin embargo, la bioprospección en la producción de enzimas extracelulares no ha sido ampliamente estudiado. La investigación tiene como objetivo optimizar el crecimiento de C. sorokiniana y su produccion de lipasas extracelulares mediante la implementación de un diseño experimental de cribado tipo Placket-Burman, evaluando el impacto de factores de crecimiento (temperatura, fotoperiodo) y nutricionales (fuente de nitrógeno) cada uno con dos niveles (alto y bajo). Se calcularon las constantes cinéticas de crecimiento (velocidad máxima de crecimiento (μ), tiempo de duplicación (td) y velocidad especifica de crecimiento (δ)). Los resultados demostraron que el control de estos factores puede mejorar tanto el crecimiento celular como la actividad lipásica extracelular. Los factores más influyentes para la actividad lipásica fueron la temperatura, la fuente de nitrógeno y los fotoperiodos, en ese orden. Para el crecimiento celular, el orden de influencia fue fotoperiodo, temperatura y fuente de nitrógeno. La producción de biomasa alcanzó hasta 521.5 x 10^6 células mL^{-1} a las 128 horas bajo condiciones de alta temperatura y fotoperiodo, y baja concentración de nitrógeno, con constantes cinéticas de crecimiento de $\mu = 0.022\ h^{-1}$, $\delta = 0.022\ h^{-1}$, y td = 4.505 h, las cuales superaron a las del control evaluado. Por otro lado, las condiciones que favorecieron la actividad lipásica fueron niveles bajos de temperatura y fotoperiodo, alcanzando aproximadamente 10.16 U mL^{-1} a las 24 horas de cultivo. Por lo que, las condiciones óptimas para promover tanto la actividad lipásica como el crecimiento celular se determinaron en T2 (alta temperatura), F2 (alto fotoperiodo) y N1 (baja concentración de nitrógeno), ya que estas condiciones también mostraron una buena actividad lipásica de hasta 7.171 U mL^{-1} a las 16 horas. Por lo tanto, se puede concluir que los factores evaluados favorecen tanto el crecimiento de biomasa como la actividad lipásica.

INTRODUCCIÓN. Las algas son organismos fotosintéticos que son fundamentales en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Su tamaño varía desde algunas micras hasta varios centímetros y se componen por proteínas, lípidos, carbohidratos, entre otros [1]; se consideran como fuente de nutrientes por su contenido en proteínas, vitaminas y minerales en la alimentación humana y animal, también son fuente importante de ácidos grasos omega-3, vitaminas, antioxidantes y minerales, siendo importante para las industrias

alimentaria y farmacéutica principalmente [2]. Biotecnológicamente las microalgas tienen gran potencial en la producción de biocombustibles, debido se pueden utilizar como fuente de energía renovable, por lo cual pueden considerarse como una alternativa para disminuir las emisiones de efecto invernadero [3]; particularmente en la industria farmacéutica, se ha observado que fármacos en los cueles el ingrediente activo proviene de microalgas aceleran la cicatrización, por otro lado, en la industria alimentaria, se utilizan como base en alimentación animal, suplementos alimenticios y nutracéuticos [4,5]. En particular, C. sorokiniana es una microalga con un alto potencial biotecnológico debido a su capacidad de adaptación, rápido crecimiento y valiosa composición nutrimental que puede variar según las condiciones de crecimiento. Además, tiene la capacidad de sintetizar enzimas extracelulares de interés comercial e industrial, aunque estas no han sido completamente estudiadas. Por ello, es necesario continuar desarrollando investigaciones que permitan un aprovechamiento integral de los productos y subproductos que genera [1]. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura, el fotoperiodo y la concentración de nitrógeno en el crecimiento de C. sorokiniana y su actividad lipásica. Para ello, se empleó un diseño de experimentos de cribado tipo Plackett-Burman, utilizando dos niveles para cada factor (alto y bajo). Además, se calcularon las constantes cinéticas de crecimiento, incluyendo la velocidad máxima de crecimiento (μ), el tiempo de duplicación (td) y la velocidad específica de crecimiento (δ).

ANTECEDENTES. Holdman et al., (2018) evaluaron el efecto de los fotoperiodos de 24, 16 y 12 horas de luz sobre el crecimiento de C. sorokiniana manteniendo la intensidad lumínica similar en los tres casos. Reportaron que se obtuvo mayor crecimiento de C. sorokiniana utilizando un fotoperiodo de 24 horas de luz [6]. Martinez-Corona, et al., (2019) estudiaron el aumento de la actividad lipásica extracelular de Kluyveromyces marxianus usando como inductor aceite de aguacate a distintas concentraciones, reportaron que la actividad lipásica máxima fue a una concentración 3.5% v/v con 3.47 μmol PNF mgproteína-1 min-1 [7]. Toumi et al., (2021) Evaluaron el rendimiento de lípidos totales en *C.sorokiniana* utilizando nitrato de potasio como fuente de nitrógeno, cuyas concentraciones iniciales mostraron diferencias significativas. El mayor rendimiento de lípidos totales (25%), se obtuvo a partir del cultivo con deficiencia de nitrato en el medio (0.3 g L-1), lo que reveló que la falta de nitrógeno disminuye la acumulación de acidos grasos poliinsaturados y aumenta los acidos grasos trans y saturados. [8].

MATERIALES Y MÉTODOS. La cepa de C. sorokiniana con la clave de colección CIB 50 fue obtenida del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y se mantuvo en el Laboratorio de Bioquímica del Instituto Tecnológico de Morelia. El inoculo de C. sorokiniana utilizado se preparó a partir de la adición de 1 ml de microalga en 500 ml de medio Basal Bold 3N-BBM+V [9], para su cultivo, se incubó a temperatura ambiente y fotoperiodo de 12 horas durante 15 días bajo lamparas de luz roja con una intensidad aproximada de 3600 lux y agitación manual cada 24 horas. La fase experimental inicio a partir de establecer un diseño experimentos de cribado Placket-Burman (Tabla 1) en el cual se evaluaron tres factores de crecimiento (temperatura, fotoperiodo y concentración de nitrógeno) con dos niveles para cada uno (niveles alto y bajo) y un punto central para dichos niveles.

Factor	Nivel bajo	Nivel alto	Punto central
Temperatura (°C)	T_1	T_2	T_m
Nitrógeno (g $NaNO_3$ L^{-1})	N_1	N_2	N_m

Fotoperiodo (h)	F_1	F_2	F_m

Tabla 1. *Diseño de Placket-Burman*

A partir del diseño experimental se establecieron 14 pruebas realizadas por duplicado, las cuales con base en la temperatura y fotoperiodo se agruparon en 5 corridas experimentales con duración de 176 horas cada una como se muestra en la Tabla 2, así mismo en todas las corridas experimentales se evaluaron los niveles de concentración de nitrato y se comparó su efecto contra un blanco sin concentración de nitrato adicional.

Corrida	Temperatura (°C)	Fotoperiodo (h)	Nitrógeno (g $NaNO_3$ L^{-1})
1	T_2	F_1	N_1, N_2
2	T_2	F_2	N_1, N_2
3	T_1	F_2	N_1, N_2
4	T_1	F_1	N_1, N_2
5	T_m	F_m	N_m

Tabla 2. *Condiciones de cinética*

Para cada corrida experimental se evaluaron los parámetros de pH [10], conteo celular [9], producción de biomasa [10], consumo de nitrato [10], producción de proteínas [7], producción de lipasas extracelulares [7] y actividad lipásica extracelular [6] cada 8 horas durante las primeras 72 horas y posteriormente cada 12 horas hasta las 176 horas de experimentación. Posteriormente para cada prueba del diseño de experimentos se calcularon las constantes cinéticas de velocidad máxima de crecimiento (μ), tiempo de duplicación (td) y velocidad especifica de crecimiento (δ), así como los rendimientos de producción de biomasa (YB/S) y de lipasas (YP/S) en función del consumo de sustrato. El análisis estadístico del diseño experimental Placket-Burman se realizó en el software estadístico Minitab 19® utilizando como variables de respuesta la producción de proteínas, concentración de lipasas extracelulares y actividad lipásica extracelular [7]. El impacto de cada factor fue evaluado por el análisis de ANOVA con un p-valor < 0.10 [11].

RESULTADOS. A partir de las corridas experimentales mostradas en la Tabla 2, en la Figura 1 se muestra el comportamiento del crecimiento celular de las 5 corridas experimentales con C. sorokiniana. La fase de adaptación tuvo una duración aproximada de 24 horas para todas las pruebas, fue aquí donde las células de C. sorokiniana se adaptaban al nuevo medio de cultivo preparándose para la división celular, seguida de la fase exponencial que se prolongó en promedio durante 92 horas, la corrida 2 en excepción presentó una fase exponencial más extendida durando hasta las 128 horas bajo las condiciones de T2, F2, N1 y N2. La fase estacionaria se empezó a observar entre las 92 y 96 horas para todas las pruebas y se mantuvo hasta las 176 horas de duración de la cinética, nuevamente, a excepción de la corrida 2, donde la fase estacionaria se comenzó a observar a partir de la hora 130 apreciándose hasta las 176 horas de duración. A partir de lo observado, en la corrida 2 (F2, T2 N1 y N2) se cuantifico un crecimiento de hasta 403x106 células mL-1 al tiempo de 130 horas dicho resultado fue mucho mayor en comparación de las demás corridas experimentales. Particularmente para la corrida 2 se observa que la adición del nitrato incrementa en el orden de 6% el crecimiento celular respecto al blanco, el cual no fue enriquecido con nitrato adicional; así mismo se observó un crecimiento de hasta 403x106 células mL-1 para la prueba enriquecida con una concentración de N1 en un tiempo de 160 h y para la prueba con una concentración de N2 se tuvo un crecimiento celular de hasta 401x106 células mL-1 en un tiempo de 128 horas, debido a que el

crecimiento celular obtenido para ambos niveles de concentración de nitrato es muy similar, se recomienda utilizar la concentración de N1.

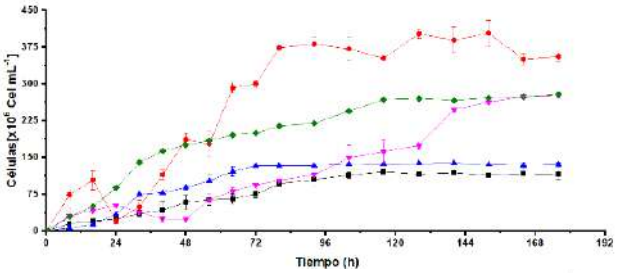


Figura 1. *Monitoreo de crecimiento celular de C. sorokiniana para las cinco corridas evaluadas, (Donde: ■ Corrida 1; ● Corrida 2; ▲ Corrida 3; ▼ Corrida 4; ◆ Corrida 5) (Dsv. Std. Para n=3).*

En la Fig. 2, se muestra el consumo de nitrato para la corrida 4 para las concentraciones de nitrato N_1 y N_2, la variación de contenido de nitrato no representó diferencia significativa entre las distintas condiciones manejadas en esta investigación. El consumo para la concentración alta fue en el orden de 33%, mientras que para la concentración baja fue en el orden de 17% mientras que el consumo para el blanco, el cual tiene una concentración menor que N_1 fue de 56%; comparando con el gráfico de crecimiento celular (Figura 1) se puede observar que la concentración alta de nitrógeno tiene el mismo efecto que la concentración baja de este nutriente, sin embargo, en el blanco si se observó que el crecimiento fue menor debido a la limitante disponibilidad de nitrato. La producción de proteína también se ve influenciada por una adición de nitrato de sodio al medio, pues se proporciona una mayor cantidad de nitrógeno el cual es elemental para la síntesis de los aminoácidos, los cuales son los bloques de construcción para las proteínas, así mismo, una menor concentración de nitrógeno (N_1) significa un mejor aprovechamiento de los nutrientes y a su vez una mayor producción de proteína total. Por su parte la actividad lipásica es un poco de lo mismo, pues las lipasas al ser una enzima están constituidas por proteínas por lo que una mayor disponibilidad de nitrógeno puede aumentar su producción.

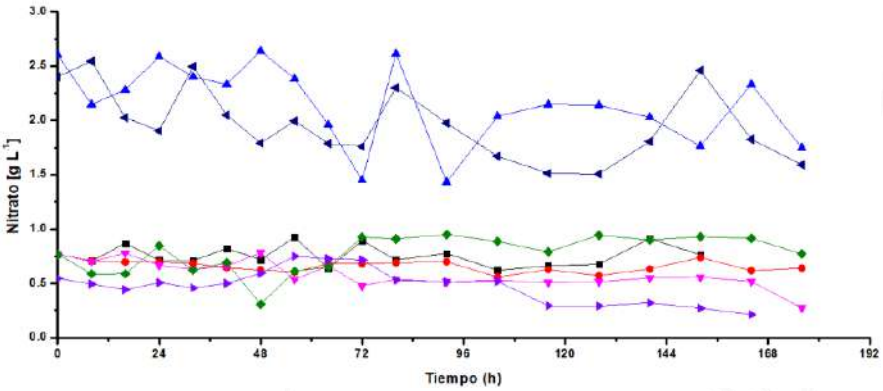


Figura 2. *Monitoreo de consumo de nitrato de C. sorokiniana para la corrida 2 de cultivo (T_2, F_2, N_1 y N_2) (Donde: ■ Prueba 1; ● Prueba 4; ▲ Prueba 6; ▼ Prueba 15; ◆ Prueba 18; ◄ Prueba 20; ► Prueba Blanco) (Dsv. Std. Para n=3).*

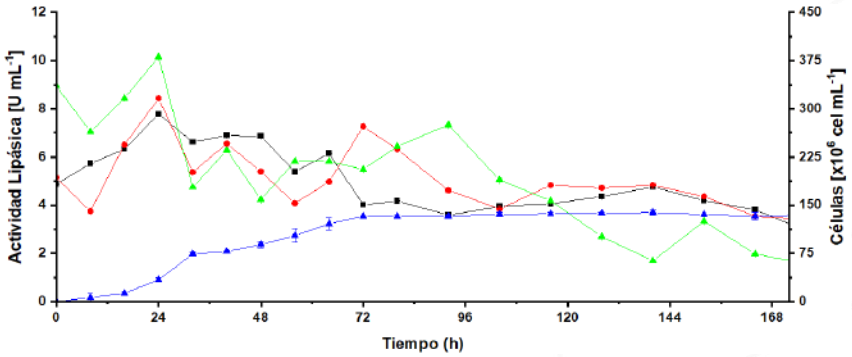


Figura 3. *Cuantificación de actividad lipásica de C. sorokiniana para la corrida 3 en comparación con su crecimiento celular (T_1, F_1, N_1 y N_2) (Donde: ■ N_1; ● N_2; ▲ Blanco; ■ Conteo Celular) (Dsv. Std. Para n=3).*

Como se observa en la Fig. 3, existe una correlación entre el crecimiento celular, la concentración de nitrógeno en el medio y la actividad lipásica, donde se observa una disminución en el número de células nuevas de la corrida 3, alcanzando un máximo de $139x10^6$ células mL^{-1} a las 144 h, siendo esta la que presenta los resultados más bajos en comparación con las corridas 2 y 5. Sin embargo, muestra un aumento significativo en la concentración de la actividad lipásica alcanzando 10.16 U mL^{-1} a las 24 h. Dicha actividad puede atribuirse a que las condiciones ambientales del medio, con niveles bajos de temperatura y fotoperiodo (T1 y F1), indujeron estrés en la microalga, resultando en un crecimiento rápido pero limitado, que posteriormente se mantuvo lineal. Durante la fase exponencial, hubo un mantenimiento de la degradación de lípidos para la eliminación de ácidos grasos libres dañinos originados por la degradación de proteínas aciladas en estado de estrés, lo que explica los picos altos en la actividad lipásica en las horas iniciales [12]. Durante la fase de adaptación, los triglicéridos almacenados tienden a degradarse para suministrar ácidos grasos a las células precursoras de carbono, necesarios para la síntesis de la membrana celular [12]. Sin embargo, este proceso ocurre de manera más eficiente durante la recuperación de nitrógeno en el medio, lo que explica los mejores resultados observados en las condiciones altas de nitrógeno (N2) en comparación con las bajas (N1) en la corrida 3.

Corrida	Temperatura (°C)	Fotoperiodo (h)	Nitrato (g L^{-1})	μ (h^{-1})	δ (h^{-1})	t_d (h)	$Y_{B/S}$ (g m^{-2} d^{-1})	$Y_{P/S}$ (U mL^{-1})
1	37	8	2.524 0.305	0.0052 0.0041	0.1681 0.1614	5.9505 6.1967	0.2055 1.3414	0.0106 0.0195
2	37	16	2.524 0.305	0.0211 0.0211	0.2197 0.2197	4.5510 4.5525	3.0784 5.6195	0.0192 0.0694
3	23	8	2.524 0.305	0.0098 0.0098	0.1864 0.1881	5.3658 5.3187	1.6256 2.1649	0.0012 0.0310
4	23	16	2.524 0.305	0.0059 0.0067	0.1715 0.1755	5.8336 5.6978	0.6168 1.92	0.0386 0.0761
5	30	12	1.424	0.0068	0.1758	5.6891	0.8582	0.0020

Tabla 3. *Constantes cinéticas calculadas para las pruebas de la corrida 2.*

En la Tabla 3 se presentan las constantes cinéticas de crecimiento para *C. sorokiniana*, obtenidas al promediar las corridas realizadas bajo condiciones similares. Se puede observar que los mejores parámetros cinéticos se alcanzaron en la corrida 2, bajo las condiciones específicas de T_2, F_2, N_1 y N_2, en comparación con las demás corridas evaluadas. Es importante destacar que, aunque la concentración de N_1 en la corrida 2 arrojo resultados similares en las constantes cinéticas, se logró un mejor rendimiento en la producción de biomasa ($Y_{B/S}$). Este resultado sugiere un aprovechamiento más eficiente de la fuente de nitrógeno, lo cual favorece el crecimiento microbiano y aumenta la actividad lipásica. A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que el crecimiento microbiano de *C. sorokiniana* mostró un aumento significativo bajo las condiciones experimentales de la corrida 2 (T_2, F_2 y N_1). En esta corrida, se alcanzaron valores de hasta $403x10^6$ células mL^{-1} y una actividad lipásica de hasta 8 U mL^{-1}. Además, se obtuvieron los mejores resultados para el tiempo de duplicación (t_d) y el rendimiento en la producción de biomasa ($Y_{B/S}$), con valores de 4.5525 h y 5.6195 g m^{-2} d^{-1}, respectivamente. En contraste, la actividad lipásica fue mayor en la corrida 3, bajo las condiciones de T_1, F_1 y N_1. En estas condiciones, se alcanzó un crecimiento celular máximo de $153.5x10^6$ células mL^{-1}, lo cual es significativamente inferior en comparación con la corrida 2. Sin embargo, la actividad lipásica en la corrida 3 alcanzó un valor máximo de 16 U mL^{-1}, el doble de lo obtenido en la corrida 2. Las constantes cinéticas para la corrida 3 mostraron un tiempo de duplicación (t_d) de 5.3187 h y un rendimiento en la producción de biomasa ($Y_{B/S}$) de 2.1649 g m^{-2} d^{-1}. Esto indica que, bajo las condiciones evaluadas en la corrida 3, las células tardan más tiempo en duplicarse, lo que resulta en un menor rendimiento en la producción de biomasa.

En la Fig. 4 se muestra el diagrama de Pareto para el crecimiento celular, en el cual se observa que el factor de mayor influencia sobre el crecimiento fue el fotoperiodo, seguido de temperatura y finalmente nitrógeno, a partir de los resultados del diagrama de Pareto se realizó un gráfico de superficie de respuesta en el cual se evalúan los niveles de los dos factores de mayor impacto sobre el crecimiento celular como se muestra en la Fig. 5, donde los niveles T_2 de temperatura y F_2 de fotoperiodo tienen un mayor efecto sobre el crecimiento microbiano, condiciones similares a la corrida 2 en donde se observó un crecimiento de hasta 403x106 Células mL^{-1} durante las primeras 130 horas de crecimiento para *C. sorokiniana.*

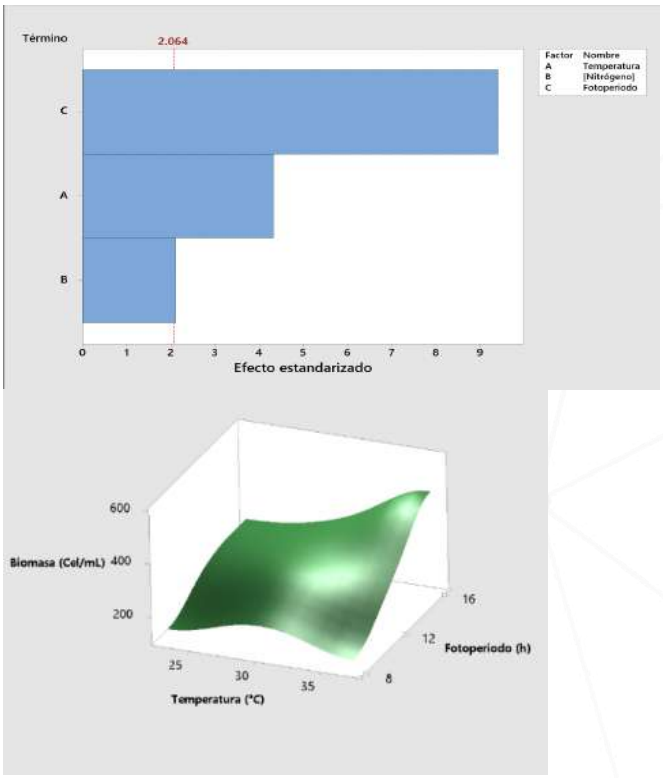


Figura 4.- *Diagrama de Pareto de C. sorokiniana para el efecto de los factores evaluados sobre el crecimiento celular (Dsv. Std. Para n=3).*
Figura 5*.- Gráfica de superficie de respuesta para el crecimiento celular de C. sorokiniana bajo las distintas condiciones de crecimiento evaluadas (Dsv. Std. Para n=3).*

CONCLUSIONES. El control de los factores de temperatura, fotoperiodo y concentración de nitrógeno promueven el crecimiento microbiano y la actividad lipásica de C. sorokiniana; así mismo, las concentraciones de nitrato N1 y N2 presentaron el mismo efecto sobre el crecimiento de biomasa y la actividad lipásica; por lo tanto, las mejores condiciones de crecimiento y actividad lipásica para C. sorokiniana fueron T2, F2, N1.

REFERENCIAS.

1. Gouveia, L., & Oliveira, A. C. (2009). Microalgae as a raw material for biofuels production. Journal of Industrial Microbiology & https://doi.org/10.1007/s10295-008-0495-6
2. Ortiz Moreno M. L. (2011). Evaluación del crecimiento de la microalga Chlorella sorokiniana en diferentes medios de cultivo en condiciones autotróficas y mesotróficas. Orinoquia, vol.16 núm. pp. 11-20 Universidad de los Llanos. https://www.redalyc.org/pdf/896/89625076002.pdf
3. Moheimani, N. R., Borowitzka, M. A., Isdepsky, A., & Sing, S. F. (2012). Standard methods for measuring growth of algae and their composition. En Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5479-9_16
4. Abalde J. (1995). Microalgas: cultivo y aplicaciones. Laboratorio de microbiología departamento de biología celular y molecular facultad de ciencias Universidad de la coruña. https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497695
5. Bolaños-Martínez, O. C., Mahendran, G., Rosales-Mendoza, S., & Vimolmangkang, S. (2022). Current status and perspective on the use of viral-based vectors in eukaryotic microalgae. Marine Drugs,
6. Holdmann, C., Schmid-Staiger, U., Hornstein, H., & Hirth, T. (2018). Keeping the light energy constant cultivation of Chlorella sorokiniana at different specific light availabilities and different photoperiods. Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts, 29, 61-70. https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.11.005

7. Martínez Corona, R. (2019). Caracterización bioquímica de las lipasas extracelulares de Kluyveromyces marxianus expresadas en un sistema heterólogo [Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3714
8. Toumi, A., Y Politaeva, N. A. (2021). Impact of the nitrate concentration on the biomass growth and the fatty acid profiles of microalgae Chlorella sorokiniana. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 012026. https://doi.org/10.1088/1755-1315/689/1/012026
9. Niño-Castillo, C. M., Rodríguez-Rivera, F. C., Díaz, L. E., & Lancheros-Díaz, A. G. (2017). Evaluación de las condiciones de crecimiento celular para la producción de astaxantina a patir de la microalga Haematococcus pluvialis. Nova, 15(28), 19-31.
10. Rice, E. W., Bridgewater, L., & American Public Health Association (Eds.). (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 10). Washington, DC: American public health association.
11. Jacuinde-Ruíz, J.C., et al. (2022). Increase in Methane Production Through the Application of Combined Pretreatments on Water Hyacinth Waste. Bioenergy Research. https://doi.org/10.1007/s12155-022-10448-8

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324109

EVALUACIÓN DEL USO DE GLICEROL COMO FUENTE DE CARBONO EN LA PRODUCCIÓN DE POLIHIDROXIALCANOATOS POR PSEUDOMONAS REPTILIVORA B-6BS EN UN BIORREACTOR DE TANQUE AGITADO

Leslie Juliana Olmos-Vargas[1], Wendolyne Monroy-Martínez[2], Ma. del Carmen Chávez-Parga[3], Juan Carlos González-Hernández[4]*

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia; l20120898@morelia.tecnm.mx

División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH; 1400383e@umich.mx

División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH; cparga@umich.mx

**Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia; juan.gh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: Box Behnken, Bioplásticos, Biorreactor.

RESUMEN. La acumulación de plásticos en el medio ambiente es una preocupación creciente debido a su recalcitrancia. Los polihidroxialcanoatos son un tipo de bioplásticos producidos por ciertos microorganismos en respuesta a condiciones de estrés, los cuales son una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la producción de PHA por Pseudomonas reptilivora B-6bs en un biorreactor de tanque agitado utilizando glicerol como fuente de carbono. Se utilizó un diseño de superficie de respuesta tipo Box-Behnken realizado en el programa Statgraphics 18®. El diseño consistió en 15 tratamientos, variando concentración de glicerol (5-15 g/L), volumen de aire (0.4-1.2 VVM), y agitación (300-450 rpm). Las variables de respuesta fueron concentración de PHA (g/L), velocidad específica de crecimiento (h^{-1}) y biomasa. Las mayores constantes cinéticas de crecimiento microbiano fueron μ: 0.2511 h^{-1} para T3, tiempo de duplicación (Td): 6.7120 h para T12, (YX/S): 0.4053 g/g para T11, y (YP/S): 0.1774 g/g en T13. La máxima producción de PHA se logró bajo condiciones de 15 g/L de glicerol, 0.8 VVM y 300 rpm, alcanzando una concentración de 2.589 ± 0.1295 g/L. Se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, el cual reveló que la producción de PHA es significativamente mayor cuando se emplea la concentración máxima de glicerol junto con los límites inferiores de VVM y agitación. La concentración de glicerol tiene un efecto significativo (p: 0.0256) sobre la producción de PHA, lo que confirma que este factor es estadísticamente significativo al ser inferior a 0.05. Las condiciones para maximizar la producción fueron 14.86 g/L de glicerol, 0.4 VVM y 300 rpm, resultando en una producción de 2.282 ± 0.1141 g/L de PHA.

INTRODUCCIÓN. La crisis de los combustibles fósiles ha intensificado la necesidad de buscar y desarrollar sustitutos químicos y materiales alternativos para reducir la dependencia de los plásticos. Uno de los candidatos prometedores en este campo son los polihidroxialcanoatos (PHA). Biopolímeros que pueden ser producidos por microorganismos a partir de diversas fuentes de carbono renovables. La presente investigación se centró en evaluar la producción de PHA por P. reptilivora B-6bs, bacteria capaz de sintetizar estos biopolímeros a partir de glicerol, un subproducto de la industria

del biodiésel. El estudio se llevó a cabo en un biorreactor de tanque agitado y se utilizó un diseño de superficie de respuesta tipo Box-Behnken, realizado en el software Statgraphics 18®. Este diseño experimental incluyó 15 tratamientos con tres factores clave: concentración de glicerol (5-15 g/L), volumen de aire (0.4-1.2 VVM), y agitación (300-450 rpm).

ANTECEDENTES. Oyewole et al., (2024), investigaron la producción de PHA utilizando P. aeruginosa (OL405443) empleando residuos de bagazo de caña de azúcar, el pedúnculo de plátano y el marlo de maíz. El bagazo de caña de azúcar resultó una fuente viable de carbono, logrando la mayor producción de PHA con un rendimiento de 5.86 mg/mL, seguido por el marlo de maíz con 5.29 mg/mL y, finalmente, el pedúnculo de plátano con 3.58 mg/mL. Por otro lado, Rodríguez et. al. (2022) en su investigación, evaluaron la producción de PHA utilizando P. aeruginosa ORA9 en un biorreactor. La máxima acumulación de polihidroxialcanoatos fue de 1.4 g/L, alcanzada durante la fase exponencial de crecimiento microbiano.

OBJETIVO. Analizar el efecto de la agitación, la aireación y la concentración de glicerol como fuente de carbono, en la producción de PHA por *P. reptilivora* B-6bs en un biorreactor de tanque agitado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Establecer el diseño experimental de superficie de respuesta Box Behnken utilizando Statgraphics 18® para la producción de PHA. Evaluar y cuantificar los parámetros de crecimiento bacteriano de *P. reptilivora* B-6bs bajo las condiciones experimentales determinadas en el diseño experimental. Determinar las mejores condiciones de fermentación por medio del análisis estadístico de varianza, para incrementar la producción de PHA.

MATERIALES Y MÉTODOS. La producción de PHA se llevó a cabo utilizando la cepa P. reptilivora B-6bs en un biorreactor de tanque agitado operado bajo distintas condiciones, obtenidas mediante el diseño de superficie de respuesta del tipo Box Behnken con el programa Statgraphics®. El diseño experimental consto de 15 tratamientos experimentales para estudiar el efecto de tres factores: glicerol de 5 a 15 (g/L), el volumen de aire por volumen de medio (VVM) de 0.4 a 1.2 (L/min) y la agitación de 300 a 450 (rpm), las variables de respuesta fueron PHA en (g/L), μ (h-1) y biomasa en (g/L). Durante la fermentación se realizaron muestreos cada 3 h las primeras 12 h, luego cada 6 h por 12 h y después cada 12 h durante 48 h
para realizar las diferentes determinaciones. La cuantificación de la biomasa se realizó mediante la técnica de peso seco y densidad óptica (Coronado et al., 2022; Myers et al., 2013). El contenido de glicerol se cuantifico utilizando el método de Malaprade-Hanztsch, el cual implica la oxidación del glicerol a formaldehído y posterior a esto reacciona con acetilacetona formando un complejo de dihidropiridina producto final de la reacción de Hanztsch, compuesto amarillo medido espectrofotométricamente a λ= 415 nm (Bondioli, 2005). La determinación de concentración de PHA se realizó mediante el método de Law y Slepecky, utilizando ácido sulfúrico al 98%, implica la digestión ácida de las células bacterianas, permitiendo la liberación y cuantificación de los PHA acumulados convirtiéndolos en ácido crotónico para finalmente leer su abs a λ=235 nm. También se calcularon otros parámetros cinéticos como: Td(h), μ(h-1), (YP/S) (g/g) y (YX/S) (g/g),

productividad g/(L*h) y Tδ (h-1). A los resultados experimentales de cada tratamiento se les realizó un análisis estadístico de varianza con 95% de confiabilidad estadística para así, obtener las mejores condiciones de fermentación que permitan aumentar la producción de PHA.

MATRIZ EXPERIMENTAL			
Tratamiento experimental	**Glicerol (g/L)**	**VVM (L/min)**	**Agitación (rpm)**
T1	10	0.8	375
T2	5	0.4	375
T3	15	1.2	375
T4	15	0.4	375
T5	10	0.4	300
T6	10	0.4	450
T7	5	0.8	300
T8	10	0.8	375
T9	10	0.8	375
T10	15	0.8	450
T11	5	1.2	375
T12	15	0.8	300
T13	10	1.2	450
T14	10	1.2	300
T15	5	0.8	450

Tabla 1. *Diseño experimental superficie de respuesta Box-Behnken a nivel biorreactor elaborado con Statgraphics 18®.*

RESULTADOS. A partir de la metodología implementada, se obtuvieron datos que reflejan el impacto de variables. La Fig. 1 revelo el valor maximo de D.O. en T13 con 3.595 para 10 (g/L) de glicerol, 1.2 (L/min) de aireación y 450 (rpm) de agitación, seguido de T3 con 3.502 con condiciones 15 (g/L) de glicerol, 1.2 (L/min) de aireación y 375 (rpm) de agitación. Deduciendo que a mayores valores de glicerol, aireación y agitación mayor D.O.

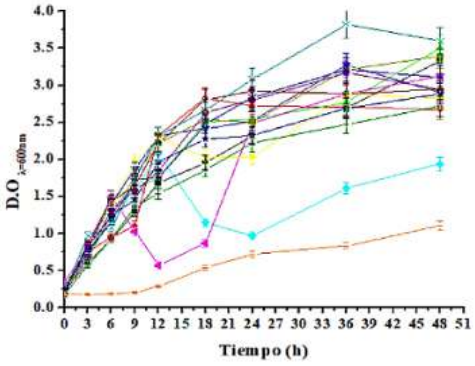


Figura 1. Crecimiento microbiano con la técnica de densidad óptica.

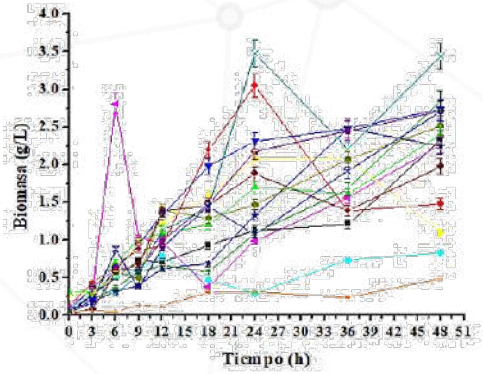


Figura 2. Biomasa por técnica de peso seco

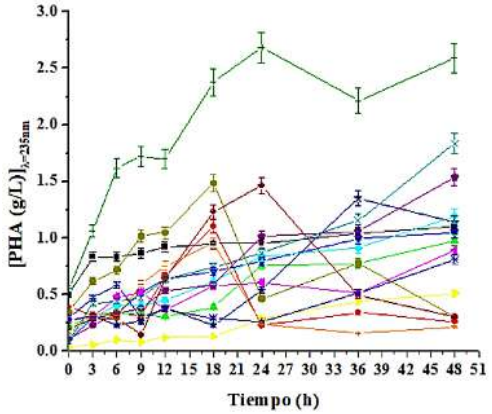


Figura 3. Producción de PHA con la técnica de Law y Slepecky.
(■T1,●T2,▲T3,▼T4,♦T5,◀T6, ▶T7, ⬢T8, ▯T9,⬟T10, ▯T11, |T12, ×T13, ▯T14, – T15).

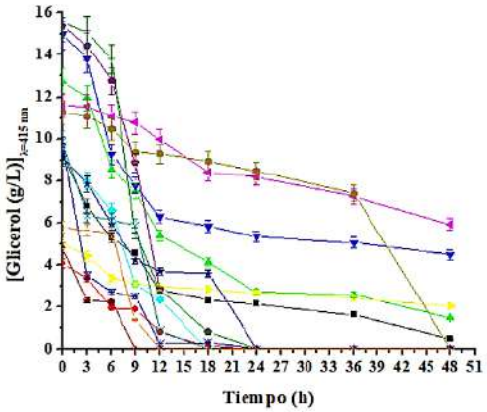


Figura 4. Consumo de glicerol por la técnica de Malaprade-Hanztsch.

Para biomasa se obtuvo que T13 nuevamente presenta el valor máximo de 3.44 g/L y T12 con peso seco de 2.84 g/L, como se puede apreciar en la Fig. 2 resaltando nuevamente el impacto que tiene el glicerol sobre la biomasa. En la Fig. 3 se muestra la concentración de PHA, con mayor producción T12 con 2.589 g/L, seguido de T13 obteniendo 1.835 g/L de PHA esto sugiere una concordancia en las condiciones experimentales y que no solo son adecuadas para el crecimiento celular, sino también para la acumulación de PHA. El consumo de glicerol se agoto en cuando se encontraba en su limite inferior y central y para las concentraciones de glicerol, en su límite superior existía glicerol residual, registrando consumos de 1, 3 y 7 (g/L) de glicerol como se aprecia en la Fig. 4. Para analizar el efecto que tuvieron los 3 factores de estudio sobre la variable de respuesta de interés en este caso la producción de PHA, se realizó su análisis estadístico.

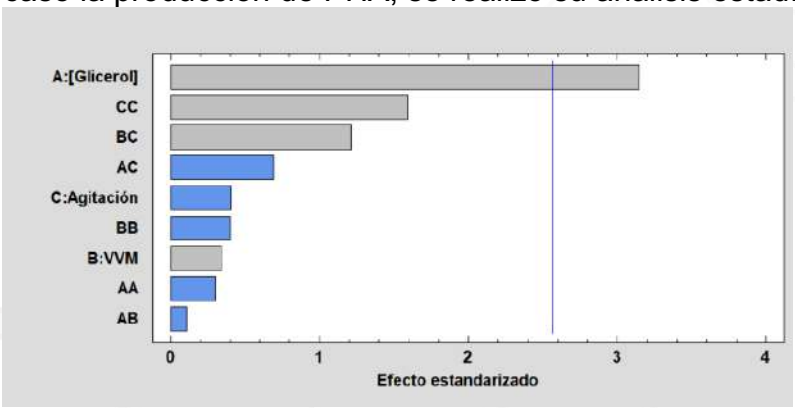


Figura SEQ Figura * ARABIC 5. *Pareto de efectos de los factores de estudio sobre la producción de PHA.*

Obteniendo el diagrama de Pareto que se muestra en la Fig. 5 donde se observa que la variable significativa que tiene mayor impacto sobre la producción de PHA en *P. reptilivora* es la fuente de carbono en este caso glicerol tiene un efecto ya que presenta significancia estadística por obtener un valor *p* menor a 0.05, donde A:

0.0256 como se muestra en la Fig. 5 Esto sugiere que el glicerol no solo es una fuente de carbono eficiente para el crecimiento bacteriano, sino también para la activación de las rutas metabólicas que favorecen la acumulación de PHA. Para obtener una visión más clara de los efectos y determinar si son positivos o negativos para esta variable de estudio, se generó el diagrama de efectos principales.

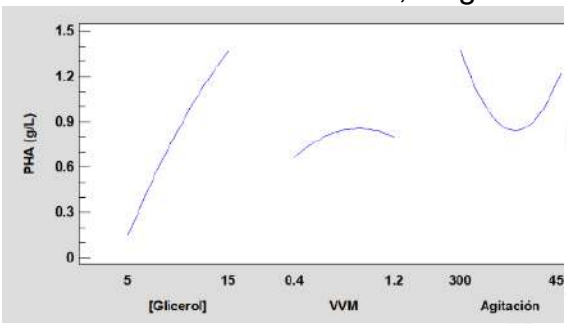


Figura 6. *Gráfico de efectos principales de la producción de PHA de P. reptilivora.*

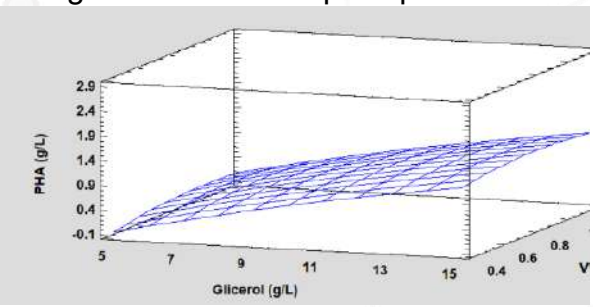


Figura 7. *Gráfico de superficie de respuesta en la producción de PHA por P. reptilivora.*

La Fig.6 muestra que la produccion de PHA se ve favorecida al utilizar mayor cantidad de glicerol, aireacion en su punto medio ya que si el oxígeno es insuficiente, el metabolismo celular puede cambiar, reduciendo la tasa de crecimiento y la producción de PHA y un exceso puede favorecer el crecimiento celular, pero a menudo disminuye la acumulación de PHA porque se prioriza la producción de biomasa en lugar de almacenar PHA como material de reserva y mismo resultado se obtiene para la agitacion en cualquiera de sus limites favorece la producción de PHA. Del analisis estadistico se obtuvo el grafico de superficie de respuesta del cual se puede analizar que una mayor concentracion de glicerol y agitacion en cualquiera de sus limites inferiores y superiores favorece una mayor produccion de PHA como se habia mencionado en el grafico de efectos principales (Fig. 7).

TRATAMIENTO	$\mu(h^{-1})$	$T_d(h)$	$T_\delta(h^{-1})$	$Y_{x/s}(g/g)$	$Y_{p/s}(g/g)$	Productividad g/(L*h)
T1	0.1622	4.2736	0.2340	0.2599	0.0683	0.0228
T2	0.1826	3.7970	0.2634	0.3338	0.0000	0.0054
T3	**0.2511**	2.7608	**0.3622**	0.1864	0.0659	0.0202
T4	0.1896	3.6557	0.2735	0.2542	0.0903	0.0218
T5	0.1591	4.3556	0.2296	0.0828	0.1162	0.0249
T6	0.2452	2.8265	0.3538	0.3818	0.1093	0.0186
T7	0.2164	3.2028	0.3122	0.2829	0.1587	0.0106
T8	0.1720	4.0303	0.2481	0.2275	0.0000	0.0062
T9	0.1233	5.6205	0.1779	0.2417	0.0953	0.0237
T10	0.1481	4.6801	0.2137	0.1718	0.0931	0.0320
T11	0.1481	4.6801	0.2137	**0.4053**	0.0211	0.0063
T12	0.1033	6.7120	0.1490	0.1786	0.1308	**0.0539**
T13	0.1958	3.5399	0.2825	0.3419	**0.1774**	0.0382
T14	0.2292	3.0244	0.3306	0.2760	0.0532	0.0169
T15	0.0845	**8.2047**	0.1219	0.0779	0.0098	0.0044

Tabla 2. *Parámetros cinéticos de todos los tratamientos experimentales.*

La Tabla 2, resalta los parámetros cinéticos de crecimiento microbiano obtenidos en todos los tratamientos experimentales.

CONCLUSIONES. A través del diseño experimental Box-Behnken, se identificaron interacciones significativas entre los factores, demostrando que la concentración de glicerol, la aireación y la agitación son factores clave en la producción de PHA y el crecimiento de biomasa asi como tambien mediante un anaslisis estadistico de varianza se obtuvieron las condiciones de operación para maximizar la producción de PHA en el biorreactor.

AGRADECIMIENTOS. A los donativos parciales del **TecNM de la Convocatoria 2024** Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación **Proyecto 19544.24-P**, para los Institutos Tecnológicos Federales.

REFERENCIAS.

1. Bondioli, P., & Della Bella, L. (2005). An alternative spectrophotometric method for the determination of free glycerol in biodiesel. European Journal of Lipid Science and Technology, DOI: ttps://doi.org/10.1002/ejlt.200401054.
2. Coronado-Reyes, J. A., Acosta-Ramírez, E., Martínez-Olguín, M. V., y González-Hernández, J. C. (2022). Antioxidant Activity and Kinetic Characterization of Chlorella vulgaris Growth under Flask-Level Photoheterotrophic Growth Conditions. Molecules. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules27196346
3. Oyewole, O. A., Abdulmalik, S. U., Abubakar, A. O., Chimbekujwo, K. I., Obafemi, Y. D., Oyegbile, B., Abioye, O. P., Adeniyi, O. D., & Egwim, E. C. (2024). Production of polyhydroxyalkanoate (pha) by pseudomonas aeruginosa (ol405443) using agrowastes as carbon source. Cleaner Materials, 11, 100217. https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100217.
4. Myers, J.A., Curtis, B.S., y Curtis, W.R. (2013) Improving accuracy of cell and chromophore concentration measurements using optical density. BMC biophysics 6: 4. DOI: https://doi.org/10.1186/2046-1682-6-4.
5. Rodríguez, G. O., Ábalos, R. A. & Cabrera, G. J. G. (2022). Producción simultánea de ramnolípidos y polihidroxialcanoatos por Pseudomonas aeruginosa ORA9. Revista Cubana de Química, 34(3), 445-461. E-ISSN: 2224-5421.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324113

SECUESTRO DE CARBONO MEDIANTE BIOCHAR Y SU APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria Sp.*) HIDROPONICA

Fátima Guadalupe Alejo Alonso[1], Carla Cristina Martinez Chávez[2], María Gisela Rios Durán[3],
Sibila Concha Santos[4] y Carlos Antonio Martinez Palacios[5]

1Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal 1726290C@umich.mx

2CARBOLAB carbolab.1@gmail.com

3 Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal gisela.rios@umich.mx

4 Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal sibila.santos@umich.mx

5 Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal cpalacios@umich.mx

Palabras Clave: Biochar, hidroponía, fresas, secuestro de carbono, sostenibilidad agrícola.

RESUMEN. En la actualidad, las actividades agrícolas y el cambio climático generan preocupación por sus impactos ambientales. El uso de biochar, un material carbonizado derivado de la biomasa mediante procesos termoquímicos, ha sido propuesto como una tecnología para mitigar estos efectos. Como enmienda, el biochar mejora la estructura y propiedades del suelo, además de contribuir al secuestro de carbono. En esta investigación, evaluamos su aplicación en el cultivo de fresas en hidroponía. Se utilizó una mezcla de sustratos compuesta por 70% fibra de coco y 30% de peat moss, con cinco tratamientos: un control (T1 CONTROL) y dos aplicaciones de biochar en 25 y 50 g, aplicados al cepellón (T2 AC-25 y T3 AC-50) y mezclados con la fibra de coco y peat moss (T4 MFCP-25 y T5 MFCP-50). Durante seis meses, se midieron las variables más relevantes de la eficiencia agronómica, se monitoreó el pH y la conductividad eléctrica del sistema de riego por goteo y de los lixiviados de cada tratamiento. También se evaluó el rendimiento de la cosecha y el secuestro de carbono. El análisis estadístico reveló que el tratamiento T4 MFCP-25 aumentó significativamente el número de flores, frutos y hojas, mientras que el control incrementó el desarrollo vegetativo. El T3 AC-50 mejoró la firmeza de los frutos, aunque no de manera significativa. El rendimiento con T4 MFCP-25 fue 45% superior al control, aunque sin significancia estadística, pero podría ser económicamente relevante. Durante la investigación, se secuestraron 395.2 kg de carbono, equivalente a 1,449 kg de CO_2, destacando la utilidad del biochar para mitigar el cambio climático. Se concluye que la aplicación de 25 g de biochar en el sustrato puede ser eficiente para un cultivo hidropónico de fresas.

INTRODUCCIÓN. El crecimiento de la humanidad ha traído avances tecnológicos que han generado impactos negativos en los ecosistemas, como la degradación del suelo, escasez de agua y cambio climático (Díaz Codero 2012). Las actividades agrícolas contribuyen de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como el óxido nitroso y el metano, los cuales tienen un poder de calentamiento mucho mayor que el dióxido de carbono (CO_2). Además, el cambio en el uso del suelo derivado de la agricultura

es una de las principales fuentes de emisiones de CO_2 a nivel mundial, lo que afecta la productividad agrícola y los sistemas naturales (Montzka et al., 2011). Una propuesta para mitigar estos problemas es el uso de biochar, un material carbonizado obtenido mediante pirólisis de biomasa. El biochar tiene la capacidad de mejorar la retención de nutrientes en el suelo, aumentar la eficiencia de los cultivos y contribuir al secuestro de carbono, reteniendo este elemento en el suelo a largo plazo. Numerosos estudios destacan sus beneficios, como la remediación de suelos, reducción de GEI y purificación de aguas (Zheng et al., 2013). En esta investigación, se evaluó el efecto del biochar en el cultivo hidropónico de fresas utilizando sustratos orgánicos como la fibra de coco y el peat moss, analizando su contribución al secuestro de carbono.

ANTECEDENTES. La aplicación de biochar ha demostrado tener efectos positivos en la productividad de diversos cultivos, especialmente cuando se combina con fertilizantes orgánicos e inorgánicos (Martínez, 2015). En un estudio sobre fresas, el biochar a base de hueso de animal (ABC) mostró mayores rendimientos en comparación con la fertilización mineral, destacándose como una alternativa prometedora (Koron et al., 2018). De igual manera, en otra investigación observaron que el uso de biochar en distintas granulometrías afectó levemente el rendimiento de la fresa debido a variaciones en las propiedades químicas del suelo (Trelles & Gonzales, 2014). En investigaciones sobre el maíz, encontraron aumentos significativos en la productividad al aplicar biochar de eucalipto (Iglesias et al., 2018) y estudios en tomates y canónigo también reportan mejoras en las propiedades del suelo y el rendimiento agrícola, siempre que se ajuste la proporción de biochar (Gallo Saravia et al. 2018). Además, que el biochar ayuda a reducir la pérdida de nitrógeno en el suelo en un cultivo de rábano, lo que subraya su beneficio ambiental (Ladd, 2019,). Finalmente se reportan mejoras en el enraizamiento y crecimiento de plantas en mezclas de biochar con composta (Sebastiá, 2020).

OBJETIVO. Evaluar el impacto del biochar en el desarrollo y rendimiento del cultivo de fresa (Fragaria sp) y determinar su secuestro de carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS. El presente trabajo se realizó en un invernadero ubicado en las instalaciones del IIAF de la UMSNH. El biocarbón utilizado fue de la empresa Carbolab SAPI de CV de la marca CarbonFix®. La fibra de coco 70/30 de la marca Germinaza® y el Peat moss Sunshine mezcla #3®. Se utilizó solución nutritiva comercial Steiner para fresa. Se utilizaron plántulas de fresa (Fragaria sp.). Se estudiaron dos factores: forma y concentración de aplicación del biochar. Las formas de aplicación del biochar fueron directa al cepellón y mezclado con el sustrato de cada planta; a dos concentraciones (25 g y 50 g) más un testigo sin biochar, originando 5 tratamientos con 3 repeticiones y 6 plantas por repetición. Las fresas fueron colocadas en bolsas de 5 L de capacidad, con un contenido de fibra de coco y peat Moss a una relación 70/30 respectivamente, y biochar según el caso de cada tratamiento. Se empleó un sistema por goteo. Se podaron las plántulas, se trasplantó y realizó el reacomodo de las bolsas. Al mes se comenzaron a evaluar las 17 variables diferentes tanto a la planta, el fruto y las raíces. Para conocer el potencial de secuestro de carbono del biochar de Carbon Fix, se basó en la metodología de Budai et al, 2013. Los datos se analizaron utilizando el software SigmaPlot v.12.0, aplicando un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia de $P < 0.05$, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

RESULTADOS. Desarrollo Vegetativo: Se observaron diferencias significativas en el T4 MFCP-25 ($P > 0.05$) en el número de hojas (Fig.1), en comparación con los otros tratamientos.

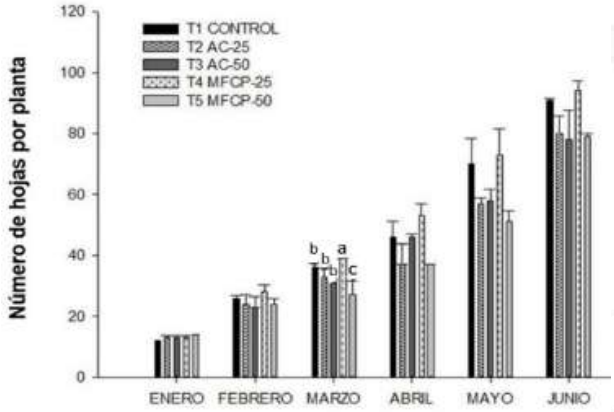


Figura 1. *Comparación de número de hojas entre tratamientos.*

En cuanto a las variables número de tallos y diámetro del tallo (Fig.2 y 3), fue el T1 el que presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) en relación con los tratamientos. Lo que sugiere que el control invirtió más recursos en el crecimiento estructural de la planta que en la producción de flores y frutos.

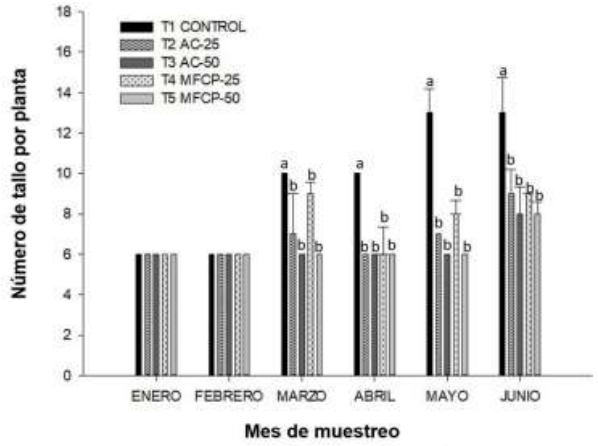


Figura 2. *Número de tallos entre tratamiento.*

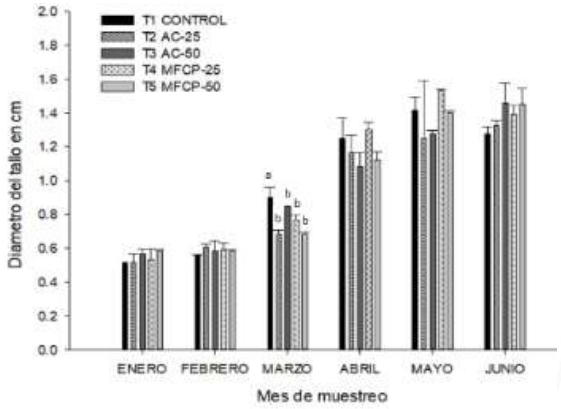


***Figura 3**. Diámetro de tallos entre tratamientos.*

Calidad del Fruto: El tratamiento T4 MFCP-25 mostró diferencias significativas (P > 0.05) notables en el número de flores y número de frutos (Fig.4 y 5).

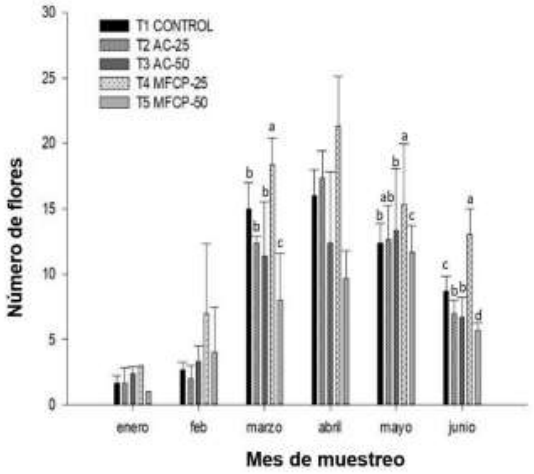


Figura 8. Comparación de número de flores entre tratamientos: diferencias significativas.

Figura 4. Número de flores entre tratamientos.

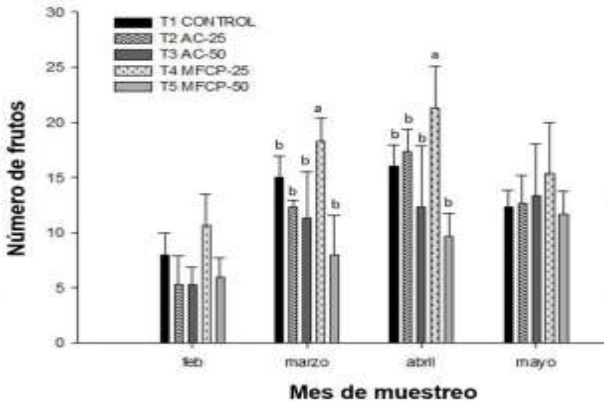


Figura 5. Número de frutos entre tratamientos

En otras variables como el peso del fruto, longitud polar, diámetro ecuatorial, grados Brix y la firmeza, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.
Rendimiento de cosecha: El mayor rendimiento se logró con el tratamiento T4 MFCP-25, con una producción promedio de 5,95 t/ha un incremento del 45%, es decir, 1.9 t/ha más en comparación con el control, aunque no demostró diferencia significativa.
Desarrollo Radicular: En el análisis del peso fresco y seco de la raíz, longitud polar y volumen de raíz no mostro diferencias significativas.
Secuestro de Carbono: Se calculó que 1,283 kg de biochar aplicados en este experimento podrían secuestrar aproximadamente 395.524 kg de carbono orgánico. Ahora, al considerar que 1 g de carbono orgánico equivale a 3.66 g de CO_2 (Cerri *et al*. 2021), se traducen en aproximadamente 1,449 kg de CO_2 secuestrado. Esto demuestra la capacidad del biochar para retener carbono y reducir CO_2 en la atmósfera. Además, los sustratos enriquecidos con biochar mostraron un mejor rendimiento del cultivo, evidenciando su doble beneficio: mejorar el crecimiento de las plantas y contribuir a la mitigación del cambio climático.

CONCLUSIONES. El T4 MFCP-25 mostró el mejor número de flores, frutos y hojas, lo que indica un efecto positivo del biochar en el desarrollo reproductivo de la planta y que dirigió los azúcares hacia la producción de flores y frutos. Además, mostró un aumento del rendimiento del 45% en comparación con el control (1.9 t/ha más), lo que puede tener relevancia económica para los productores agrícolas. La implementación de biochar en sistemas hidropónicos podría contribuir a una agricultura más sostenible, al considerar su potencial para secuestro de carbono y su impacto en la mitigación del cambio climático.

REFERENCIAS.

1. Budai, et al, (2013). Biochar Carbon Stability Test Method: An assessment of
2. methods to determine biochar carbon stability. International Biochar Initiative.
3. Cerri, C. E. P., Cherubin, M. R., Damian, J. M., Mello, F. F. C., Lal, R., & Villareal, F. (s/f). Secuestro de carbono en el suelo mediante la adopción de prácticas de manejo sostenible: Potencial y oportunidad para los países de las Américas. Iica.int. Recuperado el 21 de agosto de 2023.
4. Cordero, G. (2012, julio 12). El cambio climático. Ciencia y Sociedad, XXXVII(2), 227-240. Recuperado el 6 de febrero de 2022.
5. Gallo-Saravia, M., Lugo-Sierra, L., & Barrera Zapata, R. (2018). Evaluación de biochar como alternativa de sustrato en cultivos de tomate. Scientia Et Technica, 23(2), 299–303.
6. Iglesias Abad, S., Alegre Orihuela, J., Salas Macias, C., & Eguez Moreno, J. (2018). El rendimiento del maíz (Zea mays L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. Scientia Agropecuaria, 9(1), 25-32.
7. Koron, D., Lavric, L., & Someus, E. (2018). Comparison of animal bone biochar and plant-based biochar in strawberry production. Acta Horticulturae, 1217, 313-316. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1217.39
8. Ladd, B. M. (2019, 27 noviembre). La aplicación de biochar de residuos verdes y purín de cerdo y su efecto sobre el flujo de nitrógeno para el cultivo de tres cosechas de rábano (Raphanus sativus L.) en Lurín, Perú.
9. Martínez, C. (2015). Efectos de enmiendas de biochar sobre el desarrollo en Cucumis sativus L. Var. SMR-58 (Tesis de Maestría). Universidad de Guadalajara.
10. Montzka, S. A., Dlugokencky, E. J., & Butler, J. H. (2011). Non-CO_2 greenhouse gases and climate change. Nature, 476(7358), 43-50.
11. Sebastiá, F. F. (2020, 11 noviembre). Desarrollo de nuevos sustratos a base de compost y biochar para la propagación y producción de Rosmarinus officinalis L. en vivero profesional.

12. Trelles, W. L., & Gonzales, J. L. (2014). Respuesta del cultivo de fresa (Fragaria vesca) a diferentes granulometrías de carbón vegetal y rangos de tensión de humedad del suelo bajo invernadero, en la estación experimental La Argelia.
13. Zheng, H., Wang, Z., Deng, X., Herbert, S., & Xiang, B. (2013). Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. Geoderma, 206, 32-39.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324114

SISTEMA MODULAR DE GESTIÓN DE AGUA RESIDUAL DE LA AGRICULTURA

J. David Chávez Hernández[1], Rubén Chávez Rivera[3], Rafael Ortiz-Alvarado[2]

1Facultad de Biotecnología, Morelia Michoacán México 1832232j@umich.mx

2 Facultad de Farmacobiología, Morelia Michoacán México rafael.ortiz@umich.mx

3 Facultad de Farmacobiología, Morelia Michoacán México ruben.chavez@umich.mx

Palabras clave: agrícultura sustentable, huella hídrica, energía renovable.

RESUMEN. El agua es un recurso vital para el desarrollo agroalimentario, se han realizado esfuerzos para el riego eficiente, sin embargo, se pierde líquido que drena por canales o de los cultivos protegidos, esta agua, puede ser tratada. Objetivo. Resolver los problemas de tratamiento de agua residual de uso agrícola, con autonomía en lo referente a operación de energía eléctrica y uso modular de sistemas de filtración, almacenamiento y esterilización por medios físicos. Material y métodos. A través de sistemas de filtración y osmosis inversa, con el uso energía eléctrica de origen solar en un sistema aislado, se estructura el sistema, con Unidad de Energía Eléctrica compuesta: de captación de luz solar, Etapa de Control de carga eléctrica, Etapa de Almacenamiento electroquímico, Etapa de Inversión de Corriente Directa a Corriente Alterna. Unidad de Captación y bombeo de líquido (agua residual a tratar) compuesta por: Sección de válvula de pie y malla. Sección de transferencia de líquidos flexible. Sección de Bombeo. Unidad de Filtrado reutilizable. Sección de filtrado de con Mesh de 100 a 200. Sección de Filtrado por arena. Sección de filtrado por carbón. Sección de Osmosis Inversa. Unidad de Almacenamiento de agua tratada. Sección de activación. Sección Luz Ultravioleta. Sección Dispensador de agua. Este sistema modular se aplicó para el tratamiento de agua residual con pH de 5.7, solidos totales de 2750 ppm y concentraciones de (N03)- 200 ppm, (P04)-3 450 ppm, (S04)-2 350 ppm; después del tratamiento se obtuvo, pH de 6.7, solidos totales de 400 ppm y concentraciones de (N03)- 40 ppm, (P04)-3 90 ppm, (S04)-2 38 ppm. Conclusión, el sistema, su configuración y funcionamiento, permite disminuir la concentración de iones lo que hace viable su uso en el uso eficiente de energía y agua de manera sustentable en la producción agroalimentaria.

INTRODUCCIÓN. “Toda el agua que habrá jamás, la tenemos ahora mismo” - National Geographic. El total de aguas residuales de tipo municipal, generadas durante un año en México se estiman en 228.7 m3/s, y el caudal tratado en 111.3 m3/s. Esto lastimosamente cada año va en aumento a medida que crece su población, ya que por distintas actividades económicas el agua es contaminada y tiene como destino el uso agrícola. Cabe mencionar que el uso de aguas residuales para riego de cultivos, tienen como destino el consumo humano y por tanto es riesgoso para la salud por el contenido de diferentes patógenos. Por estas y muchas causas más es que el agua residual recibe diferentes tratamientos para poder reutilizarla, dentro de esta investigación se ha propuesto un modelo con autonomía en lo referente a operación de energía eléctrica y uso modular de sistemas de filtración, almacenamiento y esterilización por medios físicos, los cuales son reutilizables y permiten

desplegar el equipo de manera móvil y configurarlo, en tándem o adaptarlo en unidades de producción agrícola a cielo abierto y en ambientes protegidos (invernaderos), permite tratar agua que drene el cultivo protegido.

ANTECEDENTES. En México, el agua subterránea es un recurso vital para el desarrollo de todos los sectores, humanos, desde los de consumo hasta los productivos en la industria y el sector agroalimentario (producción de alimentos) (considerando que con el pasar de los años hay un aumento de la población a nivel mundial), adicionalmente el uso diario que hace el ser humano sobre ella definiendo todo lo anterior con el nombre de huella hídrica, con su clasificación y su disposición, por lo que se refiere al uso Agroalimentario, se han realizado esfuerzos para el riego eficiente (Alkhadra M.A., et al., 2022), sin embargo se pierde líquido que drena por canales o de los cultivos protegidos, esta agua puede recuperar, almacenarse y ser tratada por sistemas de filtración y osmosis inversa, con el uso energía eléctrica.

OBJETIVOS. Diseñar el uso modular de sistemas de filtración, almacenamiento y esterilización por medios físicos, reutilizables que permiten desplegar el equipo de manera móvil y configurarlo, en tándem o adaptarlo en unidades de producción agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS. La Estructura del Sistema Modular y los análisis físico-químico correspondientes se realizaron en el laboratorio de Análisis y Aseguramiento de La Calidad del Agua de la Facultad de Químico Farmacobiología, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el sistema propuesto consta de las siguientes secciones:
Unidad de Energía Eléctrica compuesta por: Etapa de captación de luz solar, Etapa de Control de carga eléctrica, Etapa de Almacenamiento electroquímico, Etapa de Inversión de Corriente Directa a Corriente Alterna. **Unidad de Captación y bombeo de líquido (agua residual a tratar) compuesta por:** Sección de válvula de pie y malla Sección de transferencia de líquidos flexible. Sección de Bombeo. **Unidad de Filtrado reutilizable** Sección de filtrado de con Mesh de 100 a 200, Sección de Filtrado por arena, Sección de filtrado por carbón, Sección de Osmosis Inversa. Unidad de **Almacenamiento de agua tratada**, Sección de activación, Sección de Luz Ultravioleta, Sección de Dispensador de agua.
Los análisis, químicos, para la marcha de iones (cationes y aniones) en disolución se utilizó un sistema de análisis, multiparamétrico, de la marca Hanna

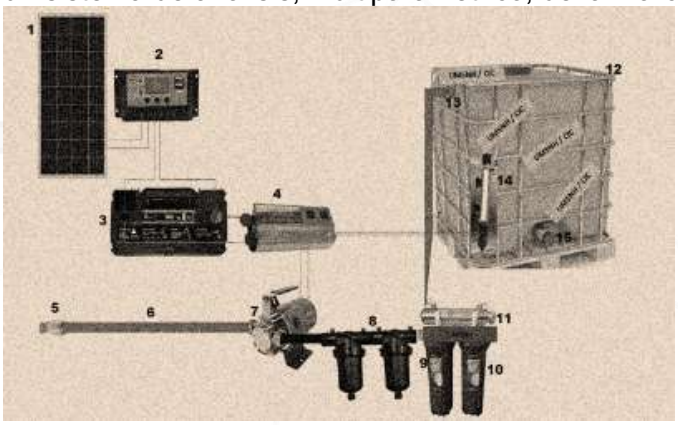


Figura 1. *Esquema del sistema modular para la gestión de Aguas residuales, provenientes de la Agricultura.*

RESULTADOS. Los parámetros importantes mencionados en las tablas N°1, 3 y 5 es el de conductividad ya que este es utilizado para determinar la calidad del agua, se puede hacer mención de que en diversas industrias se mide la conductividad en espacios específicos donde el agua fluye. Una cantidad alta de conductividad produce una alta concentración de solidos totales (mg/L o ppm). La deionización es uno de los métodos que tiene como objetivo eliminar sustancias (cationes y aniones) disueltas en el agua y disminuir la concentración de iones en disolución

Resultados de análisis de agua de Riego (solución de riego) para cultivo protegido

Parámetro	Resultado
pH	5.39
Conductividad en mV	94
Conductividad Eléctrica en µS/cm (mS/cm)	2297 (2.3)
Concentración de Sólidos Totales	1146

Tabla 1. *Análisis fisicoquímico, solución de riego.*

Aniones (-)	Ppm (mg / L)	Meq/L	Mmol
Nitratos	725	11.69	11.69
Nitritos	1.00	0.014	0.014
Fosfatos	2.50	0.078	0.026
Carbonatos	57.0	9.20	4.60
Cloruros	0.12	0.330	0.33
Fluoruros	1.34	0.070	0.0705
Sulfatos	257	3.2	1.6
de aniones		23.6	

Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol
Calcio (Ca^{+2})	109	9.0	4.5
Magnesio (Mg^{+2})	22.9	0.188	0.094
Manganeso (Mn^{+2})	3.4	0.120	0.061
Hierro (Fe^{+2})	1.28	0.044	0.022
Potasio (K^{+})	825	5.0	5.0
Sodio (Na^{+})	68.50	7.4	7.4
Zinc (Zn^{+2})	1.1	0.033	0.0168
de Cationes		21.785	

Tabla 2. *Determinaciones Inorgánicas, iones en disolución, en mezcla de riego*

Resultados de análisis de agua de drenada del cultivo protegido, agua para ser procesada por el equipo.

Parámetro	Resultado
pH	5.70
Conductividad en mV	75
Conductividad Eléctrica en mS/cm	2.8
Concentración de Sólidos Totales	1398

Tabla 3. *Análisis fisicoquímico, solución drenada*

Aniones (-)	ppm (mg / L)	Meq / L	mmol
Nitratos ($N0_3^-$)	914	14.84	14.64
Nitratos ($N0_2^-$)	4.07	0.056	0.056
Fosfatos	1.69	0.051	0.017
Carbonatos ($C0_3$,$HC0_3$)	35.12	5.67	2.83
Cloruros	0.08	0.22	0.22
Fluoruros	1.98	0.104	0.104
Sulfatos	421	5.25	2.62
de Cationes		26.561	

Cationes (+)	ppm (mg / L)	Meq / L	Mmol
Calcio (Ca^{+2})	180	16.76	8.43
Magnesio (Mg^{+2})	55.3	4.36	2.180
Manganeso (Mn^{+2})	2.4	0.08	0.04
Hierro (Fe^{+2})	2.05	0.07	0.036
Potasio (K^+)	651	3.94	3.94
Sodio (Na^{+2})	54.1	5.60	2.92
Zinc (Zn^{+2})	1.5	0.045	0.022
de Cationes		30.85	

Tabla 4. *Determinaciones Inorgánicas, iones en disolución, solución drenada del cultivo*

Los resultados son la concentración total del elemento presente en la muestra (secado por evaporación lenta a 40°C), con un margen de error de 5%. El presente resultado forma parte de un proyecto de diseño con fines de validación.

Muestra: 16ST-35-169 ***Propietario***: Clara Marisol Álvarez Juanillo ***Predio***: Laguna Larga de Cortés ***Localidad/Ejido***: Laguna Larga de Cortés ***Municipio***: Pénjamo ***Estado***: Guanajuato							
pH	7.84	RAS	4.43	CARBONATOS (meq l^{-1})			0
C.E. (µS cm-1)	670.0	PSI (%)	5.01	BICARBONATOS (meq l^{-1})			5.7
ORP (mV)	191.8	CSR	4.53	SULFATOS (mg l^{-1})			0.38
S.D. (mg l-1)	428.8	DUREZA (meq l^{-1} $CaCO_3$)	58.40	CLORUROS (mg l^{-1})			0.24
				FOSFATOS (mg l^{-1})			**nd**
ELEMENTO		ION	%	mg l^{-1}	g m^{-3}	milimol	meq l^{-1}
CARBÓN	C	$C_{org.}$, H_2CO_3, HCO_3^-,	12.86	55.14	55.14	4.5912	
OXIGENO	O	O_2	52.24	224.01	224.01	14.0008	
SILICIO	Si	H_4SiO_4, $H_3SiO_4^-$	6.84	29.33	29.33	1.0443	
FOSFORO	P	H_3PO_4, $H_2PO_4^-$	0.00	0.00	0.00	0.0000	
AZUFRE	S	HSO_4^-	1.43	18.40	18.40	0.5737	
CLORO	Cl	Cl^-	1.95	8.36	8.36	0.2359	
NITRÓGENO	N	NO_3^-, NH_4^+	**nd**				
MAGNESIO	Mg	Mg^{2+}	1.34	5.75	5.75	0.2364	0.4728
CALCIO	Ca	Ca^{2+}	3.24	13.89	13.89	0.3467	0.6933
SODIO	Na	Na^+	18.15	77.83	77.83	3.3853	3.3853
POTASIO	K	K^+	1.95	8.36	8.36	0.2139	0.2139
HIERRO	Fe	Fe^{2+}	0.11	0.47	0.47	0.0084	
MANGANESO	Mn	Mn^{2+}	**nd**				
ZINC	Zn	Zn^{2+}	0.001	0.00	0.00	0.0001	

Tabla 5. *Análisis fisicoquímico del agua tratada, por el equipo modular pH,*

Concentración de protones H+; CE, Conductividad Eléctrica; ORP, Potencial de Oxido Reducción; S.D. Sólidos Totales Disueltos; RAS, Relación de Absorción de Sodio; PSI, Porciento de Sodio Intercambiable: CSR, Carbonato de Sodio Residual; dureza, temporal por carbonatos de calcio y magnesio; nd, no detectable. El desarrollo agrícola, la industrialización extensiva y el rápido crecimiento de la población mundial han ido acompañados inadvertidamente de contaminación ambiental. La contaminación del agua se ve exacerbada por la cada vez menor capacidad de los métodos de tratamiento tradicionales para cumplir con normas ambientales cada vez más estrictas, aunado a la gestión energética, por lo que el diseño y puesta en funcionamiento de sistemas de gestión de agua de manera sostenible es ingente para mantener la seguridad ambiental y alimentaria (Mekonnen M. M., et al., 2016).

CONCLUSIONES. El presente sistema modular resolverá parte del problema del tratamiento de aguas residuales generadas en la agroindustria, sin generar gastos adicionales o cargas a suministro de la Red Eléctrica de México, operada por CFE. Coadyuvando al desarrollo agroindustrial, de manera sostenible.

REFERENCIAS.

1. Alkhadra MA, Su X, Suss ME, Tian H, Guyes EN, Shocron AN, Conforti KM, de Souza JP, Kim N, Tedesco M, Khoiruddin K, Wenten IG, Santiago JG, Hatton TA, Bazant MZ. Electrochemical Methods for Water Purification, Ion Separations, and Energy Conversion. Chem Rev. 2022 Aug 24;122(16):13547-13635.
2. Mekonnen M. M.; Hoekstra A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances 2016, 2, e1500323
3. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. 2018. Guía técnica para el reúso de aguas residuales en la agricultura. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/429934/guia_reuso_aguas_residuales.pdf
4. NORMA Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324117

APLICACIÓN DE FISCHERELLA SP. EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Miguel Alejandro Martínez Torres, Miriam Granados Vallejo, David Antonio Flores Méndez

1Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, l20120856@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, l20120858@morelia.tecnm.mx

3División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, 1400383e@umich.mx

4División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, cparga@umich.mx

5Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Cianobacterias, Biorremediación, Remoción de contaminantes.

RESUMEN. El tratamiento de aguas residuales domésticas es un desafío crucial para el desarrollo sostenible a nivel local. Para abordar este problema, han surgido diversas tecnologías, entre las cuales se destacan las alternativas biotecnológicas. De acuerdo con esto, las cianobacterias son microorganismos capaces de reducir contaminantes específicos del agua. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la capacidad de la cianobacteria Fischerella sp. en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Las muestras de agua se tomaron del canal de Mancera, ubicado en el municipio de Salamanca, Gto; donde se encuentra un desfogue del alcantarillado de la colonia Arboledas de Ciudad Bajío. La metodología consistió en identificar las características generales de Fischerella sp. mediante pruebas fisicoquímicas. Posteriormente se caracterizó el agua residual doméstica mediante análisis de turbidez, oxígeno disuelto, acidez/alcalinidad y finalmente grasas y aceites, antes y después de 15 días de tratamiento. Como parte de los resultados la concentración de grasas y aceites disminuyó de 136.875 a 73.6 mg/L con una reducción del 53.77%. La turbidez inicial de 12,43 NTU alcanzó un valor final de 0.06 NTU, cercano al nivel de turbidez del agua potable. El oxígeno disuelto incrementó de 2.03 a 9.12 mg/L, valor adecuado, dado que para sostener la vida acuática se requiere un mínimo de 5 a 6 mg/L. Estos resultados demuestran el potencial de Fischerella sp. en el tratamiento de aguas residuales domésticas, al reducir la turbidez, grasas y aceites, así como el incremento del oxígeno disuelto, lo que favorece las condiciones óptimas para el agua potable.

INTRODUCCIÓN. Las aguas residuales domésticas contienen una mezcla de contaminantes, incluyendo materia orgánica, nutrientes, patógenos y productos químicos que pueden tener efectos adversos en el medio ambiente y en la salud humana si no se gestionan adecuadamente. Para su reutilización es necesario realizar un tratamiento, ya sea fisicoquímico o biológico. Convencionalmente, el tratamiento biológico de las aguas residuales incluye el uso de consorcios microbianos, aunque, recientemente se han propuesto a las cianobacterias como alternativas para este fin. Fischerella sp., es un género de cianobacterias, el cual, de acuerdo con la información reportada en la literatura, es un candidato potencial, ya que, puede degradar compuestos orgánicos complejos y tóxicos

presentes en las aguas residuales, promoviendo una eliminación más eficiente de contaminantes y a su vez favorece el nivel de oxigenación del agua, (Muñoz et al., 2005). Su uso en sistemas de tratamiento no solo optimizaría el proceso de depuración, sino que también contribuiría a la sostenibilidad ambiental al reducir la carga de contaminantes que llegan a los cuerpos de agua.

ANTECEDENTES. En México, de los 4,233 sitios evaluados por la Comisión Nacional del Agua (ríos, arroyos, lagos, lagunas, presas y zonas costeras), el 30% no cumple con los parámetros establecidos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y/o Demanda Química de Oxígeno (DQO). Además, 29.1% no cumple con los estándares de Escherichia coli, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales y/o porcentaje de oxígeno disuelto (OD) según las Normas Oficiales Mexicanas. En contraste, el consumo promedio de agua por persona es de 380 litros diarios, representa un 200% más de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, que establece una necesidad diaria de 100 litros. Este elevado consumo de agua contribuye a la generación de grandes volúmenes de aguas residuales domésticas, (Rodríguez, 2022). Las cianobacterias son un grupo de bacterias presentes en ambientes acuáticos. Estos microorganismos dependen de la fotosíntesis para convertir la radiación solar y el CO2 en energía, esencial para su crecimiento, y son responsables de la producción del 50% del oxígeno total generado por la fotosíntesis. Además, la utilización de cianobacterias ha demostrado ser efectiva para la remoción de metales pesados y otros contaminantes en las aguas residuales (Muñoz et al., 2005). Por lo tanto, integrar soluciones basadas en cianobacterias en el tratamiento de aguas residuales puede ser una estrategia eficaz para enfrentar el desafío de la contaminación y promover el desarrollo sostenible.

OBJETIVOS. Determinar las características generales de la cianobacteria Fischerella sp. mediante pruebas fisicoquímicas. Caracterizar el agua residual doméstica aplicando pruebas químicas. Evaluar la capacidad de la cianobacteria Fischerella sp. como tratadora de un agua residual doméstica a partir de pruebas químicas.

MATERIALES Y MÉTODOS. El material utilizado para el crecimiento de la cianobacteria y los análisis al agua residual doméstica fueron proporcionados por la Universidad Tecnológica de Salamanca. Fischerella sp. fue donada por la M. en C. María Isabel Fuentes Parra. La cepa se cultivó en un biorreactor (5% inóculo) con Medio Basal de Bold (BBM por sus siglas en inglés) a 27±1°C, bajo un fotoperiodo de luz-oscuridad 12:12, la intensidad luminosa fue de 1718 luxes, suministrada por focos LED (60 W). Se colectaron muestras del canal de Mancera, ubicado en el municipio de Salamanca, Gto y se evaluaron durante 15 días para determinar bajo el microscopio las características morfológicas de las células, además de cuantificar el crecimiento celular por la técnica de peso seco. Las aguas residuales domesticas se caracterizaron antes y después del tratamiento biológico midiendo los siguientes parámetros: pH, acidez/alcalinidad, oxígeno disuelto (OD), turbidez y grasas y aceites. Las condiciones a las cuales se efectuó el tratamiento del agua residual con la cianobacteria fueron las mismas que se describieron para el Medio Basal de Bold (temperatura e intensidad luminosa).

RESULTADOS. Se identificó la fase lag durante los primeros dos días de inoculación al medio de cultivo, esto representa un periodo donde no existe incremento en el número de

células. La fase exponencial inició después del tercer día, se observó un incremento en biomasa, las células crecen y se duplican cada tiempo de generación, como se muestra en la Fig. 1.



Figura 1. *Curva de crecimiento de la cianobacteria Fischerella sp. vs. el oxígeno disuelto dentro del biorreactor.*

Como parte de los análisis fisicoquímicos realizados, las pruebas de pH, acidez, alcalinidad y turbidez se concentran en la Tabla 1.

Día	pH	Acidez	Alcalinidad	Turbidez
0	6.64±0.022	21.72±0.007	N/A	12.43±0.125
5	9.63±0.017	N/A	57.97±0.116	2.74±0.026
10	8.66±0.012	N/A	22.27±0.005	0.34±0.08
15	9.47±0.021	N/A	66.04±0.017	0.06±0.08

Tabla 1. *Resultados del tratamiento del agua residual doméstica.*

Los valores reportados son el resultado X ± DE. X= media aritmética; DE= desviación estándar.

El valor inicial de pH registrado para el agua fue de 6.64 ± 0.022, sin embargo, durante los días posteriores del cultivo se observaron incrementos, finalizando en 9.47 ± 0.021. Este aumento podrías ser debido a que en aguas dulces existe un “sistema bicarbonato”, el cual funciona como buffer que controla niveles específicos de pH. Gran parte de las cianobacterias resisten y prefieren ambientes alcalinos en un rango de pH entre 7 y 9 (Lorenz *et al*., 2005). Las cianobacterias al utilizar CO_2 para la fotosíntesis, acumulan OH^- en la célula debido al consumo de la fuente de carbono, por esta razón, la neutralización de estos iones requiere mayor captación de cationes H^+ del medio de cultivo y a medida que la concentración de CO_2 va reduciéndose, esto provoca un aumento del pH (Sayre, 2010). Al paso de los 15 días, el medio alcanzó una alcalinidad de 66.04±0.017 mg/L de $CaCO_3$, este incremento pudo ser a causa de que las cianobacterias a pH alto se calcifican generando la precipitación de Ca en forma de $CaCO_3$ (Markou y Georgakakis, 2011). El término turbio se aplica al agua que contenga materia en suspensión que interfiera con el paso de la luz a través de esta (Sawyer *et al*., 2003). Al inicio del tratamiento se obtuvo un valor de turbidez de 12.43 ± 0.125 NTU, después de los 15 días, finalizó con 0.06 ± 0.08 NTU. Esta reducción ocurre gracias a que las cianobacterias secretan exopolisacáridos (EPS) al medio, los cuales son polímeros de alto peso molecular que están compuestos por residuos de carbohidratos y otros componentes que no lo son (succinato y piruvato). Estos EPS pueden atrapar partículas suspendidas en el agua y sedimentarlas en el fondo, reduciendo así la turbidez (Guzmán, 2022).

El OD es la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua. En este sentido, las cianobacterias generan oxígeno como un subproducto del proceso de fotosíntesis. Además, cabe destacar que en cuerpos de agua dulce los niveles de OD pueden variar de 0 a 18 mg/L, aunque estos requieren un mínimo de 5 a 6 mg/L para soportar la diversidad de la vida acuática, mientras que los niveles de OD por debajo de 3 mg/L dañan a la mayoría de los organismos acuáticos, y niveles inferiores a 2 o 1 mg/L pueden matar a los peces (Peña Pulla, 2007). De acuerdo con lo anterior, en este trabajo, la concentración inicial de OD fue de 2.033 ± 0.017 mg/L, finalmente, se logró incrementar su nivel hasta 9.12 ± 0.0005 mg/L, lo cual se puede considerar un valor adecuado para la vida de plantas y bacterias acuáticas. El incremento del OD se muestra en la Fig. 2.



Figura 2. *Incremento del OD durante los 15 días de tratamiento.*

Las grasas y aceites son insolubles en agua, esto reduce la oxigenación a través de la interfase aire-agua disminuyendo el OD y la radiación solar, afectando la actividad fotosintética. Las cianobacterias producen enzimas lipolíticas como las carboxilesterasas, que hidrolizan moléculas que contienen ésteres y los hacen parcialmente solubles en agua, o las lipasas, que degradan principalmente cadenas largas de triglicéridos insolubles. La aplicación de cianobacterias ha resultado eficiente removiendo grasas y aceites hasta en 50%, (Quisehuatl Tepexicuapan, 2013). Al inicio del tratamiento se cuantificaron 136.875 mg/L de grasas y aceites, finalmente, la concentración disminuyó un 53.77%, obteniendo un valor de 73.6 mg/L como se puede observar en la Fig. 3.

CONCLUSIONES. Fischerella sp. se puede considerar una opción biotecnológica viable para el tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a su capacidad de reducir la concentración de grasas y aceites, así como los niveles de turbidez e incrementar el OD dentro del agua. El incremento de pH podría ser consecuencia de la calcificación de la cianobacteria, por lo que se recomienda estabilizar los niveles para que el tratamiento del agua residual doméstica no resulte afectado por dichas variaciones.

REFERENCIAS.

1. Guzmán Ortiz, G. (2022). Caracterización y potencial biotecnológico de exopolisacáridos (EPS) de cianobacterias extremófilas, para su uso como humectantes dérmicos. Repositorio de Tesis UCSM. https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b60aca3d-5ea7-4d2e-bb3a-df744a4bfd32/content
2. Lorenz, M., Friedl, T., & G. Day, J. (2005). Perpetual Maintenace of Actively Metabolizing Microalgal Cultures. 145-156. https://doi.org/10.1016/B978-012088426-1/50011-1

3. Markou, G., & Georgakakis, D. (2011). Cultivation of filamentous cyanobacteria (blue-green algae) in agro-industrial wastes and wastewaters: A review. Applied Energy, 88(10), 3389-3401. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.042
4. Muñoz, R., Jacinto, M., & Guieysse, B. (2005). Combined carbon and nitrogen removal from acetonitrile using algal–bacterial bioreactors. Appl Microbiol Biotechnol, 67, 699-707. https://doi.org/10.1007/s00253-004-1811-3
5. Peña Pulla, E. (26 de junio de 2007). Trabajo de investigación oxígeno disuelto (OD). Calidad de agua. Guayaquil. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf
6. Quisehuatl Tepexicuapan, E. (2013). Comunidades de bacterias y protozoos asociados a la rizosfera de Azolla filiculoides, Lemna gibba y Ricciocarpos natans. Estado de México, México: Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
7. Rodríguez, I. (1 de agosto de 2022). Contaminada, 59.1% del agua superficial de México. El Economista. https://www.eleconomista.com.mx/politica/Contaminada-59.1-del-agua-superficial-de-Mexico-20220801-0005.html
8. Sawyer, C., McCarty, P., & Parkin, G. (2003). Chemistry for Environmental Engineering and Science. McGraw-Hill Higher Education.
9. Sayre, R. (2010). Microalgae: The potential for carbon capture. BioScience, 60(9), 722-727.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324118

INFLUENCIA DE LA SACAROSA EN LA CAPTACIÓN DE HIERRO EN ARABIDOPSIS THALIANA

Melina Janette Arriola Chávez[1], Hugo Alejandro Tinoco Tafolla[2], Jesús Salvador López Bucio[3], Homero Reyes de la Cruz[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011033a@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1800333g@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; salvador.bucio@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; homero.reyes@umich.mx

Palabras Clave: Hierro, sacarosa, Arabidopsis thaliana.

RESUMEN. El hierro (Fe) es un micronutriente esencial para el desarrollo de las plantas, participando en procesos clave como la fotosíntesis, la respiración celular y la biosíntesis de clorofila. A pesar de su abundancia en los suelos, su biodisponibilidad es limitada debido a su tendencia a formar complejos insolubles, como los óxidos de hierro (Fe3+). En menor proporción, el hierro se encuentra en forma de ferrosilicatos (Fe2+), los cuales son asimilables por las plantas. Para superar esta baja biodisponibilidad, las plantas emplean dos estrategias. En la Estrategia 1, los transportadores PDR9 (Pleiotropic Drug Resistance 9) y PEZ1 (Phenolic efflux zero 1) liberan compuestos fenólicos, carboxilatos y flavinas que movilizan el hierro en su forma insoluble. Simultáneamente, las plantas acidifican la rizosfera mediante una ATPasa (AHA) que libera protones en el apoplasto, aumentando así la solubilidad del hierro férrico (Fe3+). Posteriormente, FRO2 (Ferric Reductase Oxidase 2) reduce el hierro férrico (Fe3+) a hierro ferroso (Fe2+), lo cual permite su transporte a la epidermis a través del transportador IRT (Iron Regulated Transporter). Estudios recientes han demostrado que la adición de sacarosa exógena puede mejorar la captación de hierro al inducir la expresión de componentes clave de la vía de captación de hierro, como FRO2 e IRT1. Además, se ha sugerido que las auxinas podrían desempeñar un papel importante en este proceso, aunque el mecanismo detrás de esta interacción entre sacarosa, auxinas y la captación de hierro sigue siendo poco estudiado. Este estudio tiene como objetivo analizar el efecto de la sacarosa en la captación de hierro en Arabidopsis thaliana, investigando el papel de las auxinas y otros componentes de la Estrategia 1 para entender mejor cómo la disponibilidad de azúcares puede influir en la nutrición de hierro en las plantas.

INTRODUCCIÓN. El hierro (Fe) es un nutriente fundamental para el crecimiento de las plantas, ya que desempeña múltiples roles cruciales. Es un cofactor esencial para diversas enzimas que participan en la respiración celular, en la síntesis de ADN, en la producción de clorofila y en la función y almacenamiento de cloroplastos. Sin una cantidad adecuada de hierro, las plantas pueden experimentar clorosis (amarillamiento de las hojas), crecimiento deficiente y otros problemas relacionados con su desarrollo. (Salmerón et al., 2018). Existen suelos ricos en Fe, pero mayormente no está biodisponible para las plantas, ya que es un mineral que suele oxidarse con mucha facilidad (Juárez et al., 2007). Uno de los principales

efectos que la falta de hierro provoca en Arabidopsos thaliana es clorosis en el follaje, acortamiento en la raíz primaria y mayor número en raíces laterales y pelos radiculares (Müller y Schmidt, 2004). Cuando la planta se encuentra sometida a deficiencia de Fe una serie de enzimas aumentan su actividad y segregación de compuestos fenólicos (Mslini et al., 2015). Las plantas utilizan dos estrategias diferentes para la absorción de Fe con la finalidad de adaptarse a los ambientes carentes de este nutriente nombradas "estrategia I" y "estrategia II". Arabidopsis thaliana utiliza la estrategia I, la cual es un mecanismo basado en la reducción que implica: la acidificación de la rizosfera por protones liberados por las raíces, la reducción de Fe3+ a Fe2+ por una reductasa localizada en la membrana (FRO2) y la absorción de Fe2+ por las raíces por un transportador de Fe de alta afinidad localizado en la membrana (IRT) a su vez también intervienen transportadores (PEZ1 y PDR9) cuya función es liberar compuestos fenólicos para movilizar el hierro (Montejano et al., 2018) En un estudio realizado por Lin et al. En 2016 descubrieron que se requiere la acumulación de sacarosa para regular las respuestas de deficiencia de Fe en plantas, mientras que la aplicación exógena de sacarosa estimuló la expresión de los genes relacionados con la adquisición de Fe, FRO2 e IRT1 en las raíces, además encontrando que las auxinas actúan para transmitir la señal de deficiencia de Fe. Dicho lo anterior en el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de sacarosa sobre la toma de hierro en Arabidopsis thaliana, y sus efectos sobre el desarrollo en condiciones limitantes de hierro.

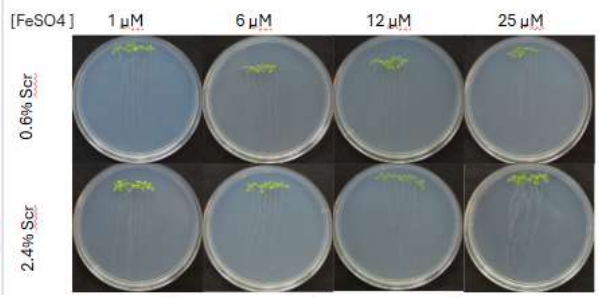
ANTECEDENTES. Las plantas utilizan dos estrategias diferentes para adaptarse a entornos deficientes en Fe: La estrategia I (estrategia basada en la reducción) es utilizada principalmente por dicotiledóneas y monocotiledóneas no gramíneas, y se basa en la actividad combinada de tres tipos de proteínas localizadas en la membrana plasmática de la epidermis de la raíz, cuya expresión se induce cuando la disponibilidad de Fe es baja. (Liang et al.,2022). En primer lugar, las ATPasas secretan protones en la rizosfera, reduciendo el pH, lo cual aumenta la solubilidad del Fe. Posteriormente, las oxidasas de reducción férrica, cuya actividad se promueve a pH ácido, reducen el Fe3+ a Fe2+ y finalmente, los transportadores ZIP (ZINC-REGULATED TRANSPORTER/IRON REGULATED TRANSPORTER-LIKE PROTEIN) absorben el Fe2+ en las raíces de las plantas. En A. thaliana, estas tres proteínas están codificadas por AHA2 (H+ -ATPasa 2), FRO2 (FERRIC REDUCTION OXIDASES 2) e IRT1 (IRON-REGULATED TRANSPORTER 1), respectivamente (Li et al., 2023). A diferencia de la Estrategia I, la Estrategia II (estrategia de quelación de Fe) es empleada predominantemente por monocotiledóneas gramíneas, incluyendo cultivos industrialmente valiosos como el arroz y consiste en la toma de hierro mediante compuestos (fitosideróforos) capaces de formar un quelato de Fe. (Liang et al., 2022). La sacarosa es un carbohidrato reconocido en un principio como una fuente de energía para el metabolismo de las plantas, sin embargo, varios estudios han demostrado que la sacarosa también funciona como una molécula de señalización involucrada en la regulación de varios procesos fisiológicos en las plantas, como el crecimiento de las raíces, el desarrollo y la maduración de los frutos y la elongación del hipocótilo (Kircher and Schopfer, 2012; Lilley et al., 2012; Jia et al., 2013; Ruan, 2014). En un estudio realizado por Lin et al., 2016. encontraron que deficiencia de Fe regula positivamente la expresión de FRO2 e IRT1 de manera significativa por la sacarosa exógena. Además, la elevación de los niveles endógenos de sacarosa en las raíces por la sobreexpresión del transportador de sacarosa SUC2 (SUCROSE TRANSPORTER 2) también incrementó las respuestas de

deficiencia de Fe mientras que una disminución de la sacarosa endógena inducida mediante oscuridad o por mutación de SUC2 reprimió las respuestas de deficiencia de Fe. Estos datos confirman que la sacarosa tiene un rol importante en los mecanismos de toma de hierro, adicionalmente se ha sugerido que las auxinas podrían estar jugando un papel importante en esta mejora de la toma de hierro. Por lo que es de nuestro interés dilucidar si algunos de los otros componentes de la vía de toma de hierro se están viendo afectados por la adición de sacarosa y como esta es captada por la raíz, así como el posible rol de las auxinas en esta mejora en la captación de hierro.

OBJETIVOS. Evaluar el efecto de la sacarosa en la toma de hierro de Arabidopsis thaliana en condiciones de deficiencia de hierro. Evaluar la participación de las auxinas en la respuesta a la mejora en la toma de hierro inducida por sacarosa.

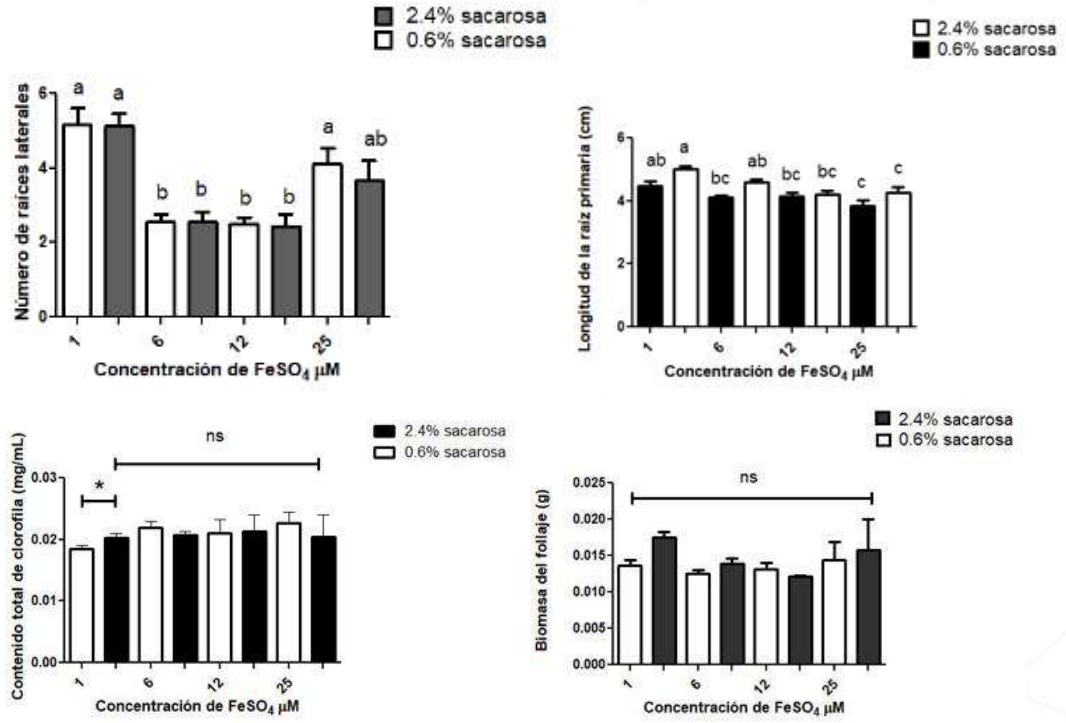
MATERIALES Y MÉTODOS. Para los diferentes bioensayos se utilizaron semillas de Arabidopsis thaliana ecotipo Col-0 y las mutantes ligadas a la toma de hierro irt1 y fro2. Adicionalmente se utilizó una línea transgénica sobreexpresora de síntesis de auxinas 35S::YUC4. Previo a la siembra de las semillas, se desinfectaron con Etanol al 96% y Cloro al 20% durante 5 y 7 minutos respectivamente, finalizando con 5 enjuagues de 1 minuto c/u con agua desionizada estéril.
Las semillas fueron sembradas en placas Petri conteniendo 30ml de medio MS 0.2X adicionado con sacarosa al 0.6% y pH=7 durante 8 días. Transcurrido este periodo las plantas fueron transferidas a placas Petri con Medio MS 0.2X adicionando 0.6% y 2.4% de sacarosa, tomando la primera como concentración control. Además, a cada uno de los tratamientos de sacarosa se adicionó hierro en concentraciones de 1,6,12 y 25 µM. Para inducir la deficiencia de hierro se utilizó ferrocina (FZ) 200 µM, la cual puede formar un complejo que se muestra purpura en los medios de cultivo al formar quelatos con Fe2+. Una vez terminados los tratamientos se midieron los siguientes parámetros de crecimiento y desarrollo: Longitud de la raíz primaria, numero de raíces laterales, contenido total de clorofila y biomasa del follaje.

RESULTADOS. Efecto de sacarosa sobre Arabidopsis thaliana en condiciones diferenciales de hierro.



Se colocaron 6 plantas de Arabidopsis thaliana en cada tratamiento, con diferentes concentraciones de sacarosa donde la concentración base del medio MS 0.2x de 0.6% se fue duplicando a 2.4%. Por otra parte, el hierro fue disminuyendo en cada tratamiento, donde primero se colocaron 25 µM, posteriormente se colocaron concentraciones más bajas de Fe a 12 µM, 6 µM y 1 µM.

Análisis de ANOVA, prueba post-hoc Tukey, $p<0.05$ (n=12), El experimento se realizó por duplicado. En las siguientes graficas se miden varios parámetros como: longitud de la raíz primaria, número de raíces laterales, contenido de clorofila y biomasa del follaje.



Efecto de sacarosa sobre el crecimiento y desarrollo de *Arabidopsis thaliana* en condiciones de deficiencia de hierro.

Se colocaron 18 plantas por tratamiento las cuales 6 eran Col-0, 6 *irt1* y 6 *fro2* fueron se sometieron a diferentes concentraciones de sacarosa donde la concentración base del medio MS 0.2x de 0.6% se fue duplicando a 2.4%. Y en esta ocasión para inducir la deficiencia de hierro se utilizó ferrocina (FZ) 200 µM, la cual puede formar un complejo que se muestra purpura en los medios de cultivo al formar quelatos con Fe2+.

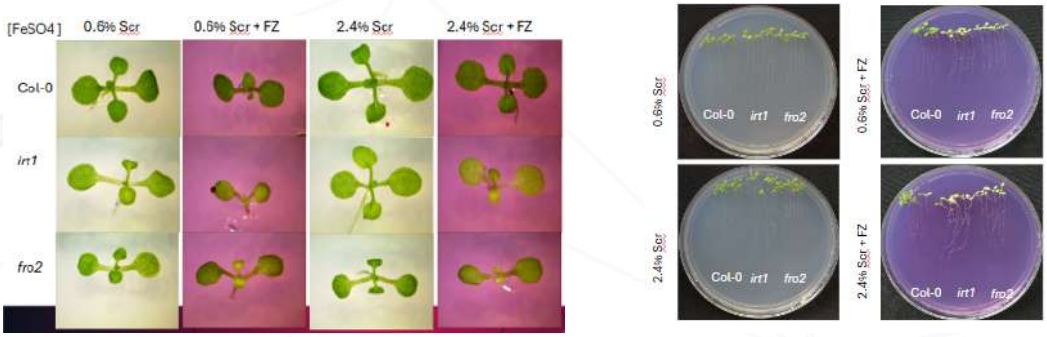
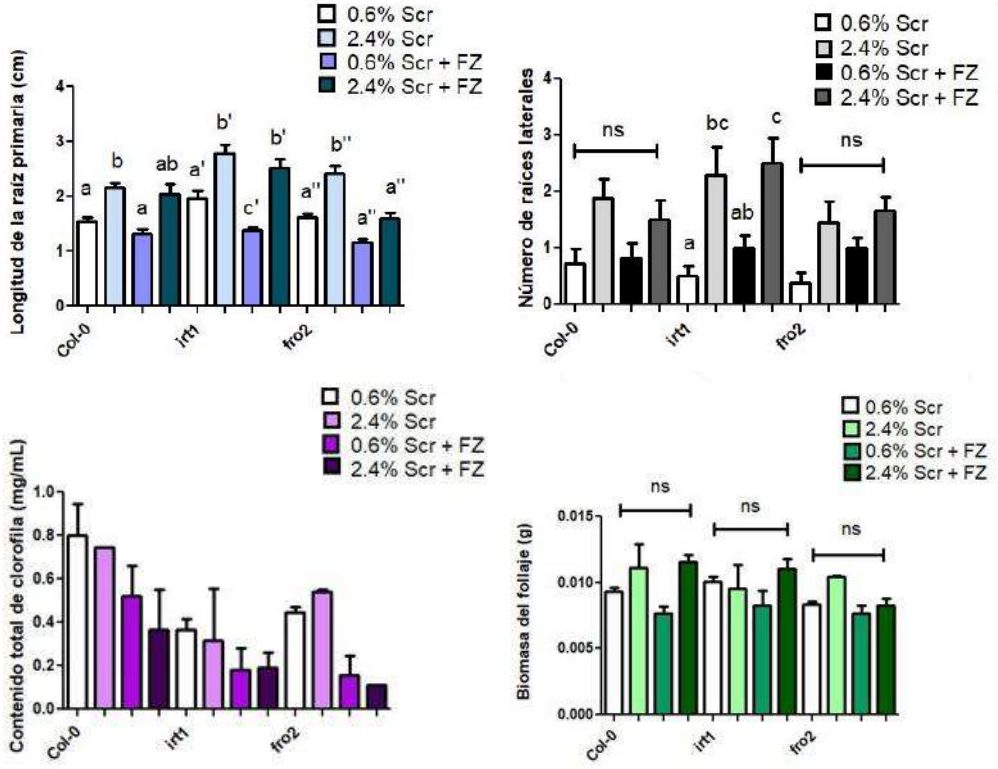


Fig 2. En la imagen se muestra el efecto de la sacarosa sobre el crecimiento de *A. thaliana* ecotipo Col-0 y las mutantes *irt1* y *fro2* en condicione de deficiencia de Fe.

Fig 3. En la imagen se muestra el efecto de la sacarosa sobre el contenido total de clorofila y biomasa del follaje en *A. thaliana* ecotipo *Col-0* y las mutantes *irt1* y *fro2* en condiciones de deficiencia de Fe.

Analisis de ANOVA, prueba post-hoc Tukey, $p<0.05$ (n=18), El experimento se realizó por triplicado. En las graficas se miden varios parámetros como: longitud de la raíz primaria, número de raíces laterales, contenido de clorofila y biomasa del follaje.



Efecto de la sacarosa sobre el crecimiento de líneas sobreexpresoras de auxinas en condiciones de deficiencia de hierro.

Se repitió el experimento anterior, pero esta vez en vez de utilizar mutantes de *A. thaliana* se utilizaron plantas sobreexpresoras de auxinas 35S::YUC4.

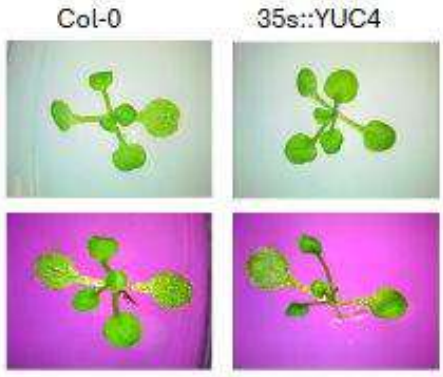
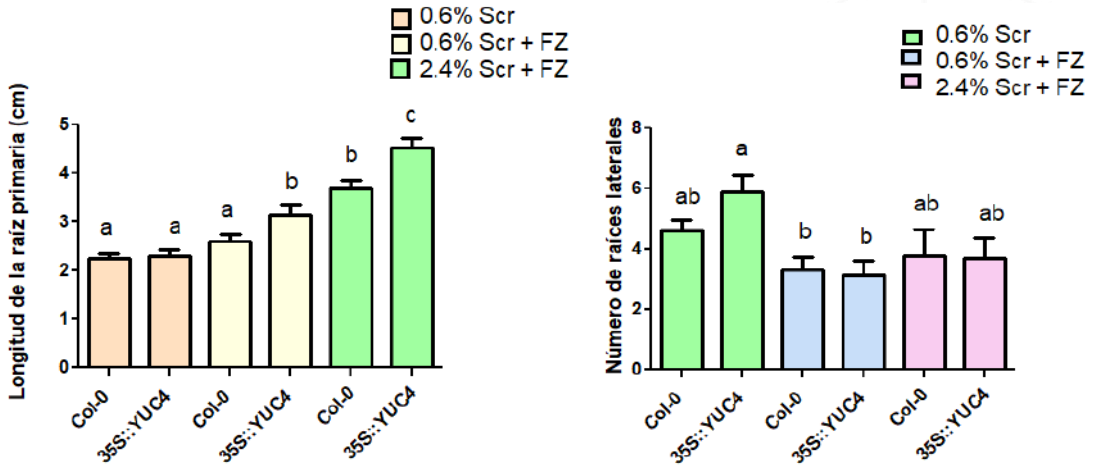


Fig. 4 Efecto de la sacarosa sobre el crecimiento y desarrollo de Col-0 y una sobreexpresora de auxinas 35S::YUC4 en condiciones diferenciales de Fe.



Analisis de ANOVA, prueba post-hoc Tukey, $p<0.05$ (n=18), El experimento se realizó por triplicado.
En las gráficas se muestra la longitud de la raíz primaria y el número de raíces laterales.

CONCLUSIONES. La investigación indica que la sacarosa exógena puede incrementar la captación de hierro en plantas, aunque no logra restaurar por completo esta función en los mutantes irt1. Sin embargo, en los mutantes fro2, la deficiencia de hierro se recupera parcialmente en ausencia de ferrocina. Aunque se propuso que la sacarosa podía inducir la biosíntesis de auxinas a través de 35S::YUC4, los resultados experimentalesno mostraron que la linea sobreexpresora de 35S::YUC4 mejorara la captación de hierro. Los resultados no evidenciaron que la mutante 35S:YUC4 fuera resistente a la deficiencia de hierro, ya que continuó requiriendo la adición de sacarosa exógena para aliviar los síntomas de dicha deficiencia.

REFERENCIAS.

1. Montejano R., Valencia E., Beltrán E. (2018) Absorción, localización y homeostasis del hierro en las plantas superiores.
2. Palmerón B. G., López-Bucio J., Beltrán E. (2018) Efecto de la deficiencia de hierro sobre el sistema radicular de Arabidopsis thaliana.
3. Juárez M, Cerdán M, Sánchez-Sánchez A (2007) Hierro en el sistema suelo planta. Departamento de Agroquimica y Bioquimica. Facultad de ciencias. Universidad de Alicante. exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/HIERRO.pdf.
4. Muller M, Schmidt W (2004) Environmentally induced plasticity of root development in Arabidopsis. Plant Physiol 134: 409-419
5. Mislini N, Ferchi J, Chebbi M, Lachaal M, Ouerghi Z (2015) Arabidopsis thaliana tolerantes iron deficiency more that Thellungiella salsuginea by inducing metabolic changes at the root level. Acta Biol Cracov 57:44-50
6. Liang G. (2022). Iron uptake, signaling, and sensing in plants. Plant Comm. 3, 100349.
7. Li M, Watanabe S, Gao F, Dubos C. Iron Nutrition in Plants: Towards a New Paradigm? Plants (Basel). 2023 Jan 13;12(2):384. doi: 10.3390/plants12020384. PMID: 36679097; PMCID: PMC9862363
8. Xian Yong Lin, Yi Quan Ye, Shi Kai Fan, Chong Wei Jin, Shao Jian Zheng, Increased Sucrose Accumulation Regulates Iron-Deficiency Responses by Promoting Auxin Signaling in Arabidopsis Plants, Plant Physiology, Volume 170, Issue 2, February 2016, Pages 907–920, https://doi.org/10.1104/pp.15.01598

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324121

PROCESAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS DE BAGAZO Y GUAYABA

Brenda Ivette Mendoza Marin[1], Liliana Márquez Benavides[2], Marina Velarde Sánchez[3]

1Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán; brendaivettemendoza4@gmail.com

2Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo; liliana.marquez@umich.mx

3Universidad Tecnológica del Oriente de Michoacán; marinasanvel@gmail.com

Palabras Clave: Economía Circular, Biomasa, Eficiencia Energética.

RESUMEN. México es uno de los principales países productores agroalimentarios del mundo, gracias a su diversidad geográfica, variedad de climas, y suelos fértiles. Esto permite la producción de una amplia gama de productos agrícolas, incluidos frutas, verduras, granos, y productos con denominación de origen como el tequila y el mezcal. La agricultura mexicana contribuye significativamente al PIB y genera empleo, especialmente en áreas rurales. Sin embargo, la expansión del sector agroalimentario también conlleva desafíos, especialmente en la gestión de los residuos lignocelulósicos, como el bagazo de agave y la semilla de Psidium guajava, cuya disposición inadecuada puede ocasionar serios problemas ambientales, incluyendo la contaminación del suelo y mantos acuíferos, así como la emisión de gases de efecto invernadero a través de la descomposición anaeróbica. Paralelamente el uso de papel reciclado como componente adicional en la elaboración de briquetas se presenta como un aglutinante de bajo costo y fácil adquisición proporcionando así su uso como nuevas fuentes de energía renovable y sostenibles incentivando la investigación en la generación de biocombustibles sólidos como alternativa energética. Este proyecto propone la elaboración de briquetas “biocombustible sólido que se fabrica mediante la compactación de residuos orgánicos” a partir de una combinación de bagazo de agave, semilla de Psidium guajava y papel, con el objetivo de transformar estos subproductos lignocelulósicos en una fuente eficiente y sostenible de energía. Al abordar simultáneamente la problemática de la gestión de residuos y la generación de biocombustibles.

INTRODUCCIÓN. México se posiciona como uno de los principales actores en el sector agroalimentario a nivel global, lo cual se atribuye a su vasta diversidad geográfica y climática, que abarca desde zonas tropicales hasta regiones áridas. Estas condiciones agroecológicas permiten la producción de una amplia variedad de cultivos, desde frutas y hortalizas hasta cereales y productos con denominación de origen. La agroindustria mexicana no solo cumple un papel esencial en la seguridad alimentaria nacional, sino que también tiene un impacto significativo en los mercados internacionales, siendo un proveedor clave de productos agrícolas para países como Estados Unidos, y mercados emergentes en Europa, Asia, y América Latina. El país lidera la producción mundial de varias frutas y verduras, tales como aguacate, mango, guayaba, y berries, además de ser un productor importante de granos básicos como el maíz y el frijol, esenciales para la dieta nacional e internacional. Además, productos de alta relevancia cultural y económica, como el tequila y

el mezcal, cuentan con denominaciones de origen que garantizan su autenticidad y calidad, contribuyendo a la preservación de prácticas tradicionales y a la promoción de la herencia cultural mexicana(COMERCAM, 2024). La contribución del sector agroalimentario al Producto Interno Bruto (PIB) es significativa, representando una fuente primordial de ingresos y empleo, especialmente en las zonas rurales. Dado que el país es uno de los principales productores, los residuos de las producciones agroalimentarias presentan volúmenes exorbitantes, presentando una problemática tanto para los micro y macro productores, por lo cual presentamos para ellos una gestión eficiente de residuos lignocelulósicos, especialmente el bagazo de agave y la semilla de Psidium guajava, ya que es crucial para mitigar su impacto negativo en el medio ambiente, incluyendo la contaminación de suelos, mantos acuíferos y la liberación de gases de efecto invernadero debido a la descomposición anaeróbica (Dinesha et al. 2018). Simultáneamente, la utilización de papel reciclado como un aglutinante de bajo costo en la producción de briquetas se presenta como una alternativa accesible, promoviendo su aplicación como fuente de energía renovable y sostenible. Este enfoque incentiva la investigación en biocombustibles sólidos, mejorando la gestión de desechos, reduciendo la dependencia de la leña, aumentando la eficiencia energética y disminuyendo las emisiones de contaminantes.

ANTECEDENTES. Investigaciones previas exploraron el uso de residuos orgánicos y biomasa para la producción de biocombustibles. Ibrahim et al. en 2022, exploraron una metodología innovadora para la producción de briquetas utilizando una combinación no convencional de heces humanas secas y aserrín, empleando melaza como aglutinante. El estudio implementó una proporción equitativa de 50:50 entre carbón fecal y carbón de aserrín, con un 10% de melaza para facilitar la formación de las briquetas. Para evaluar la viabilidad y calidad de las briquetas producidas, se realizaron exhaustivos análisis de parámetros clave, tales como contenido de humedad, cenizas, materias volátiles, carbono fijo, poder calorífico y emisiones de gases. El proceso de producción fue meticuloso e incluyó varias etapas críticas: el secado inicial de los materiales, la pirolización a 350 °C durante dos horas en condiciones de vacío, y luego la trituración, mezcla y compactación de los materiales mediante una prensa hidráulica. Las briquetas resultantes fueron sometidas a un secado final en horno a 104 °C durante 24 horas, seguido de un secado adicional en invernadero durante siete días y tamizado a ≤300 µm. Este enfoque integral subrayó no solo la innovación en el uso de materias primas poco convencionales, sino también la importancia de un riguroso proceso de producción para obtener briquetas de alta calidad. Los resultados del estudio indicaron un significativo potencial energético y ambiental de las briquetas, destacando la relevancia de técnicas de producción bien controladas para la generación de biocombustibles sostenibles. En una investigación reciente, García y López en el 2023 exploraron las posibilidades del briquetado combinando carbón subbituminoso y biomasa torrefactada, utilizando bentonita como aglutinante inorgánico. Esta investigación se centró en una mezcla precisa compuesta por un 95% de carbón subbituminoso, un 5% de biomasa torrefactada y una proporción variable de bentonita, oscilando entre el 2% y el 10%. La meticulosa selección de estos materiales permitió examinar detalladamente una amplia gama de parámetros relevantes para la calidad y el rendimiento, los cuales fueron la densidad, resistencia al agua, resistencia a la caída, índice de resistencia al impacto, resistencia al aplastamiento en frío, índice de reactividad y poder calorífico.

OBJETIVOS. Desarrollar briquetas lignocelulósicas en base bagazo, Psidium guajava y papel, para su aprovechamiento como fuente de energía, complementando el uso de leña en la destilación del mezcal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Probar dos mezclas porcentuales 70:30 (70 % bagazo con 30% semilla de Psidium guajava) y 70:15:15 (70 % bagazo, 15% semilla de Psidium guajava y 15% papel), para generar briquetas de alta densidad para su uso como combustible. Evaluar densidad, tiempo de quema, poder calórico y porcentaje de cenizas. Comparar el rendimiento energético y el impacto ambiental del uso de las briquetas frente a la leña tradicional en la destilación del mezcal.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se recolectaron 50 kg de bagazo residual de una mezcla de Agave cupreata, Agave espadín, y Agave inaequidens en el municipio de Etúcuaro, Michoacán (longitud: -101.214722 y latitud: 19.420278). También se recolectaron 10 kg de semilla de Psidium guajava de una productora de ates y mermeladas llamada Agroinova Michoacán. Para la realización de estas briquetas contamos con dos aglutinantes, la semilla Psidium guajava por su contenido de pectina y papel debido a la celulosa con la que este cuenta, proporcionado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), el cual fue disminuido después de su recolección. La investigación se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la UMSNH. Para prevenir el crecimiento de microorganismos, el bagazo se colocó al sol hasta su completo secado. Las hojas de papel tamaño carta se trituraron, y el carbón se redujo a polvo con la ayuda de un mortero. Posteriormente, se pesaron el bagazo y los aglutinantes utilizando una balanza electrónica Ohaus Scout SCA210. Las muestras de bagazo y papel fueron remojadas para facilitar el proceso de mezcla y luego se colocaron en diferentes recipientes durante tres días. Por su lado la semilla de Psidium guajava fue remojada en agua a 80 °C por 10 minutos, posteriormente se integraron los diferentes porcentajes de bagazo y aglutinantes para realizar las mezclas correspondientes. El proceso de compactación se realizó utilizando una briquetadora manual proporcionada por la Facultad de Tecnología de la Madera de la UMSNH. Las mezclas fueron compactadas en bloques densificados de biomasa de bagazo residual de agave, semilla de guayaba, papel y carbón, y luego se dejaron reposar al sol durante 15 días para su secado final. El proceso general se ilustra en la Fig. 1, y a continuación se detalla el diseño experimental de las distintas formulaciones de briquetas.

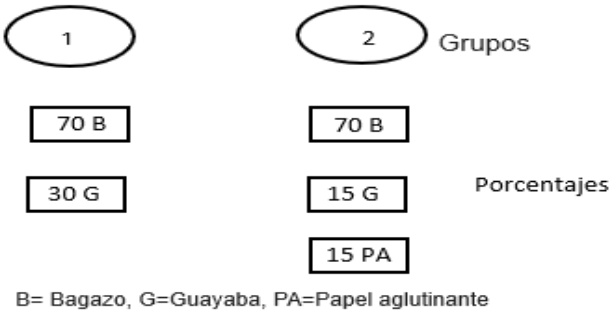


Figura 1. *Diseño experimental de porcentajes de bagazo y aglutinantes. B=bagazo; G=Guayaba; PA=Aglutinante papel.*

Una vez las briquetas se encontraron completamente secas, se evaluaron densidad, tiempo de quema, poder calórico, y porcentaje de cenizas.
Para la obtención de densidad se usó la siguiente ecuación de acuerdo (1):
(1)

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Donde:
ρ : densidad de las briquetas.
M : masa de la muestra.
V : volumen de la muestra.
Cabe mencionar que aún no han sido llevadas dentro de las vinatas, por lo cual. Se realizaron pruebas a escala para determinar un tiempo de quema aproximado de las briquetas, considerando que la densidad (kg/cm3) ronda entre los 500 a 550 gramos. Se realizaron quemas de 5 muestras como se muestran en las Fig.,2 y Fig.,3.En las cuales se muestran los resultados obtenidos.

Muestra	Kg	Masa g	Kg	Masa H2O ml	Tiempo de quema	Ti	Tf	Porcentaje de ceniza	%	Tf-Ti	Calor absorbido H2O	Pc Bagazo	Tiempo combustión min
1	0.0055	5.5	0.08	80	0.2	23	55	804	2	32	20.3984	23.5294	36.3636364
2	0.0044	4.4	0.08	80	0.25	23	60	804.5	2.5	37	15.7168	20	56.8181818
3	0.0086	8.6	0.08	80	0.31	23	70	806.1	4.1	47	10.7008	20.5128	36.0465116
4	0.0045	4.5	0.08	80	0.22	23	53	803	1	30	13.376	22.8571	48.8888889
5	0.0068	6.8	0.08	80	0.24	23	58	803.3	1.3	36	7.3568	21.0526	35.2941176

Figura 2. *Tabla de resultados aproximados de las briquetas 70:30*

Muestra	Kg	Masa g	Kg	Masa H2O ml	Tiempo de quema	Ti	Tf	Porcentaje de ceniza	%	Tf-Ti	Calor absorbido H2O	Pc Bagazo	Tiempo combustión min
1	0.0036	3.6	0.08	80	0.2	23	55	804	2	32	20.3984	23.5294	55.5555556
2	0.0039	3.9	0.08	80	0.25	23	60	804.5	2.5	37	15.7168	20	64.1025641
3	0.0074	7.4	0.08	80	0.31	23	70	806.1	4.1	47	10.7008	20.5128	41.8918919
4	0.0035	3.5	0.08	80	0.22	23	53	803	1	30	13.376	22.8571	62.8571429
5	0.0038	3.8	0.08	80	0.24	23	58	803.3	1.3	36	7.3568	21.0526	63.1578947

Figura 3*. Tabla de resultados aproximados de las briquetas 70:15:15*

CONCLUSIONES. Proponemos que las briquetas hechas bajo el porcentaje 70:15:15 son una alternativa eficiente, rentable y sostenible para cubrir la demanda energética de la destilación en la industria mezcalera. Representando una oportunidad para generar valor económico a partir de residuos agroalimentarios antes considerados un problema.

REFERENCIAS.

1. Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C. (COMERCAM) 2024. Informe estadístico 2024.
2. Demirbas, A. (1999). Propiedades físicas de briquetas de papel usado y mezclas de paja de trigo. Conversión y gestión de energía, 40 (4), 437-445. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(98)00111-3.
3. Dinesha P., Kumar S. y Rosen M. A. (2018). Briquetas de biomasa como combustible alternativo: un análisis integral. Tecnología energética. https://doi.org/10.1002/ente.201801011.
4. Rodríguez, C. A. y De la Cerna, H. C. (2017). El mezcal, su producción y tratamiento de residuos. Alianzas y tendencias. 8 (2), 10-14. https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/9211.
5. Rosales S. R., Carrillo P. A., Ríos S. J. C., Reyes J. D., Sierra Z. D., Santana E. S., Jiménez O. F., Domínguez M. P. A. y C. A.

6. Nava B. (2024). Densificación de biomasa para mejorar la eficiencia de la gestión y obtener productos de alto valor en México. Recursos. 13, 48. https://doi.org/10.3390/resources13030048

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324122

EFECTO DEL EXTRACTO DE MICROALGAS ASOCIADAS A RAÍCES DE PLANTAS EN EL CRECIMIENTO in vitro DE Solanum lycopersicum

Kimberly Georgette Murguía Pérez Negrón[1], Idolina Flores Cortez[2], Eduardo Valencia Cantero[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1907855e@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, idolina.flores@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, eduardo.cantero@umich.mx

Palabras Clave: Bioestimulantes, agricultura sostenible, Parachlorella sp. UMIF1, Scenedesmus sp. UMKM1, promoción del crecimiento.

RESUMEN. México es líder mundial en la exportación de jitomate. En 2022 las exportaciones superaron los 2,000 millones de dólares, destacando su importancia en la economía del país. Michoacán ocupa el tercer lugar en producción nacional, contribuyendo significativamente al sector agrícola. No obstante, el cultivo intensivo de jitomate plantea un desafío de sostenibilidad, debido al uso excesivo de agroquímicos que afectan al medio ambiente y a la salud pública. Por ello, es fundamental encontrar alternativas más sostenibles. Los compuestos bioestimulantes extraídos de microalgas representan una opción prometedora. La biomasa de microalgas es rica en micro y macronutrientes, fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas) y antioxidantes (pigmentos, polifenoles, tocoferoles), todos ellos con propiedades bioestimulantes en plantas. Este proyecto tiene como objetivo analizar el efecto de extractos de microalgas en el crecimiento de plántulas de jitomate in vitro. Para ello, se aislaron e identificaron dos especies de microalgas asociadas a raíces de plantas: Parachlorella sp. UMIF1 y Scenedesmus sp. UMKM1. Para la preparación del extracto acuoso se cultivaron las microalgas en dos medios sólidos Sueoka y Zarrouk durante ocho días. Posteriormente, la biomasa se sometió a un proceso de secado y disrupción celular mediante ciclos de congelación-descongelación, seguido de sonicado. Se obtuvieron cuatro extractos concentrados. Se realizaron ensayos de germinación y experimentos in vitro con plántulas de jitomate crecidas en medio MS. En los resultados se observó que el extracto de Parachlorella sp. UMIFI1 en medio Sueoka a una concentración del 5% incrementó en un 27.5% la germinación de semillas de jitomate en comparación con el control. En los experimentos in vitro con plántulas de jitomate, los extractos generaron diferencias estadísticas significativas en todos los parámetros de crecimiento medidos, destacandose Parachlorella sp. UMIF1 en medio Zarrouk al 2.5%, y Scenedesmus sp. UMKM1 en medio Zarrouk al 2.5% y 5%.

INTRODUCCIÓN. La ONU estima que para 2050 la población mundial alcanzará los 9.7 mil millones de personas, lo que generará una gran presión sobre los recursos alimentarios. Para satisfacer esta creciente demanda, la agricultura actual depende del uso de agroquímicos, que si bien han incrementado la producción, también han causado graves daños ambientales y de salud pública. El uso excesivo de agroquímicos contribuye a la

emisión de gases de efecto invernadero como CO_2, CH_4 y N_2O (Zhang et al., 2023), además de degradar suelos agrícolas, causar erosión, pérdida de materia orgánica, acidificación y contaminación de cuerpos de agua (Pisciotta et al., 2015). Estos también representan un riesgo significativo para la salud de los agricultores, quienes pueden sufrir efectos graves y crónicos, incluido el cáncer, por la exposición prolongada a estos productos, por lo que surge la necesidad de alternativas más ecológicas. Una solución potencial es el uso de compuestos bioestimulantes derivados de microalgas. Las microalgas, contienen fitohormonas y metabolitos secundarios que favorecen el crecimiento, desarrollo y resistencia de las plantas a factores de estrés ambiental, además de mejorar la absorción de nutrientes y la calidad de los cultivos (Han et al., 2018). Debido a estas propiedades, las microalgas representan una alternativa sostenible a los agroquímicos, alineándose con los objetivos de un futuro más sustentable y seguro para la salud de productores y consumidores.

ANTECEDENTES. En la última década, ha aumentado significativamente la investigación sobre el uso de microalgas en la agricultura, destacándose su potencial como bioestimulantes, insecticidas y pesticidas (Gautam et al., 2021). La biomasa de microalgas es rica en micro y macroelementos esenciales, fitohormonas (auxinas, giberelinas, citoquininas) y antioxidantes (pigmentos, polifenoles, tocoferoles), que mejoran el crecimiento vegetal y la resistencia al estrés ambiental. Los bioestimulantes derivados de microalgas, ya sea en forma de células vivas o extractos, han demostrado ser efectivos en la optimización de parámetros de crecimiento como la altura, número de hojas y raíces, actividad antioxidante y rendimiento de los cultivos (Žunić et al., 2024).

OBJETIVOS. Analizar el efecto de microalgas asociadas a plantas en la promoción de crecimiento de plántulas de jitomate.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el desarrollo de este estudio se tomaron muestras de microalgas asociadas a las raíces de Vanda y Pothos. Se preparó medio sólido Sueoka suplementado con Captan para eliminar la presencia de hongos en las muestras, después se preparó medio sólido suplementado con rifampicina y ácido nalidíxico para eliminar bacterias. Los cultivos axénicos de microalgas se resembraron en agar nutritivo para verificar la ausencia de contaminantes. Posteriormente se realizó la identificación molecular de dos microalgas diferentes morfológicamente, correspondiendo a Parachlorella sp. UMIF1 y Scenedesmus sp. UMKM1. Para la obtención del extracto de microalgas, se cultivó a las microalgas en medios de cultivo sólidos Sueoka (Sueoka, 1960) y Zarrouk (Zarrouk, 1966), recolectando la biomasa después de 8 días de crecimiento. La biomasa se secó, pesó, resuspendió en buffer PBS, y se sometió a congelación, descongelación, sonicación y centrifugación para obtener el extracto, el cual se almacenó a -20 °C hasta su uso. Para los ensayos de germinación, se desinfectaron superficialmente semillas de jitomate "Guajito" y se sometieron a un proceso de vernalización. Las semillas fueron tratadas con diferentes concentraciones del extracto de microalgas y se evaluó el porcentaje de germinación. Además, se evaluaron los efectos del extracto de microalgas en plántulas de jitomate en condiciones in vitro. Se midieron parámetros de crecimiento como peso de la parte aérea, longitud de parte aérea, peso de raíz, longitud de raíz y número de raíces secundarias.

RESULTADOS. En los resultados se observó que el extracto de Parachlorella sp. UMIF1 crecida en medio Sueoka (SK) a una concentración del 5% incrementó en un 27.5% la germinación de semillas de jitomate en comparación con el control (Figuras 1j y 1o). En los experimentos in vitro con plántulas de jitomate, los extractos generaron diferencias estadísticas significativas en todos los parámetros de crecimiento medidos.

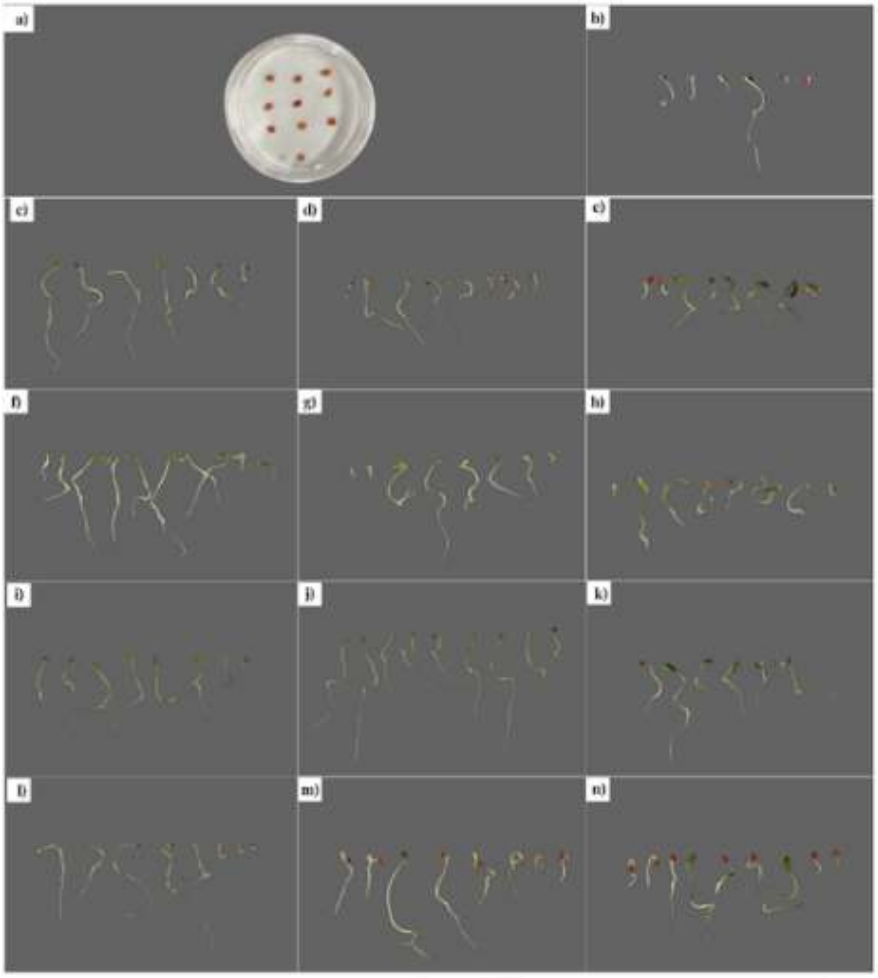


Figura 1. *Germinación de semillas de jitomate variedad "guajito" con la aplicación de extractos de microalgas a distintas concentraciones.Sistema utilizado para la germinación de las semillas de jitomate (a), Control (b), extracto de Scenedesmus sp. UMKM1 en medio Sueoka (SK) al 2.5% (c), 5% (d),10% (e), Scenedesmus en medio Zarrouk (Zarr) al 2.5% (f), 5% (g),10% (h), extracto de Parachlorella sp. UMIF1 en medio SK al 2.5% (i), 5% (j), 10% (k), Parachlorella en medio Zarr al 2.5% (l), 5% (m) 10% (n), Gráfica de los porcentajes de germinación de los distintos tratamientos (o). Letras diferentes indican diferencia estadística significativa de acuerdo a ANOVA, Tukey ($p<0.05$) n=4.*

El extracto de *Scenedesmus* sp. UMKM1, crecida en medio Zarrouk (Zarr), a la concentración del 5% incrementó un 182% el número de raíces secundarias y 170% la longitud de la raíz primaria, en la concentración de 2.5% se observó un incremento del 206% en el peso de raíz y del 28% en la altura de la plántula de jitomate; para el caso de esta microalga crecida en medio SK, el extracto preparado al 5% generó un incremento del 50% en el peso de la biomasa aérea.

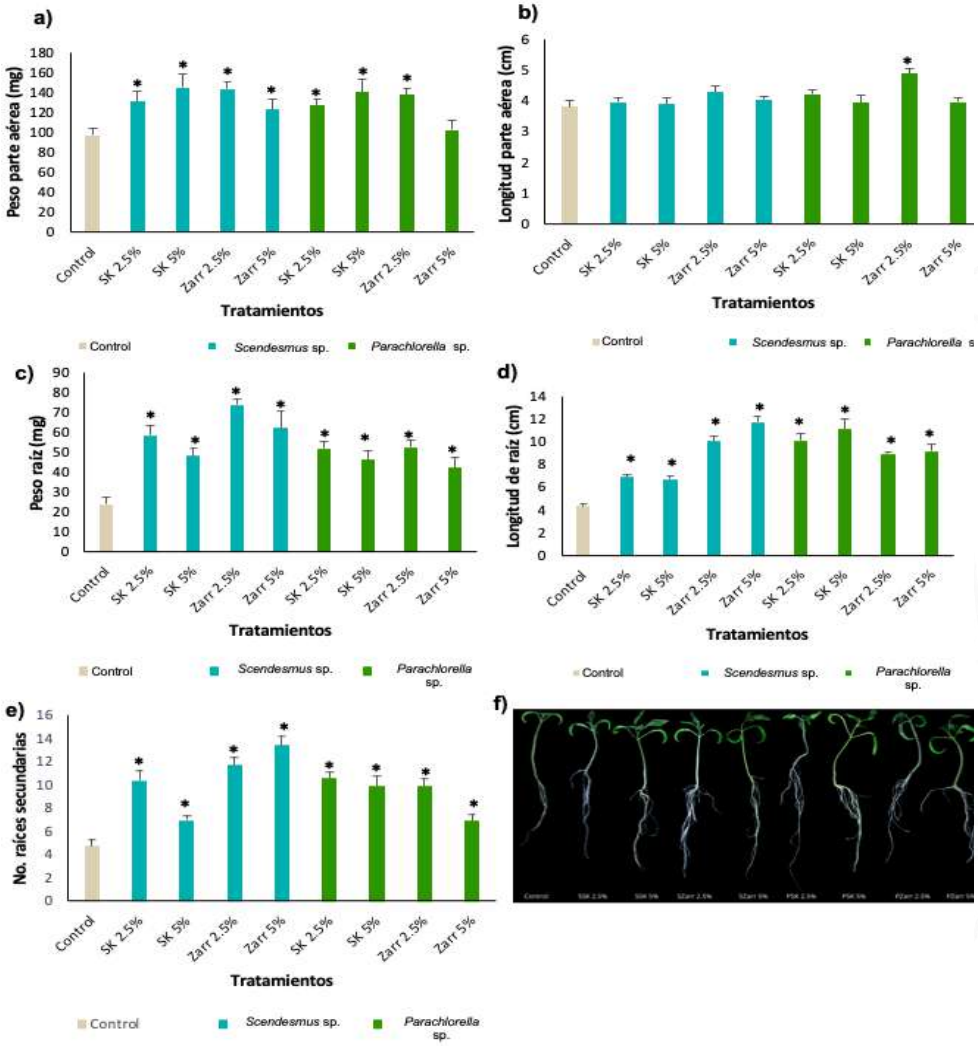


Figura 2. Efecto de extractos de *Scenedesmus* sp. UMKM1 y *Parachlorella* sp. UMIF1 crecidas en medio Sueoka (SK) y Zarrouk (Zarr) a las concentraciones de 2.5% y 5 % en plántulas de jitomate *in vitro*. Los asteriscos indican diferencia estadística significativa con respecto al control de acuerdo a, *t* de Student ($p<0.05$), n=10.

CONCLUSIONES. Los resultados de este trabajo muestran que el extracto de Parachlorella sp. UMIF1 incrementó significativamente la germinación de semillas de jitomate cuando se utilizó al 5% y en medio Sueoka. En los experimentos in vitro con plántulas de jitomate, los extractos generaron diferencias estadísticas significativas en todos los parámetros de crecimiento medidos, destacandose Parachlorella sp. UMIF1 en medio Zarrouk a la concentración de 2.5%, y Scenedesmus sp. UMKM1 en medio Zarrouk al 2.5% y 5%.

REFERENCIAS.

1. Gautam, K., Rajvanshi, M., et al. (2021). Microalgal applications toward agricultural sustainability: Recent trends and future prospects. In: Galanakis, C.M. (eds.). Microalgae: Cultivation, Recovery of Compounds and Applications, Academic Press. pp. 339-379.
2. Han, X., Zeng, H., et al. (2018). Phytohormones and effects on growth and metabolites of microalgae: a review. Fermentation. Vol. 4: 25.
3. Pisciotta, A., Cusimano, G., & Favara, R. (2015). Groundwater nitrate risk assessment using intrinsic vulnerability methods: A comparative study of environmental impact by intensive farming in the Mediterranean region of Sicily, Italy. Journal of geochemical exploration. Vol. 156: 89-100.
4. Sueoka, N. (1960). Miotic replication of deoxyribonucleic acid in Chlamydomonas reinhardtii. Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 46: 83-91.
5. Zhang, B., Yan, et al. (2023). Combining organic and Chemical fertilizer plus water-saving System reduces environmental impact and improves apple yield in rainfed apple orchards. Agricultural Water Management. Vol. 288.
6. Žunić, V., Hajnal-Jafari, T., et al. (2024). Application of microalgae-based biostimulants in sustainable strawberry production. Journal of Applied Phycology. Vol. 36.
7. Zarrouk, C. (1966) Contribution a L'etude D'une Cyanobacterie: Influence de Divers Facteurs Physiques et Chimiques sur la Croissance et la Photosynthese de Spirulina maxima (Setchell et Gardner) Geitler. Tesis Doctoral, University of Paris, Paris.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324125

DESARROLLO DE UN REFRESCO PROBIÓTICO A PARTIR DE CEPAS DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS AISLADAS DEL MANGO

Samira Meza Ruiz[1], Mauricio Perea Peña[2] y Enrique Pascual Alvarado[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2108623g@umich.mx
2 Instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales; mauricio.perea@umich.mx
3 Instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales; enrique.pascual@umich.mx

Palabras Clave: Salud, Fermentación, Producto.

RESUMEN. El presente estudio investiga el impacto de la adición de diferentes cepas de bacterias y levaduras probióticas en el desarrollo, estabilidad y propiedades organolépticas de un refresco probiótico a base de mango. Los probióticos afectan positivamente la salud humana al mejorar el equilibrio de la microbiota intestinal y la defensa de la mucosa contra patógenos.
Los ensayos se llevaron a cabo mediante la fermentación controlada de jugo de mango utilizando lactobacilos y levaduras aisladas de mango. Se analizaron parámetros como el pH, grados Brix y la viabilidad de las cepas. Además, se realizaron pruebas sensoriales para evaluar sabor, aroma, acidez e impresión general probiótico entre un panel de catadores. Los resultados indican que el uso de diferentes cepas puede cambiar significativamente tanto la estabilidad como las propiedades organolépticas del producto tras 7 días de fermentación, como el pH que se acidificó a 3.6 para Lactobacillus sp. y a 3.13 para las levaduras de mango debido a la producción de ácido láctico o alcohol, los grados Brix disminuyeron de 7 a 4 durante este periodo y en la evaluación sensorial, los refrescos obtuvieron una valoración promedio de 8, excepto en aroma, que fue de 6.9. Este estudio ofrece una base para el desarrollo de nuevos productos probióticos de frutas, destacando la importancia de la selección adecuada de microorganismos para optimizar tanto la funcionalidad probiótica como la calidad sensorial. En la siguiente fase del proyecto se evaluará la digestibilidad y las unidades formadoras de colonias presentes en la bebida, así como la sinergia de diferentes cepas de microorganismos.

INTRODUCCIÓN. La creciente prevalencia de enfermedades crónicas ha impulsado un aumento en la demanda de alimentos y bebidas funcionales, ya que estos productos pueden contribuir a la prevención y mejora de la salud de los consumidores (Marius et al., 2023). Entre estos alimentos, las bebidas probióticas destacan como una opción potencial debido a sus beneficios funcionales para la salud (Bashir et al., 2023). En los últimos años, se ha observado un importante desarrollo en la clasificación y verificación de los beneficios que los probióticos y prebióticos aportan a la salud humana, en gran parte debido a su capacidad para producir antioxidantes y vitaminas tras el proceso de fermentación (Bashir et al., 2023). La ingestión de prebióticos, que actúan como fuente de energía durante la fermentación, modifica la composición intestinal al fermentar los sustratos que incrementan la cantidad de microbios beneficiosos. Estos prebióticos tienen un impacto considerable en

bacterias intestinales como bifidobacterias y lactobacilos, las cuales mejoran funciones fisiológicas clave, como la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y la expansión de microorganismos beneficiosos (Bashir et al., 2023). Además, las bacterias probióticas y las levaduras ejercen efectos positivos en diversas partes del cuerpo, como el tracto urogenital, la piel y la cavidad oral, contribuyendo de manera integral a la salud (Bashir et al., 2023). La producción de bebidas probióticas a partir de jugos de frutas, como el de mango, ha captado el interés de investigadores debido a que estos jugos ofrecen nutrientes y azúcares naturales que promueven el crecimiento de microorganismos beneficiosos (Santos et al., 2023). Los mangos, ricos en vitaminas A, C y E, fibra dietética, magnesio y potasio, también contienen fitoquímicos con propiedades antioxidantes, como ácido fenólico, mangiferina, carotenoides y galotaninos, que no solo benefician la salud humana, sino que también pueden extender la vida útil de productos lácteos al prevenir la oxidación de lípidos (Burton-Freeman et al., 2017; Fazilah et al., 2018). Estas características hacen del jugo de mango una excelente opción para la elaboración de bebidas probióticas, ya que facilitan la digestión y aumentan la viabilidad de las células probióticas en el intestino, consolidando su potencial como alimentos funcionales. Esto responde a la creciente demanda de productos saludables y naturales, a la vez que ofrece una oportunidad de innovación en el sector de bebidas funcionales. Existe información limitada sobre el potencial de utilizar la bebida de jugo de mango como producto probiótico. En este contexto, se destaca la importancia de los estudios sobre el desarrollo de nuevos productos probióticos.

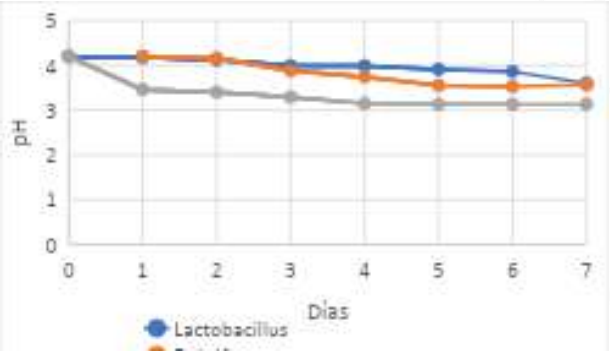
ANTECEDENTES. Ryan y colaboradores (2020), añadieron 10% de jugo de mango a una bebida fermentada de leche inoculada con la cepa Lactobacillus acidophilus La-5 aumentaba la viabilidad durante el almacenamiento, sin embargo, los consumidores preferían la bebida al 40% de mango debido a sus características organolépticas. Dhillon y colaboradores (2021), prepararon una bebida probiótica a partir de la fermentación del jugo de mango Chausa y Dusehri con Lactobacillus acidophilus (MTCC 10307), y observaron un descenso de pH de 4.2 a 3.5 y una disminución en las UFC durante un período de almacenamiento de 42 días. Además, la bebida obtuvo una aceptabilidad de 8.03 en la escala hedónica. Mwanzia y colaboradores (2022), evaluaron bebidas fermentadas de mango inoculadas con cepas comerciales de lactobacilos. Las cepas Fiti y Yo-mix alcanzaron recuentos celulares óptimos de 9,14 UFC/ml y 8,2 UFC/ml en 48 horas, cumpliendo los niveles recomendados de células probióticas saludables, lo que las hace recomendables para la producción de jugo de mango fermentado probiótico.

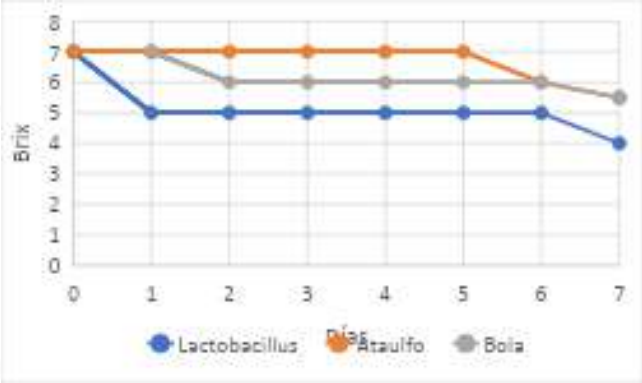
OBJETIVO. Desarrollar un refresco probiótico de mango y evaluar sus características organolépticas

MATERIALES Y MÉTODOS. Como probióticos, se usaron levaduras y lactobacilos. Las levaduras se aislaron de mangos Ataulfo (Mangifera indica L. var Ataulfo) y mangos bola (Mangifera indica) y los lactobacilos de suero de leche. Para las levaduras, los mangos se enjuagaron, cortaron, se les extrajo la pulpa, se licuaron, se colocaron en recipientes desinfectados para fermentar el concentrado por 96 h. Después se sembraron ambos concentrados por estriado en agar YPD (Merck). En el caso de los lactobacilos, se usaron los que se tienen aislados en el laboratorio. Para la reproducción de los microorganismos, se utilizó suero de leche como medio para Lactobacillus sp. y caldo malta para las levaduras; ambos medios se esterilizaron, previo a incubarse. El concentrado de mango

se mezcló, se calentó hasta 60 °C, se agregó 100 gr de azúcar con 100 mL de agua por cada kg de concentrado y se vació en un frasco desinfectado, posteriormente se le agregó 1 g de ácido cítrico por cada kg de concentrado. Seguidamente, el jugo de mango se preparó en las proporciones 1:1, 1:3, y 1:5 (v/v) y se seleccionó la formulación preferida (1:3) y se pasteurizó a 60°C a baño maría. Posteriormente se inoculó con las cepas probióticas en condiciones asépticas y las bebidas se mantuvieron a temperatura ambiente por 7 días. Tras la fermentación, todas las muestras se almacenaron a 4°C en refrigerador. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Se midieron pH, °Brix, %Alcohol, Unidades Formadores de Colonias (UFC) y características organolépticas. Diez catadores no entrenados mayores de 18 años evaluaron refrescos probióticos tras la fermentación, usando una escala hedónica de 9 puntos para calificar atributos como sabor, color, aroma, acidez e impresión general (Santos et al., 2023).

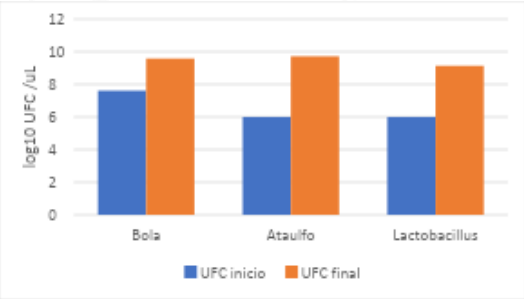
RESULTADOS. Se inocularon los refrescos con los cultivos de Lactobacillus sp, levaduras





de mangos ataulfo y bola con alrededor de 1x 108 UFC/ml de células respectivamente y tras 7 días de fermentación se acidificó en el caso de Lactobacillus a 3.6 y levaduras de





mango ataulfo y bola 3.13 debido a la producción de ácido láctico o alcohol que produjeron los microorganismos probióticos. Por otro lado, los grados Brix de los refrescos al inicio de la fermentación fueron de 7 y disminuyeron hasta valores de 4, lo que dio como resultado porcentajes de ácidos orgánicos de 1.06, 0.8 y 1.05 respectivamente. Por otro lado, al término de la fermentación presentaban 9.14, 9.72 y 9.57 UFC respectivamente. En la escala hedónica el refresco tuvo una valoración promedio de 8 en casi todos los aspectos, excepto en aroma con un puntaje de 6.

Figura 1. Dinámica de pH en un periodo de 7 días del refresco de mango inoculado con cepas probióticas.
Figura 2: Comportamiento de grados Brix en un periodo de 7 días del refresco de mango inoculado con cepas probióticas.
Figura 3. Porcentaje de ácidos orgánicos producidos tras la fermentación de 7 días del refresco de mango inoculado con cepas probióticas.

Figura 4. UFC de cepas probióticas tras 7 días de fermentación del refresco de mango.
Figura 5: Atributos sensoriales (sabor, aroma, acidez e impresión general) de los refrescos inoculados con cepas probióticas.



CONCLUSIONES. Los refrescos presentaban las siguientes características organolépticas: al inicio de la fermentación (1-3 días) se detectaron sabores y olores agradables y con notas naturales del mango y al término de la fermentación (4-7) los sabores y olores eran agradables, fuertes al paladar, ácidos, notas ligeras del mango con sensación ligera en boca. Sin embargo, se debe realizar más investigación al respecto para investigar los cambios en las propiedades organolépticas que brindan las diferentes cepas al ser inoculadas en refrescos de mango.

REFERENCIAS.

1. Burton-Freeman, B.M., Sandhu, A.K and Edirisinghe, I. (2017). Mangos and their bioactive components: adding variety to the fruit plate for health. Food and Function, 8 3010–3032.
2. Dhillon, H. S., Gill, M. S., Kocher, G. S., Panwar, H., & Arora, M. (2021). Preparation of Lactobacillus acidophilus enriched probiotic mango juice. Journal of Environmental Biology, 42, 371-378.
3. Fazilah, N.F., Ariff, A.B., Khayat, M.E., Rios-Solis, L. and Halim, M. (2018). Influence of probiotics, prebiotics, synbiotics and bioactive phytochemicals on the formulation of functional yogurt. Journal of Functional Foods, 48 387–399
4. Bashir, M., Aamir, M., Afzaal, M., Saeed, F., Asghar, A., Ahmed, A., ... & Teferi Asres, D. (2023). Enrichment of apricot probiotic drink with sea buckthorn as a prebiotic and antioxidant source. International Journal of Food Properties, 26(1), 1351-1363.
5. Marius, F. K. E., Marie, K. P., Blandine, M., Laverdure, T. P., Daquain, F. T. U., & François, Z. N. (2023). Development of a non-dairy probiotic beverage based on sorrel and pineapple juices using Lacticaseibacillus paracasei 62L. Journal of Agriculture and Food Research, 14, 100688.
6. Mwanzia, M., Kiio, J., & Okoth, E. (2022). Formulation, processing and characterization of fermented probiotic mango juice using selected starter cultures. European Journal of Agriculture and Food Sciences, 4(1), 86-91.
7. Ryan, J., Hutchings, S. C., Fang, Z., Bandara, N., Gamlath, S., Ajlouni, S., & Ranadheera, C. S. (2020). Microbial, physico-chemical and sensory characteristics of mango juice-enriched probiotic dairy drinks. International Journal of Dairy Technology, 73(1), 182-190.
8. Santos, S. A. D., Barbosa, G. M., Bernardes, P. C., Carneiro, J. C. S., Tostes, M. D. G. V., & Coelho, J. M. (2023). Probiotification of whole grape juice by water kefir microorganisms. Brazilian Archives of Biology and Technology, 66, e23210475.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324126

EFECTO DE UN EXTRACTO LIPÍDICO DE LA SEMILLA DE AGUACATE (*Persea americana* var. drymifolia) SOBRE LA FORMACIÓN DE BIOFILM EN *Staphylococcus aureus*

Miriam Citlali Gutiérrez Borja[1], Patricia Nayeli Alva Murillo[2], Joel Edmundo López Meza[3], Alejandra Ochoa Zarzosa[4], Jessica Herrera Ojeda[5], Marisol Báez Magaña[6]

1Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; citlagb@gmail.com

2Universidad de Guanajuato; pn.alva@ugto.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; elmeza@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandra.ochoa@umich.mx

5Instituto Tecnológico del Valle de Morelia; jessica.ho@vmorelia.tecnm.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mbaez@umich.mx

Palabras Clave: Recubrimientos, máquinas de ordeño, bacteriostático, antibacteriano.

RESUMEN. Staphylococcus aureus es una bacteria patógena asociada a infecciones crónicas en humanos y animales de interés veterinario. En el ganado lechero, S. aureus es el principal agente causal de la mastitis bovina ocasionando infecciones crónicas y afectaciones en la producción de la leche e importantes pérdidas económicas. La formación de biofilm es uno de los factores de virulencia de S. aureus que facilita su diseminación, dificulta la eliminación del patógeno y disminuye la efectividad de los antibióticos. El biofilm les permite a las bacterias adherirse a las superficies, por lo que una estrategia para disminuir las infecciones que causan mastitis en el ganado es buscar recubrimientos que impidan su formación en la superficie de las máquinas de ordeño. El extracto lipídico de la semilla de aguacate (Persea americana var. drymifolia), denominado LEAS, se ha propuesto como un candidato para analizar las propiedades antimicrobianas y antibiofilm en S. aureus. En este trabajo se utilizó el aislado de S. aureus (AVC-7) y la cepa control de S. aureus ATCC-27543. Se estableció una Concentración Mínima Inhibitoria de LEAS de 40 µg/mL a las 24 h en ambas bacterias, esta fue determinada midiendo el crecimiento bacteriano por absorbancia y la viabilidad por conteo de UFC. La formación de biofilm se analizó en placas de poliestireno, donde se colocaron 5x105 UFC por 1 h, después se adicionó LEAS (40 µg/mL) y se incubaron por 24 y 48 h. Posteriormente, se realizó la tinción del biofilm con cristal violeta y se midió la absorbancia a 600 nm. Los resultados mostraron que LEAS inhibió la formación de biofilm en un 100% después de las 24 h de tratamiento, por lo anterior LEAS puede ser un candidato potencial para ser utilizado en el recubrimiento de superficies de ordeño.

INTRODUCCIÓN. Staphylococcus aureus es uno de los patógenos contagiosos prevalentes y responsables de las infecciones clínicas y subclínicas de la mastitis bovina (López-Meza et al., 2006). La formación de biofilm es una característica que puede presentar esta bacteria como un mecanismo de protección contra el ataque del sistema inmune del animal y contra los antibióticos, lo que contribuye a la problemática de la mastitis. El biofilm está formado por sustancias poliméricas extracelulares y colonias

bacterianas que crecen tanto en superficies bióticas y abióticas (Peng et al., 2023). Una estrategia para evitar la transmisión de infecciones ocasionadas por S. aureus es evitar la formación del biofilm, en superficies como las máquinas de ordeño, que son una fuente de dispersión de infecciones relacionadas con la mastitis bovina. Por ello, se requiere de la búsqueda de alternativas que puedan ser utilizadas como recubrimiento de la superficie de las máquinas de ordeño con la finalidad de evitar la formación del biofilm.

ANTECEDENTES. El aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) es un árbol tropical perteneciente a la familia Lauraceae, el cual posee un fruto que se caracteriza por un alto contenido de lípidos en el mesocarpio y la semilla (Vivero et al., 2019). Previamente se demostró que un extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano (LEAS, por sus siglas en inglés), como un pretratamiento, inhibe la internalización de S. aureus en las células de epitelio mamario bovino e incrementa la producción de moléculas antimicrobianas (Báez-Magaña et al., 2019). Sin embargo, los efectos de LEAS en la formación de biofilm aún no se han explorado. Debido a que la semilla de aguacate es una fuente de fitoquímicos con propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas, se busca analizar el efecto del LEAS, como recubrimiento para las máquinas de ordeño, en interacción con S. aureus y su capacidad para producir biofilm, y así mismo, evitar la diseminación y resistencia del patógeno.

OBJETIVO. Evaluar el efecto antibiofilm de un extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) en Staphylococcus aureus.

MATERIALES Y MÉTODOS. Staphylococcus aureus y el extracto lipídico de semilla de aguacate

Para la realización de este trabajo se utilizó la cepa de Staphylococcus aureus subsp. aureus (ATCC 27543) aislada de un caso de mastitis bovina clínica, con la capacidad de invadir endotelio y epitelio mamario bovino (Gutiérrez-Barroso et al., 2008). El aislado AVC-7 de S. aureus se obtuvo de un caso de mastitis bovina en el municipio de Marcos Castellanos, Michoacán (Sánchez-Ceja, 2016). Para obtener el inóculo, las bacterias se crecieron en tubos falcon en caldo Tripticaseína de soya (BIOXON) + glucosa (1%), incubándose a 37°C durante 16-18 h. Las unidades formadoras de colonia (UFC) se ajustaron midiendo la densidad óptica (DO) a 600 nm (DO 0.2 =9.2x107 UFC/mL).

Cinética de crecimiento. Una vez incubadas las bacterias por 16 h como se describió anteriormente, se ajustó el inoculo a 5x105 UFC/mL, inmediatamente fueron adicionados los tratamientos de LEAS (20, 25, 30, 35 y 40 µg/mL), como control se utilizó gentamicina (80 µg/mL) e inoculo sin tratamiento. Se midió la DO a 600 nm en los tiempos 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 24 h.

Viabilidad bacteriana (UFC). Las bacterias se crecieron como se mencionó anteriormente y después de adicionarse los tratamientos se obtuvo una muestra en los tiempos 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 24 h. Inmediatamente se realizaron diluciones seriadas: 1:10, 1:100, 1:1,000, 1:100,000 y 1:1,000,000 y se colocaron 3 gotas de 10 µL de cada tratamiento en cajas con agar Tripticaseína de soya + glucosa (1%) y se distribuyeron homogéneamente. Finalmente, las cajas de agar se incubaron a 37°C por 24 h y se realizó el conteo de las UFC recuperadas. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento y un análisis estadístico t-student. $p < 0.05$ (media ± DE, n=9)

Medición de la formación del biofilm. Para evaluar la formación de biofilm se usó la concentración mínima inhibitoria de LEAS (40 µg/mL). Como controles se utilizaron la gentamicina (80 µg/mL) e inoculo sin tratamiento. Se ajustó la DO para tener 5 x105 UFC/100 µL de las cepas y se colocaron en placas de poliestireno estériles de 96 pozos y se incubaron por 1 h a 37°C. Posteriormente se retiró el sobrenadante y se refrescó el caldo suplementado con LEAS y caldo con gentamicina y se incubó a 37°C por 24 y 48 h. Para cuantificar la formación de biofilm se retiró el sobrenadante de la placa y se hizo un lavado con PBS. Después se colocaron 150 µL de cristal violeta al 0.4%, se cubrió con aluminio para evitar la luz y se incubó a 37°C durante 20 min. Por último, se realizaron de 3 a 4 lavados con PBS. Para disolver el biofilm se colocaron 150 µL de ácido acético al 33.3% y se homogeneizó. Finalmente, se midió la DO a 600 nm. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento y un análisis estadístico t-student. p <0.05 (media ± DE, n=9).

RESULTADOS. El extracto lipídico de la semilla de aguacate inhibe el crecimiento de la bacteria sobreproductora de biofilm AVC-7. Como un primer paso para evaluar el efecto de LEAS en la formación de biofilm se estableció la concentración mínima inhibitoria del crecimiento y la viabilidad bacteriana. Los resultados mostraron que en la cepa control S. aureus ATCC 27543, la cual no es productora de biofilm, LEAS no presentó efectos bactericidas (Fig. 1A y 2A). Sin embargo, en S. aureus AVC-7, que es sobreproductora de biofilm, LEAS en las concentraciones de 20, 25 y 30 µg/mL retrasó el crecimiento bacteriano hasta las primeras 10 h de tratamiento (Fig. 1B), después de ese tiempo la tasa de crecimiento bacteriano presentó una recuperación sugiriendo que LEAS a estas concentraciones ejerce un efecto bacteriostático, mientras que la concentración de LEAS de 40 µg/mL inhibió el crecimiento bacteriano (Fig. 2B).

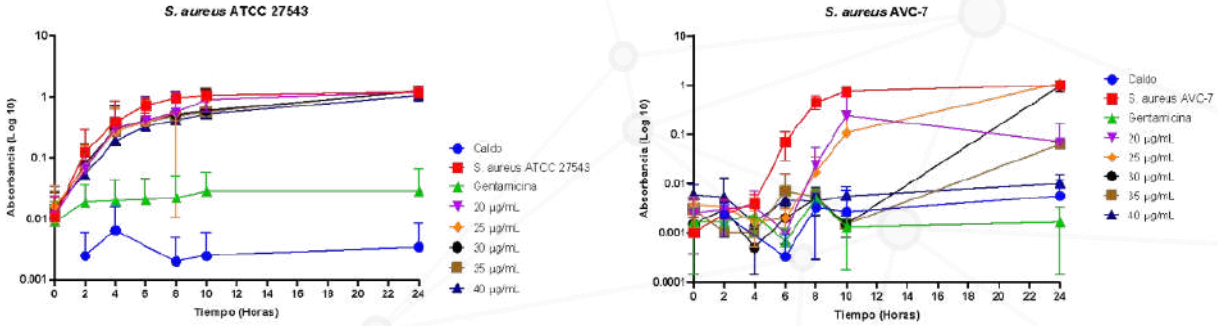


Figura 1. Efecto de LEAS sobre el crecimiento de Staphylococcus aureus. A) *Cinética de crecimiento de S. aureus ATCC 27543 tratada con LEAS (20, 25, 30, 35 y 40 µg/mL) durante 24 h.* ***B)*** *Cinética de crecimiento de S. aureus AVC-7 tratada con LEAS (20, 25, 30, 35 y 40 µg/mL) durante 24 h. Las cepas se crecieron en caldo tripticaseína de soya adicionado con glucosa (1%), después de adicionar los tratamientos se incubaron a 37°C y se registró la lectura de los datos de absorbancia a 600 nm en los tiempos indicados (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 24 h). Como controles se utilizaron el caldo sin inoculo, la bacteria sin tratamiento y gentamicina (80 µg/mL). Análisis estadístico t-student. p <0.05 (media ± DE, n=9).*

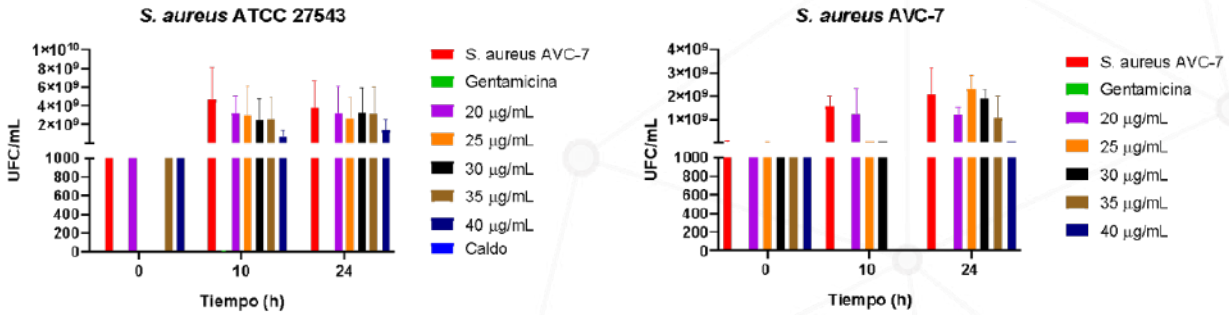


Figura 2. Efecto de LEAS sobre la viabilidad de Staphylococcus aureus. A) *Viabilidad bacteriana de S. aureus ATCC 27543 tratada con LEAS (20, 25, 30, 35 y 40 µg/mL) durante 24 h.* ***B)*** *Viabilidad bacteriana de S. aureus AVC-7 tratada con LEAS (20, 25, 30, 35 y 40 µg/mL) durante 24 h. Las cepas se crecieron en caldo tripticaseína de soya adicionado con glucosa (1%), después de adicionar los tratamientos se incubaron a 37°C y se realizó el conteo de colonias en los tiempos indicados (0, 10 y 24 h). Como controles se utilizaron el caldo sin inoculo, la bacteria sin tratamiento y gentamicina (80 µg/mL). Análisis estadístico t-student. p <0.05 (media ± DE, n=9).*

El extracto lipídico de la semilla de aguacate inhibe la formación de biofilm de *S. aureus*

La evaluación de la formación de biofilm en el aislado AVC-7 de *S. aureus* sobreproductor de biofilm se analizó después de las 24 y 48 h de tratamiento con LEAS. Se utilizó la concentración mínima inhibitoria (40 µg/mL). Los resultados mostraron que LEAS a las 24 h inhibe la formación del biofilm del aislado AVC-7, similar al efecto que presenta gentamicina. Sin embargo, a las 48 h se observó una recuperación en la formación del biofilm, aunque se sigue presentando el efecto inhibitorio hasta un ~50% (Fig. 3).

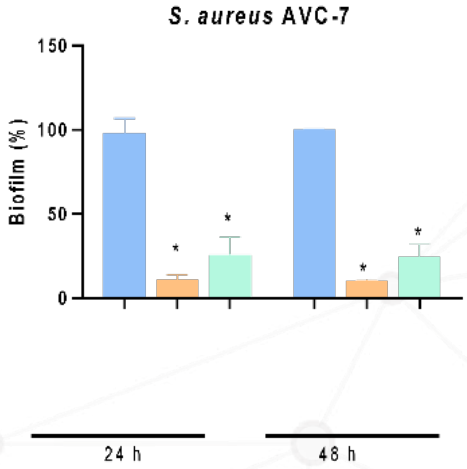


Figura 3. Efecto de LEAS en la formación de biofilm en S. aureus. *Formación de biofilm de S. aureus AVC-7 tratada con LEAS (40 µg/mL) durante 24 h. Para asegurar el óptimo crecimiento bacteriano y la producción adecuada de biofilm, la bacteria se creció en caldo tripticaseína de soya adicionado con glucosa (1%). Se sembraron 5x10^5 UFC en cada pozo en cajas de poliestireno con la finalidad de brindar una superficie que facilite la adhesión bacteriana. Se incubaron a 37°C por 24 y 48 h. Para medir la formación de biofilm se utilizó el método de tinción por cristal violeta. La lectura de los datos se realizó a 600 nm. Como controles se utilizaron la bacteria sin tratamiento y gentamicina (80 µg/mL). Análisis estadístico t-student. p <0.05 (media ± DE, n=9).*

CONCLUSIONES. LEAS presenta efectos antimicrobianos e inhibe la formación de biofilm del aislado S. aureus AVC-7, pero no en la cepa S. aureus ATCC 27543. Sin embargo, el LEAS, al inhibir el crecimiento en aislados sobreproductores de biofilm, se puede tomar como una alternativa para el desarrollo de productos que brinden una protección como recubrimiento a superficies involucradas en la diseminación de este patógeno en hatos lecheros, como lo son las máquinas de ordeño.

REFERENCIAS.

1. Báez-Magaña, M., Ochoa-Zarsoza, A., Alva-Murillo, N., Salgado-Garciglia, R., & López-Meza, J. E. (2019, 20 de mayo). Lipid-rich extract from mexican avocado seed (Persea americana var. drymifolia) Reduces reduces Sataphylococcus aureus internalization and regulates innate response in bovine mammary epithelial cells. Journal of Immunology Research. Volume 2019. https://doi.org/10.1155/2019/7083491
2. Gutiérrez-Barroso, A., Anaya-López, J. L., Lara-Zárate, L., Loeza-Lara, P. D., López-Meza, J. E., & Ochoa-Zarzosa, A. (2008). Prolactin stimulates the internalization of Staphylococcus aureus and modulates the expression of inflammatory response genes in bovine mammary ephitelial cells. Veterinary Immunology and Immunopathology. DOI: https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.09.007
3. López-Meza, J. E., Higuera-Ramos, J. E., Ochoa-Zarzosa, A., Chassin-Noria, O., Valdez-Alarcón, J. J., Bravo-Patiño, A., & Baizabal-Aguirre, V. M. (2006). Molecular characterization of Staphylococcus spp. isolates associated with bovine mastitis in Tarímbaro, Michoacaán, Mexico. Técnica Pecuaria en México, 44(1),91-106. https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1757/1751
4. Peng, Q., Tang, X., Dong, W., Sun, N., & Yuan, W. (2023). A review of biofilm formation of staphylococcus Staphylococcus aureus and its regulation mechanism. Antibiotics 2023, 12, 12. https://doi.org/10.3390/antibiotics12010012
5. Sánchez-Ceja, M. G. (2016). Aislamiento y caracterización parcial de Staphylococcus aureus asociados a mastitis bovina en el municipio de Marcos Castellanos, Michoacán y susceptibilidad a nisina. Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo. [Tesis de licenciatura]. Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
6. Vivero, A., Valenzuela, R., Valenzuela, A., & Morales, G. (2019). Bioactive compounds and potential health benefits of avocado. Revista chilena de nutrición, 46(4), 491-498. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324127

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE HONGOS ASOCIADOS A LA ENFERMEDAD CANCRO Y GOMOSIS EN ÁRBOLES DE LIMÓN MEXICANO EN MICHOACÁN

Andrea del Rocio Martínez Francisco[1], Alexandra Sánchez Gómez[2], Antonia Breier[3], Daniela Pineda Vaca[4], Alejandro Soto Plancarte[5], Juan Carlos Álvarez Hernández[6], Sylvia Patricia Fernández Pavía[7], Gerardo Rodríguez Alvarado[8].

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1823195dg@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2146887x@umich.mx

3 Technische UniversitäT Dresden; antonia.breier@gmx.

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1047650@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alexsotoppv@gmail.com

6 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Apatzingán; alvarez.juan@inifap.gob.mx

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; patricia.pavia@umich.mx

8 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Gerardo.rodriguez@umich.mx

Palabras Clave: *Citrus aurantifolia*, Lasiodiplodia, Patogenicidad, Análisis filogenético.

RESUMEN. México ocupa el quinto lugar de producción de cítricos en el mundo. El limón mexicano (Citrus aurantifolia) es uno de los cítricos más producidos en el estado de Michoacán. No obstante, la producción de este cultivo está amenazada por la presencia de enfermedades causadas por hongos de la familia Botryosphaeriaceae. El objetivo de este trabajo fue identificar molecularmente al agente causal del cancro con gomosis, muerte descendente y defoliación, observados en el 87.2% de árboles de limon mexicano en una huerta experimental en el municipio de Parácuaro, Mich. Se colectaron muestras de troncos con síntomas y se llevaron al Laboratorio de Patologia Vegetal, IIAF, UMSNNH para su análisis. Los aislados que se obtuvieron se purificaron y almacenaron en la colección micológica del laboratorio. Cinco aislados fungicos fueron seleccionados para realizar pruebas de patogenicidad en plantas de limón mexicano de un año de edad, injertadas en el portainjerto Citrus macrophylla. Las inoculaciones se llevaron a cabo en el injerto y en el portainjerto, en experimentos separados. La identificación se realizó mediante la extracción del ADN de cada aislado, y análisis filogenético de máxima parsimonia utilizando secuencias de la región ITS del ADN ribosomal y del gen factor de elongación 1α de la traducción. Se obtuvieron 24 aislados fúngicos de 12 muestras de cancro con gomosis, cada una de diferentes árboles de limon mexicano. Los cinco aislados inoculados en las pruebas de patogenicidad causaron síntomas de cancro y gomosis en la parte del injerto y en la parte del portainjerto. Estos aislados patogenicos se identificaron como: Lasiodiplodia subglobosa (MXMIC-973), L. iranensis (MXMIC-937), L. pseudotheobromae (MXMIC-954), Lasiodiplodia sp. (MXMIC-966), y Dothiorella oblonga (MXMIC-967). Estos géneros se han reportado causando enfermedades en distintos cítricos en el país y en el mundo; sin embargo, éste es el primer reporte para limón mexicano en Michoacán.

INTRODUCCIÓN. Los cítricos son uno de los cultivos de árboles frutales más importantes del mundo, se cultivan en regiones tropicales y subtropicales, y su producción ha ido incrementando en los últimos años debido al requerimiento de diferentes industrias (Sharma et al., 2017; Vargas-Canales et al., 2021). De acuerdo a las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), en el año 2019 México ocupo el quinto lugar en producción de cítricos en el ámbito mundial con 8,413 toneladas. Uno de los cítricos más producidos en México es el limón mexicano (Citrus aurantifolia) (Valencia & Duana, 2019) de acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), durante el 2022 los estados con mayor producción de este frutal fueron Michoacán (856,738 ton), Veracruz (855,435 ton), Colima (310,074 ton) y Oaxaca (289,060 ton). El sector citrícola en el ámbito nacional y mundial se ve afectado por enfermedades que limitan la producción. Los patógenos causantes de las enfermedades que afectan a los cítricos son principalmente bacterias, hongos, viroides y virus (Catara et al., 2020). Por medio de ésta investigación se pretende determinar la identidad de los hongos patógenos que se encuentran asociados a la enfermedad cancro y gomosis en árboles de limón mexicano. La información generada permitirá establecer mejores medidas de control y manejo de la enfermedad.

ANTECEDENTES. Citrus aurantifolia pertenece al grupo de las limas que se conocen comúnmente como limas de la India Occidental, lima mexicana, lima Key (Barry et al., 2020), limón, limonero (SIAP, 2016; SAGARPA, 2016) y “limón mexicano” (Bermúdez et al, 2017). Ésta lima es comercialmente importante por su sabor ácido ya que se utiliza como sustituto de limones. Uno de los requerimientos específicos de C. aurantifolia es el calor, por lo cual se desarrolla de manera óptima en ambientes tropicales y subtropicales (Barry et al., 2020). El sector citrícola está expuesto a diversas enfermedades, las plantas pueden ser afectadas por los diversos patógenos, desde la raíz, el tronco, las ramas, las hojas, las flores y los frutos (Bermúdez et al., 2014). En México se han encontrado al menos 50 patógenos que amenazan a estos cultivos, provocando síntomas como: gomosis, antracnosis, agrietamiento de la corteza, caída de los frutos y muerte de la planta. Los agentes que causan estos síntomas y enfermedades pertenecen a los diferentes grupos de bacterias, hongos, virus, viroides (Orozco et al., 2013; Polanco, 2019). Dentro de los hongos que afectan los cultivos de cítricos se encuentran especies pertenecientes a la familia Botryosphaeriaceae. Algunos miembros de esta familia causan enfermedades como cancro con gomosis, necrosis vascular y muerte regresiva en ramas de diversos hospedantes (Berraf-Tebbal et al., 2020). La enfermedad de cancro es conocida como “bot gomosis”, haciendo referencia al síntoma más notable que es el exudado de los cancros de la corteza. Además, la sintomatología de esta enfermedad incluye una decoloración de la madera de color marrón chocolate a marrón oscuro, que se hace evidente después de desprender la corteza (Aloi et al, 2021). En países europeos se ha reportado a Dothiorella causando síntomas débiles y L. theobromae lesiones más agresiva en plantas cítricas (Pereira et al., 2021). En China Xian, et al. (2021) también reportaron a Lasiodiplodia como un género que causa lesiones en plantas de cítricos. En California se ha reportado a especies de Neoscytalidium causando gomosis e incluso agrietamiento de la corteza (Fernández-Herrera et al., 2016). En México se ha reportado a Lasiodiplodia spp. causando la muerte regresiva o muerte descendente de ramas en árboles de limón mexicano (Adesemoye et al., 2014; Polanco, 2019).

OBJETIVOS. Identificar molecularmente los hongos asociados a la enfermedad cancro y gomosis en árboles de limón mexicano en Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar la identidad de los hongos por medio de análisis Blast y filogenético. Determinar la patogenicidad de los hongos en plantas sanas de limón mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los aislados que se utilizaron (MXMIC-937, MXMIC-954, MXMIC-966, MXMIC-967, MXMIC-973) en este estudio fueron seleccionados a partir de 24 aislados obtenidos de 12 muestras de cancro en una huerta de árboles de limón mexicano en el municipio de Parácuaro, Michoacán, los cuales estaban almacenados en la Colección Micológica del Laboratorio de Patología Vegetal de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Extracción de ADN genómico de hongos. El micelio de los aislados con nueve días de edad fue colectado en microtubos estériles de 1.5 ml. El ADN fue extraído según el protocolo de extracción con bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB, Sigma-Aldrich, St. Louis, Mo, EUA) descrito por Leslie y Summerell (2006) con modificaciones. El micelio molido se incubó en Buffer de Lisis a 65 °C por una hora, se incubó a 37 °C con la enzima RNAsa, la pastilla de ADN se lavó con etanol al 70% y, posteriormente con etanol absoluto. Amplificación de secuencias parciales por PCR. La amplificación del gen factor de elongación 1α de la traducción y la región ITS (Internal Transcribed Spacer) del ADN ribosomal se realizó utilizando los pares de oligonucleótidos EF1-688F/EF1-1251R e ITS4/ITS5, respectivamente. Las reacciones de PCR se llevaron a cabo como se describió anteriormente para cada región (White et al., 1990; Alves et al., 2008). Identificación molecular. Las secuencias consenso fueron utilizadas en el programa de BLAST NCBI. National Center for Biotechnology Information (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) para determinar los porcentajes de similitud con otras secuencias, las cuales fueron descargadas pararealizar el alineamiento y el análisis de Máxima Verosimilitud raxmlGUI, para identificar a los aislados. Pruebas de patogenicidad. Se hizo una incisión transversal de 0.5 cm en el tallo, con una navaja estéril a 10 cm del suelo para el portainjerto y a 10 cm de la zona de unión para el injerto en diferentes plantas, donde se colocó un disco de medio y micelio de los hongos aislados y en las plantas control se colocó un disco de medio sin micelio, posteriormente se cubrió el área inoculada con Parafilm (America Nacional Can, Chicago, IL, EUA). Se utilizaron tres plantas para cada aislado y tres plantas para el control. El desarrollo de los síntomas fue evaluado diariamente por 36 días. Se realizaron re-aislamientos de hongos de la zona de inoculación de cada planta y se identificaron por medio de secuencias ITS.

RESULTADOS. Identificación molecular. El análisis blast realizado con las secuencias ITS de los 24 aislados resulto en que se pueden agrupar en cuatro géneros: Neoscytalidium, Lasiodiplodia, Dothiorella y Pseudopithomyces con porcentajes de identidad y cobertura mayores al 90%. Análisis filogenético. El análisis de máxima verisimilitud realizado con los cinco aislados seleccionados para las pruebas de patogenicidad permitió identificar a la mayoría en cuatro especies, D. oblonga (MXMIC-967), L. iranensis (MXMIC-937), L. theobromae (MXMIC-954) y L. subglobosa (MXMIC-973) con valores bootstrap (BT) mayores a 90, por otro lado, el aislado MXMIC-966 no se pudo identificar a especie con la información de las dos regiones, pero esta cercanamente relacionada con L. citricola (BT=70), por lo que se trata como Lasiodiplodia sp. Prueba de patogenicidad. Los aislados MXMIC-937 (L. iranensis) y MXMIC-973 (L. subglobosa) fueron los más agresivos, debido

a que presentaron gomosis al tercer día de ser inoculados en las plantas. Además, presentaron las lesiones con mayor longitud siendo en promedio 1.97 y 2.3 cm, respectivamente. Después el aislado MXMIC-954 (L. theobromae) presentó gomosis al sexto día de su inoculación y el promedio del tamaño de la lesión fue de 1.25 cm. Los aislados MXMIC-966 (Lasiodiplodia sp) y MXMIC-967 (Dothiorella oblonga) no presentaron gomosis durante los 36 día en invernadero, sin embargo, al retirar la corteza se hicieron evidentes pequeñas lesiones de 1.06 y 0.56 cm. Los aislados inoculados fueron recuperados identificados exitosamente.

CONCLUSIONES. La enfermedad de cancro y gomosis en limón mexicano en el municipio de Parácuaro, Mich. es causada por al menos tres especies del género Lasiodiplodia, ya que reprodujeron los síntomas de campo en las pruebas de patogenicidad, además, este es el primer reporte de Lasiodiplodia spp. causando esta enfermedad en el municipio. Dicho género puede suponer una amenaza para el sector citrícola, haciendo necesarios estudios adicionales para el desarrollo y manejo de estrategias adecuadas para reducir el impacto de la enfermedad en la producción.

REFERENCIAS.

1. Adesemoye, A. O., Mayorquin, J. S., Wang, D. H., Twizeyimana, M., Lynch, S. C., & Eskalen, A. 2014. Identification of species of Botryosphaeriaceae causing bot gummosis in citrus in California. Plant Dis. 98:55-61
2. Aloi F, Riolo M, Parlascino R, Pane A, & Cacciola S. O. 2021. Bot Gummosis of Lemon (Citrus × limon) Caused by Neofusicoccum parvum. Journal of Fungi. 7(4):294.
3. Barry, G. H., Caruso, M., & Gmitter, F. G. 2020. Commercial scion varieties. In: Talon, M., Caruso, M. & Gmitter, F. G. (eds.). The Genus Citrus. Woodhead Publishing. Elsevier Inc. All rights reserved. Pp 541. SBN: 978-0-12-812217-4
4. Bermúdez, G. M. J., Guzmán, R. L. F., García, M. K. P., Palmeros, S. P. A., & Orozco, S. M. 2017. Identificación de híbridos de Citrus aurantifolia×Citrus limon utilizando marcadores de secuencias simples repetidas (SSR). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 8(6). Pp. 1397-1408
5. Berraf-Tebbal, A., Eddine, M. A., Aigoun-Mohous, W., Spetik, M., Cechova, J., Pokluda, R., Baránek, M., Eichmeier, A., & Alves, A. 2020. Lasiodiplodia mitidjana sp. nov. and other Botryosphaeriaceae species causing branch canker and dieback of Citrus sinensis in Algeria. PLOS ONE 15(5). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232448
6. FAO. 2021. Citrus Fruit Statistical Compendium 2020. Rome. http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus-fruit/en/
7. Fernández-Herrera, E., Moreno-Salazar, S.F., Rentería-Martínez, M.E., Arratia-Castro, A. A., & Villar-Luna, E. 2017. Neoscytalidium dimidiatum agente causal de muerte descendente en Ficus benjamina L. en México. Revista Chapingo. Serie horticultura, 23(3), 203-210. https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.02.009
8. Mustafa, N. 2015. Citrus essential oils: current and prospective uses in the food industry. Recent Patents Food, Nutr. Agric. 7(2):115-127. https://doi.org/10.2174/22127984076661
9. Orozco-Santos, M., Robles-González, M.M., Velázquez-Monreal, J.J., Manzanilla-Ramírez, M.A., Bermúdez-Guzmán, M.J., Carrillo-Medrano, S.H., Medina-Urrutia, V.M., Hernández-Fuentes, L.M., Gómez-Jaimes, R., Manzo-Sánchez, G., Farías-Larios, J., Nieto-Ángel, D., Mijangos-Hernández, E., Sánchez-de la Torre, J.A. & Varela-Fuentes, S. 2014. El limón mexicano (Citrus aurantifolia). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 477 p
10. Polanco, F. L. L., Alvarado, G. O. G., Pérez, G. O., González, G. R., & Olivares, S. E. 2019. Hongos asociados con la muerte regresiva de los cítricos en Nuevo León y Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol 10 (4): 757-764
11. Pereira, B. J. D., Wilhem, P. C., Aiello, D., Lodovica, G. M., Polizzi, G., & Guarnaccia, V. 2021. Genetic Diversity and Pathogenicity of Botryosphaeriaceae Species Associated with Symptomatic Citrus Plants in Europe. Plants. 10(3): 492. https://doi.org/10.3390/plants10030492.
12. Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H. & Lee, Y. R. 2017. Converting citrus wastes into valueadded products: Economic and environmently friendly approaches. Nutrition. 34:29-46. https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.09.006.

13. SAGARPA. 2016. Planeación Agrícola Nacional 2016-2030. Cítricos: limón, naranja y toronja mexicanos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257073/Potencial-C_tricos-parte_uno.pdf
14. SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria & Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/
15. Valencia, S. K., & Duana, A. D. 2019. Los cítricos en México: análisis de eficiencia técnica. Análisis Económico, vol. 34(87). Pp 269-283.
16. Vargas-Canales, J. M., Guido-López, D. L., Rodríguez-Haros, B., Bustamante-Lara, T. I., Camacho-Vera, J. H., & Orozco-Cirilo, S. 2020. Evolución de la especialización y competitividad de la producción de limón en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 11 (5). Pp 1043- 1056.
17. Swingle, W.T., and P.C. Reece. 1967. The botany of citrus and its wild relatives. In The citrus industry, Vol. 1, ed. W Rether et al., 190–422. Berkeley: University of California, Division of Agricultural Sciences.
18. Xiao, X.E., Wang, W., Crous, P.W., Wang, H.K., Jiao, C., Huang, F., Pu, Z.X., Zhu, Z.R. & Li, H.Y. (2021). Species of Botryosphaeriaceae associated with citrus branch diseases in China. Persoonia. Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi, Vol 47, pp. 106-135(30).

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324129

EFECTO DE PSEUDOMONAS CHLORORAPHIS SOBRE LA INTOXICACIÓN PRODUCIDA POR GLICEROL EN ARABIDOPSIS THALIANA

Valeria Ayala Lunar[1], Hugo Tinoco Tafolla[2], Saúl Vázquez Fuentes[3], Homero Reyes de la Cruz[4]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1800333g@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011129g@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2147325c@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; homero.reyes@umich.mx

Palabras Clave: Glicerol, Pseudomona chlororaphis, biorremediación.

RESUMEN. El crecimiento de la población mundial aumenta la demanda de recursos naturales, intensificando la contaminación ambiental, siendo el suelo un medio altamente contaminado. Esta contaminación, derivada de residuos industriales, pesticidas y metales pesados, afecta gravemente la agricultura, comprometiendo la calidad del suelo y la seguridad alimentaria. El glicerol, subproducto de la producción de biodiesel, aunque no fitotóxico en bajas concentraciones, inhibe el crecimiento de la raíz primaria en Arabidopsis thaliana y puede contaminar el medio ambiente en grandes volúmenes. La bacteria Pseudomonas chlororaphis se presenta como una solución potencial, ya que puede metabolizar el glicerol como fuente de carbono y producir metabolitos que estimulan el crecimiento vegetal. Este estudio tiene como objetivo analizar el efecto de P. chlororaphis en la intoxicación por glicerol en A. thaliana, lo que podría tener implicaciones significativas para la biorremediación de suelos contaminados y la biotecnología agrícola.

INTRODUCCIÓN. A medida que la población mundial crece, la demanda de recursos naturales se intensifica, lo que resulta en un aumento de la contaminación ambiental, siendo el suelo uno de los principales medios afectados por el humano. Esta contaminación, que puede ser producida por residuos industriales, pesticidas, metales pesados, productos químicos tóxicos y desechos orgánicos, afecta gravemente al sector agrícola, comprometiendo la calidad del suelo, la salud de las plantas y la seguridad alimentaria. El glicerol es un subproducto de la producción de biodiesel, que se genera a base de una reacción de esterificación a partir de triglicéridos, que pueden ser obtenidos de aceites vegetales, grasas animales y productos industriales (Yao et al., 2018), los cuales reaccionan con metanol y un catalizador alcalino produciendo metil ésteres (biodiesel) y glicerina. Existen otros tipos de reacción para la obtención de glicerol como la saponificación y la hidrólisis pero la transesterificación es la que tiene una mayor aplicación a pesar de que el porcentaje obtenido de esta sustancia es menor y presenta más impurezas (Betancourt-Aguilar et al., 2016). Está reportado que en bajas concentraciones el glicerol no es fitotóxico y puede estimular el crecimiento de las plantas (aunque inhibe el crecimiento de la raíz primaria) e inmovilizar el nitrógeno adicionado al suelo en forma de nitrato de amonio (Betancourt-Aguilar, el al 2015); sin embargo por cada tonelada de biodiesel que se produce

se generan 100 kg de glicerol que son desechados en el ambiente convirtiéndose en una fuente de contaminación. Para solucionar este problema se propone el uso de microorganismos con la capacidad de metabolizar el glicerol. Las bacterias como Pseudomonas chlororaphis, pueden aprovechar este compuesto como fuente de carbono y energía, además de que se ha planteado el uso de esta bacteria en la degradación de contaminantes como el fenantreno. Pseudomonas chlororaphis es conocida por su capacidad de producir metabolitos utilizados como agentes de biocontrol y como estimulantes de crecimiento en cultivos. (Betancourt-Aguilar, el al 2016). Las características anteriores en conjunto con su capacidad para aprovechar el glicerol convierten a Pseudomonas chlororaphis en una posible alternativa para la biorremediación de suelos afectados por glicerol, pudiendo mejorar la calidad de suelos contaminados con este desecho. En el presente trabajo se pretende estudiar el efecto se Pseudomonas chlororaphis sobre la intoxicación por glicerol en Arabidopsis thaliana, así como los efectos producidos por la bacteria en el desarrollo de la planta en la presencia de este contaminante, ya que podría tener implicaciones importantes para la biorremediación del suelo, llegando a tener aplicación biotecnología en el sector agrícola.

ANTECEDENTES. Estudios realizados por Jun Hu y colaboradores en 2014 indicaron que la aplicación de glicerol exógeno inhibe el crecimiento de la raíz primaria y altera el desarrollo de las raíces laterales en plantas silvestres. Los fenotipos observados correlacionan con un aumento en los niveles de glicerol-3-fosfato (G3P) y peróxido de hidrógeno (H2O2), así como con una disminución de los niveles de fosfato en las raíces. Adicionalmente, la investigación sugiere que el glicerol perturba la distribución normal de auxinas, evidenciado por aumentos en el contenido de ácido indol-3-acético (IAA) y alteraciones en la expresión de genes relacionados con el transporte de auxinas, como PIN1 y PIN7. Esto se traduce en un desarrollo radicular comprometido, con una notable reducción en el tamaño del meristemo de la raíz y en la división celular. Estos hallazgos apuntan a que la contaminación por glicerol no solo afecta los niveles endógenos de compuestos clave como G3P y H2O2, sino que también altera la dinámica hormonal, lo que resulta en modificaciones significativas en el crecimiento y desarrollo de la raíz en Arabidopsis thaliana. (Jun Hu, et al. 2014). Por otro lado se ha observado que organismos como P. chlororaphis pueden degradar contaminantes como glicerol; estudios realizados por Song y colaboradores en 2020 plantean el uso de esta bacteria para la producción de fenazina-1-carboxamida (PCN) a partir del metabolismo del glicerol exógeno. Aún no ha sido bien descrito el mecanismo por el cual se internaliza a la célula pero se conoce que del espacio periplásmico entra al citoplasma de la célula con ayuda de la proteína integral de membrana GlpF(Glycerol Facilitator), posteriormente a partir de una serie de reacciones enzimáticas se produce dihidroxiacetona fosfato (DHAP) que puede entrar a diferentes rutas metabólicas como la glucólisis. Cabe resaltar que el producto obtenido en este trabajo es un potencial antifúngico utilizado en la Industria China. (Yao et al., 2018; Song et al., 2020). A pesar de su capacidad para degradar el glicerol no se ha analizado el uso de Pseudomonas chlororaphis para la biorremediación de este contaminante sin embargo se ha mostrado la capacidad de otras especies de pseudomonas para degradar otros contaminantes como el fenantreno. (Yao et al., 2018).

OBJETIVO. Analizar el efecto de Pseudomonas chlororaphis sobre la intoxicación producida por glicerol en Arabidopsis thaliana

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar el efecto del glicerol sobre el desarrollo radicular y foliar de Arabidopsis thaliana. Analizar el efecto de P. chlororaphis sobre el desarrollo foliar y radicular de Arabidopsis thaliana expuesta a glicerol.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Condiciones de crecimiento de Arabidopsis thaliana. Primeramente se desinfectaron semillas de Arabidopsis thaliana ecotipo Col-0 utilizando etanol al 70% durante 1 min., hipoclorito de sodio comercial al 20% durante 7 min y lavados con agua desionizada esteril. Las semillas fueron sometidas a un proceso de vernalización durante dos días para posteriormente ser sembradas en medio Murashige-Skoog 0.2X. Las semillas fueron incubadas a 21°C con fotoperiodos de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad; una vez las plántulas alcanzaron un tamaño adecuado (Durante 7 días aproximadamente) fueron transferidas a los distintos tratamientos.

Efecto del Glicerol en Arabidopsis thaliana. Para investigar los efectos de la contaminación por glicerol en Arabidopsis thaliana, se prepararon medios de cultivo con diferentes concentraciones de glicerol. En primer lugar, se elaboró una disolución de 1 mL de glicerol en 9 mL de agua para preparar los medios de cultivo. Los ensayos realizados se hicieron por triplicado.

Las concentraciones de glicerol fueron establecidas de la siguiente manera: 250 µM, 500 µM, 1000 µM, 2000 µM. Posteriormente, se trasplantaron seis plántulas de Arabidopsis thaliana de una semana de crecimiento a las tres réplicas de cada tratamiento. Las plántulas se mantuvieron en una cámara de crecimiento durante 8 días con condiciones controladas de luz y temperatura (mencionadas anteriormente), garantizando un ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas durante el experimento. Posterior a esto se tomaron parámetros de crecimiento como longitud de raíz primaria, número de raíces laterales y peso fresco del follaje.

Interacción de Arabidopsis thaliana con Pseudomonas chlororaphis en diferentes concentraciones de glicerol. Para este experimento se utilizó la bacteria Pseudomonas chlororaphis que fue aislada de una reserva de bosque de robles cerca de Ajuno Michoacán (López-Hernández, et al., 2022). Para obtener un cultivo homogéneo de la bacteria se preparó medio LB estéril donde se inoculó la bacteria, se mantuvo en agitación durante12hrs. Posterior a ese tiempo se inoculó la bacteria en medio MS con diferentes concentraciones de glicerol (Control, 1000µM, 2000µM, 4000µM u 8000µM), se tomaron 10 µL de cultivo y se colocó en las cajas con las diferentes concentraciones de glicerol a excepción de los controles sin bacteria, después se realizó una estría con el inóculo utilizando un asa bacteriológica. Posteriormente se transfirieron plántulas de la línea Col-0 en contacto con la bacteria, a distancia de la bacteria y sin presencia de de la bacteria para evaluar el efecto de la interacción entre el glicerol, la bacteria y la planta. De igual manera que el anterior experimento se mantuvo en la cámara de crecimiento durante 8 días y posterior a esto se tomaron parámetros de crecimiento como longitud de raíz primaria, número de raíces laterales y peso fresco del follaje.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó en el software Graphpad Prism 5. Se realizaron pruebas de ANOVA con análisis post hoc de Tukey con un valor de $p<0.5$. Se utilizó el EE de la media donde $n=18$.

RESULTADOS.

Efecto del glicerol en el crecimiento de Arabidopsis thaliana. Se observó que en concentraciones mayores o iguales a 1000µM el glicerol inhibe por completo el crecimiento de la raíz primaria pero no se observaron señales de estrés en la planta como clorosis o la producción de antocianinas, por otro lado, se puede observar que el glicerol está provocando la estimulación de las raíces laterales en las plantas. (Fig 1).

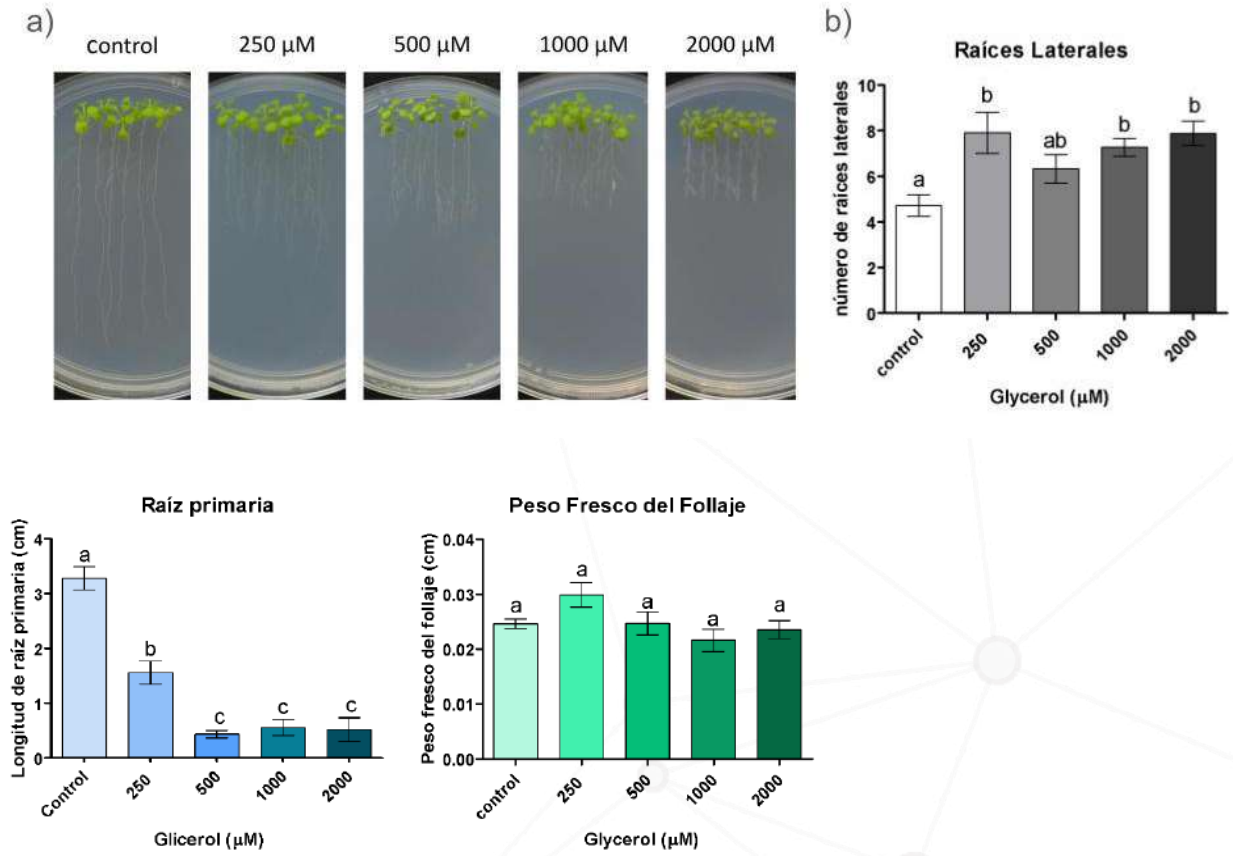


Figura 1. *Efecto del glicerol en el desarrollo radicular y foliar de Arabidopsis thaliana. a)Fotografías representativas de plántulas de A. thaliana con diferentes concentraciones de glicerol en medio MS. b) Cuantificación de las raíces laterales. c)Longitud de la raíz primaria. d) Cuantificación de la biomasa del follaje. Se utilizó el EE de la media donde n=18 plantas por tratamiento.*

Análisis de la Interacción entre *Arabidopsis thaliana y P. chlororaphis* en diferentes concentraciones de glicerol. En la condición sin bacteria se demuestra que el glicerol tiene un efecto negativo en el crecimiento de la raíz principal como se menciona en el artículo de Jun Hu y colaboradores, sin embargo se observa un aumento en el desarrollo de raíces laterales y un buen desarrollo del follaje en las diferentes concentraciones de glicerina siendo las que se encuentran a una concentración de 4000µM las que muestran un mayor desarrollo del sistema radicular, sin embargo en la concentración de 8000µM las plántulas disminuyen drásticamente su crecimiento. En las plántulas inoculadas con la bacteria en contacto se observa que las que no contienen glicerol en el medio sufren un mayor daño mostrando un desarrollo radicular nulo, signos de clorosis y coloración marrón en el hipocotilo las hojas y lo mismo ocurre con las plántulas con la concentración más alta del glicerol (8000µM), lo que puede ser un signo de la producción de especies reactivos de

oxígeno y antocianinas; por otro lado las que tienen una concentración de 4000µM de glicerol muestran un buen desarrollo del follaje similar al de la condición control sin bacteria y se observa el crecimiento de raíces laterales pero también presenta raíces adventicias lo que se asocia a estrés. En los tratamientos con bacteria a distancia los mejores resultados de crecimiento en las raíces y hojas aparentemente los tienen las plantas con 1000µM de glicerina. (Fig. 2)

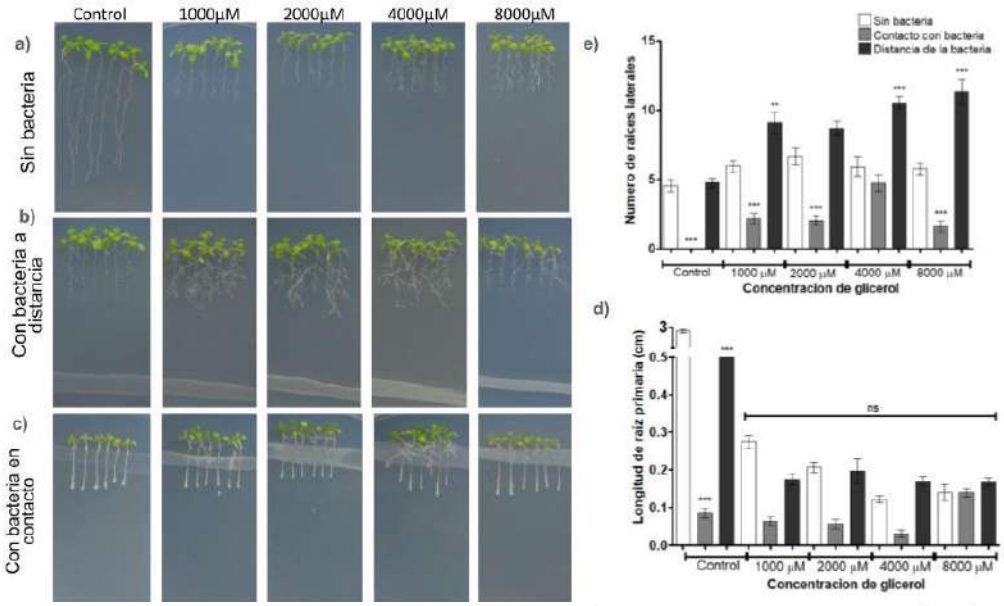


Figura 2. *Interacción de Arabidopsis thaliana con Pseudomonas chlororaphis en diferentes concentraciones de glicerol. a) Fotografías representativas de plántulas de A. thaliana con diferentes concentraciones de glicerol sin bacteria en medio MS. b)Fotografías de plántulas de A. thaliana en interacción con P,chlororaphis a distancia. c) Fotografías de plántulas de A. thaliana en contacto con P. chlororaphis d) Cuantificación de las raíces laterales en las diferentes concentraciones de glicerol sin bacteria, en contacto con la bacteria y a distancia con P. chlororaphis. e) Medición de la longitud de la raíz primaria en las diferentes condiciones. Se utilizó el EE de la media donde n=18 plantas por tratamiento.*

CONCLUSIONES. En conclusión, los resultados de esta investigación evidencian que el glicerol exógeno inhibe el crecimiento de la raíz primaria en A. thaliana, sin embargo, se observa que el glicerol promueve el crecimiento de raíces secundarias y permite un desarrollo adecuado del follaje en concentraciones moderadas, a excepción del extremo de 8000µM, donde se registra un declive en ambos sistemas. Además, se resalta la influencia de la sacarosa en la virulencia de Pseudomonas chlororaphis, sugiriendo que, al igual que con la sacarosa, esta bacteria podría utilizar el glicerol como fuente de carbono (Tinoco-Tafolla et al., 2024). Este aprovechamiento podría resultar en la producción de metabolitos que fomenten el crecimiento de la planta, lo que abre nuevas perspectivas para la aplicación de P. chlororaphis en la mejora del desarrollo vegetal.

REFERENCIAS.

1. Hu, J., Zhang, Y., Wang, J., & Zhou, Y. (2014). Glycerol Affects Root Development through Regulation of Multiple Pathways in Arabidopsis. PLoS ONE, 9(1), e86269. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086269
2. Song, C., Yue, S., Liu, W., Zheng, Y., Zhang, C., Feng, T., Hu, H., Wang, W., & Zhang, X. (2020). Engineering of glycerol utilization in Pseudomonas chlororaphis GP72 for enhancing phenazine-1-carboxylic acid production. World Journal Of Microbiology And Biotechnology, 36(3). https://doi.org/10.1007/s11274-020-02824-3

3. Tinoco-Tafolla, H. A. T. (2024). Sucrose supplements modulate the pseudomonas chlororaphis-Arabidopsis thaliana interaction via decreasing the production of phenazines and enhancing the root auxin response. Elsevier. Recuperado 24 de septiembre de 14d. C., de https://acrobat.adobe.com/id/urn:aaid:sc:VA6C2:4b87f749-8cc6-4af0-8ac0-bf29cfd306f2
4. López-Hernández, J., García-Cárdenas, E., López-Bucio, J. S., Jiménez-Vázquez, K. R., De la Cruz, H. R., Ferrera-Rodríguez, O., Santos-Rodríguez, D. L., Ortiz-Castro, R., & López-Bucio, J. (2022). Screening of Phosphate Solubilization Identifies Six Pseudomonas Species with Contrasting Phytostimulation Properties in Arabidopsis Seedlings. Microbial Ecology, 86(1), 431-445. https://doi.org/10.1007/s00248-022-02080-y

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324130

AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE LEVADURAS ENDÓFITAS DE LAS PLANTAS ORNAMENTALES DE HIBISCUS COCCINEUS Y PELARGONIUM HORTORUM Y EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ETANOL

Samira Meza Ruiz[1], Mauricio Perea Peña[2] Enrique Pascual Alvarado[3]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2108623g@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales; mauricio.perea@umich.mx

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales; enrique.pascual@umich.mx

Palabras Clave: Biocombustible, Producción, Energía, Metabolismo.

RESUMEN. El presente estudio se centra en el aislamiento y caracterización de levaduras endófitas de dos plantas ornamentales, Hibiscus coccineus y Pelargonium hortorum con el fin de evaluar su potencial biotecnológico. Los microorganismos endófitos que residen dentro de los tejidos vegetales, a menudo poseen capacidades metabólicas únicas que pueden aprovecharse para aplicaciones industriales. Para ello se aislaron levaduras de tejidos vegetales de H. coccineus y P. hortorum. El objetivo del presente trabajo fue aislar levaduras endófitas de diferentes estructuras de H. coccineus y P. hortorum provenientes de entornos naturales de los alrededores de la ciudad de Morelia, Michoacán y evaluar °Brix, pH, %alcohol y su potencial en ambas fermentaciones en la producción de etanol. Como resultados se obtuvo lo siguiente: 5 cepas de levaduras aisladas de flor, de las cuales 2 cepas fueron de la especie H. coccineus; 1 de pistilo y 1 de hoja, y se obtuvieron 3 cepas de Pelargoniumhortorum; 1 de tallo y 2 de hoja. Este estudio presenta el primer informe sobre el aislamiento de levaduras endofíticas de H. coccineus y P. hortorum, lo que proporciona información sobre sus capacidades metabólicas y sus posibles aplicaciones en la producción de biocombustibles.

INTRODUCCIÓN. El biocombustible es una fuente de energía renovable producida a partir de biomasa, que puede sustituir a los combustibles derivados del petróleo. Entre los biocombustibles más utilizados se encuentra el bioalcohol, como el etanol, butanol y metanol (Pahlevi e Ilmi, 2020). En particular, la producción de bioetanol por fermentación ha despertado gran interés por ser una alternativa ecológica, ayudando a reducir los efectos adversos de la gasolina con plomo en la salud humana y a mitigar su creciente costo (Chaudhary y Karita, 2017). La fermentación del bioetanol es el proceso microbiano más grande, donde la levadura convierte monosacáridos en etanol a partir de melaza de caña de azúcar o almidón hidrolizado enzimáticamente (Chaudhary y Karita, 2017; Pahlevi y Ilmi, 2020). Además, en la producción de etanol de segunda generación, se emplean materiales lignocelulósicos como paja de arroz, mazorca de maíz y residuos de caña de azúcar, ofreciendo una fuente renovable y sostenible para la biosíntesis de etanol (Chaudhary y Karita, 2017). La sacarificación, se refiere al proceso de conversión de azúcares complejos en simples, es una de las principales barreras en el desarrollo de biocombustibles lignocelulósicos, sin embargo, para producir biocombustibles a partir de estos azúcares, se

requieren tres etapas clave: pretratamiento, sacarificación y fermentación, que se lleva a cabo por diferentes microorganismos o enzimas, principalmente levaduras, que transforman los azúcares en biocombustibles (Wang y Lü, 2021). Varias cepas de levadura se encuentran en una variedad de ambientes como plantas, exudados de árboles, hojas, raíces, tejidos necróticos de plantas, flores, frutos, licores curtientes, hongos, animales (ocasionalmente como patógenos) y tierra y hábitats acuáticos (Chaudhary y Karita, 2017). Algunas especies encontradas de levaduras en néctar y superficies florales incluyen Aureobasidium, Candida, Clavispora, Cryptococcus, Debaryomyces, Hanseniaspora, Kodamaea, Papiliotrema, Rhodotorula, Starmerella, Sporobolomyces y Wickerhamiella (Klaps et al., 2020). Sin embargo, casi el 99% de la diversidad de levaduras sigue sin ser explorada, a pesar de que las levaduras son generalistas ubicuas (Avchar et al., 2022), por lo que es previsible que esta lista de géneros siga expandiéndose a medida que se publiquen nuevos estudios sobre la presencia de levaduras y hongos en flores (Klaps et al., 2020).

Las cepas de levadura con alta tolerancia osmótica tienden a producir más etanol en medios con alta concentración de azúcar (Pahlevi e Ilmi, 2020), lo que ha despertado el interés de los investigadores, ya que estos hábitats podrían ser reservorios de levaduras con capacidades biotecnológicamente valiosas, como la producción de etanol y enzimas (Avchar et al., 2022). En ese sentido, las superficies florales crean condiciones únicas diferentes a las de otras partes de la planta como humedad elevada, pH bajo y compuestos antimicrobianos, seleccionando colonizadores especializados. Los néctares añaden tensiones como mayor presión osmótica y especies reactivas de oxígeno, además de recompensas como azúcares. (Aleklett et al., 2014). En particular, el alto contenido de azúcar en los néctares florales puede actuar como una fuente de nutrientes para el desarrollo microbiano, favoreciendo a las levaduras altamente osmotolerantes (Pozo, 2019). Hibiscus rosa-sinensis y Pelargonium hortorum son plantas ornamentales populares por su resistencia y belleza, sin embargo, hay información limitada sobre los microorganismos no patógenos en sus estructuras florales específicas.

ANTECEDENTES. Muhammad y colaboradores (2007) aislaron e identificaron 17 species pertenencientes a 10 géneros de levaduras asociadas al néctar de Hibiscus rosa-sinensis, siendo Bullera pyricola la especie aislada predominantemente. En otro estudio, Chaudhary y Karita (2017) utilizaron cepas de levadura seleccionadas de flores para la conversión del arroz en bioetanol tras la hidrólisis ácida diluida y fermentación. La producción consistente de etanol fue de 1,80 ± 0,05% entre los días 2 y 4 por Metschnikowia cibodasensis Y34, y de 2,20 ± 0,21% entre los días 4 y 6 por Meyerozyma caribica Y42. Pahlevi e Ilmi (2020) recolectaron flores del Jardín Botánico Baturraden (Indonesia) y analizaron cuantitativamente la producción de etanol. Las tres muestras con mayor contenido de etanol fueron BL 6.4, BL 8.21 y BL 8.22, con 3,76; 3,59 y 4,67 mL/L de etanol, respectivamente. Son pocos los trabajos que se ha enfocado al estudio de levaduras endófitas de las especies mencionadas y prácticamente no existen estudios en México de este tipo, por lo que resulta relevante aislar las especies de levaduras y evaluar su potencial biotecnológico, como la producción de etanol.

OBJETIVO. Aislar levaduras endófitas de diferentes estructuras de H. coccineus y P. hortorum provenientes de entornos naturales y evaluar su potencial para la producción de etanol.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para el aislamiento de las cepas las muestras de flores fueron colectadas en un frasco estéril de 50 ml y lavadas con Yodopovidona 8% por 15 minutos, seguidamente se diseccionó con pinzas estériles los tejidos vegetales (pétalo, pistilo y tallo). Los tejidos se maceraron en un mortero y se colocaron en diferentes frascos estériles de 50 mL con caldo mínimo de sacarosa 5 (g/L). Para favorecer el crecimiento/reproducción, las muestras se incubaron a temperatura ambiente (23-26°C) durante 72-96 horas. La presencia de levaduras se detectó mediante la sedimentación y la turbidez del medio. Para la obtención de cultivos axénicos, las muestras se sembraron en placas Petri con agar YPD (Merck) y se incubaron a 29°C durante 72-96 horas.
Las colonias fueron observadas con un estereoscopio (SWIFT S7-TL-CA05), seleccionándose aquellas que presentaban una morfología típica de levadura. Posteriormente, se realizó una tinción simple con cristal violeta para observar su morfología celular y se descartaron aquellas levaduras que tuvieran morfología similar. Las colonias seleccionadas se resembraron en caldo Sabouraud (g/L) glucosa 20, peptona de caseína 5, extracto de levadura 1; pH 6. Las muestras fueron almacenadas a 4°C en refrigerador hasta su uso. Se realizaron cinco tratamientos con los cinco morfotipos aislados, llevando a cabo dos fermentaciones de 7 días cada una, para un total de 14 días. Durante el proceso, se midieron °Brix, pH y %alcohol en cada fermentación para evaluar la producción de alcohol. El medio de fermentación se preparó moliendo malta Pilsen Altiplano para aumentar la superficie de contacto de azúcares. Luego, se calentó agua a 151 °F y se maceró 18% de la malta en una bolsa de muselina durante 1 hora. Posteriormente, se realizó un lavado con 2 litros de agua a 167 °F y se hirvió el mosto durante 1 hora a 200 °F. Tras enfriar, se trasvasó 1 litro del medio a barriles de vidrio adaptados con airlocks de 2 litros. Finalmente, se añadió el inóculo de levadura al 1%. En la segunda fermentación, se analizaron los compuestos orgánicos/volátiles producidos (acetona, ácido acético, acetato de etilo, fenoles, entre otros) mediante cromatografía de gases. Finalmente, se realizó una destilación para purificar el etanol obtenido.

RESULTADOS. Se aislaron levaduras endófitas de diversas estructuras de H. coccineus y P. hortorum en entornos naturales de Morelia, Michoacán. Se obtuvieron 5 cepas de levaduras de flores, de las cuales 2 pertenecen a H. coccineus (1 de pistilo y 1 de hoja), y 3 cepas de P. hortorum (1 de tallo y 2 de hoja). Durante el proceso se espera, la medición de °Brix, pH y %alcohol de cada fermentación, análisis de compuestos orgánicos/volátiles producidos (acetona, ácido acético, acetato de etilo, fenoles, entre otros) al finalizar la fermentación, la evaluación y purificación final de la producción de etanol con las diferentes cepas de levaduras. No obstante, la investigación sigue en proceso experimental, pero se están recopilando datos para robustecer las conclusiones.

CONCLUSIONES. Se logró el aislamiento exitoso de levaduras endófitas presentes en diferentes estructuras de flores y se está evaluando su potencial biotecnológico en la producción de compuestos orgánicos bioactivos, como lo es el etanol.

REFERENCIAS.

1. Aleklett, K., Hart, M., & Shade, A. (2014). The microbial ecology of flowers: an emerging frontier in phyllosphere research. Botany, 92(4), 253-266

2. Avchar, R., Tiwari, S., y Baghela, A. (2022). Yeast isolation methods from specialized habitats. In Laboratory protocols in fungal biology: current methods in fungal biology (pp. 235-254). Cham: Springer International Publishing.
3. Chaudhary, A., y Karita, S. (2017). Screening of yeast isolates from flowers for effective ethanol production. Turkish Journal of Biology, 41(6), 890-900.
4. Klaps, J., Lievens, B. y Álvarez-Pérez, S. (2020). Towards a better understanding of the role of nectar-inhabiting yeasts in plant–animal interactions. Fungal biology and biotechnology, 7, 1-7.
5. Muhammad M., Ayesha-Jamal y Sharfun-Nahar. (2007). Biodiversity Of Yeast Mycoflora In Nectar Of Hibiscus Rosa-Sinensis And Ixora Coccinea Flowers. Pak. J. Bot., 39(4): 1367-1376.
6. Pahlevi, R. D. y Ilmi, M. (2020). Ethanol producing yeast isolated from Indonesian flower nectar and wild forrest honey. In AIP Conference Proceedings, 2260(1).
7. Pozo, M. I. (2019). Nectar yeasts of two southern Spanish plants: the roles of immigration and physiological traits in community assembly (vol 80, pg 281, 2012). Fems Microbiology Ecology, 95(7).

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324132

POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE EXTRACTOS LIPÁSICOS INDUCIDOS CON ACEITE DE OLIVA PROVENIENTES DE Candida tropicalis INMOVILIZADOS EN ALGINATO DE SODIO

Kimberly Vanessa Lopez-Solorio[1], Karina Yunuen López-Villafuerte[2], Roberto Ariel Amézquita-Novelo[3], Ricardo Martínez-Corona[4]

1Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l20120871@morelia.tecnm.mx

2 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l20120878@morelia.tecnm.mx

3 Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; roberto.an@morelia.tecnm.mx

*4 *Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; ricardo.mc@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: Actividad lipásica, C. tropicalis, lipasas, inmovilización.

RESUMEN. Las lipasas son enzimas capaces de degradar triglicéridos, lo que las hace relevantes en procesos industriales debido a su capacidad para catalizar reacciones como hidrólisis, esterificación y transesterificación, entre otras. Además, existen métodos como la inmovilización que permiten mejorar o retener la actividad catalítica de dichas enzimas. Candida tropicalis, una levadura perteneciente a Ascomycota, clase Hemiascomycetes, ha sido reportada con actividad lipásica y se ha documentado que las lipasas son inducibles con sustratos lipídicos como el aceite de oliva. El objetivo del presente trabajo es determinar la actividad lipásica de extractos enzimáticos de C. tropicalis inmovilizados en alginato de sodio. Para ello, se identificó la actividad lipásica por medio de una prueba cualitativa utilizando Rodamina B. Los resultados mostraron halos fluorescentes alrededor de las colonias en las concentraciones de 1% y 1.5%, indicando actividad lipolítica. A continuación, se determinó la mejor concentración de actividad lipásica de C. tropicalis en diferentes tratamientos de aceite de oliva para la inducción lipásica (0%, 0.5%, 1%, 1.5%y 2%). Además, se evaluaron los parámetros cinéticos correspondientes como tiempo de duplicación y constante de velocidad de crecimiento para cada tratamiento. La actividad enzimática específica se favoreció a una concentración de 1% de aceite de oliva, detectando una actividad de 21.16 UI/mg de proteína a las 9 h de inducción. Dicha actividad enzimática, fue estadísticamente significativa con respecto a los otros tratamientos, por prueba de Tukey-Kramer. Por otro lado, los parámetros cinéticos para este tratamiento fueron td=1.87 h (tiempo de duplicación) y k=0.3709 h-1 (constante de velocidad de crecimiento). Por tanto, el tratamiento realizado con concentración del 1% en el medio de cultivo YPD favorece la producción lipásica de C. tropicalis para su posterior inmovilización con alginato de sodio.

INTRODUCCIÓN. El uso de catalizadores químicos en diversos procesos industriales, como la producción de biodiésel, fabricación de jabones, hidrogenación y la esterificación de grasas, presenta ciertas desventajas. Estas incluyen el aumento en los costos del proceso, complicaciones en el tratamiento de aguas residuales, así como la necesidad de implementar etapas adicionales de separación (Pérez, et al., 2022). De esta forma, se han buscado alternativas para hacer procesos más económicos y sostenibles, promoviendo el

reemplazo de catalizadores homogéneos por biocatalizadores. Las lipasas son enzimas capaces de degradar triglicéridos siendo relevantes en procesos industriales por su capacidad para catalizar reacciones, como hidrólisis, esterificación, transesterificación, entre otras (Lascano, 2018). Diversos microorganismos con actividad lipásica pueden producir lipasas que actúan como biocatalizadores en estas reacciones. Uno de los microorganismos reportados con actividad lipásica es C. tropicalis, una levadura perteneciente a Ascomycota, clase Hemiascomycetes, bioquímicamente C. tropicalis tiene la capacidad de fermentar galactosa, sacarosa, maltosa y trehalosa los cuales asimila por vía oxidativa (Kurtzman et al., 2011). Presenta condiciones de crecimiento rápidas con un rango óptimo de temperatura de 30 a 37° C y un pH que oscila entre los 4 y 5, es considerada osmotolerante con la capacidad de producir xilitol y etanol (Zuza-Ives, et al., 2017). La producción de lipasas por C. tropicalis mediante inducción con aceite de oliva sugiere su potencial uso como biocatalizador. A fin de mejorar la recuperación y reutilización de las enzimas se emplea la inmovilización que retiene de manera física o química su actividad. El atrapamiento es un tipo de inmovilización química que utiliza un material polimérico o sol/gel como lo es el alginato de sodio (Arroyo, 1998; Sheldon, 2013). El presente trabajo tiene como principal objetivo determinar la actividad lipásica de extractos enzimáticos de C. tropicalis inmovilizados en alginato de sodio.

ANTECEDENTES. Días y colaboradores (2021) reportaron la producción de lipasas y lípidos en cepas de levaduras oleaginosas, como C. tropicalis. Su objetivo fue desarrollar un proceso biotecnológico para descontaminar aguas residuales de almazaras, logrando producir 203 U/L de lipasas en un biorreactor, demostrando su potencial para procesos biotecnológicos. Además, se ha encontrado que fuentes de nitrógeno y aceites como maíz, soja, canola y oliva inducen la actividad lipásica, siendo el aceite de oliva extra virgen el más efectivo, alcanzando 10,67 U/mL en C. tropicalis (Kebabci et al., 2022). Por su parte, Caicedo en 2023, evaluó la producción de lipasas de C. palmioleophila inmovilizadas en esferas de alginato y alcohol polivinílico, en donde se logró demostrar que la inmovilización tuvo efectos significativos respecto al contenido de proteína y actividad enzimática producidas en comparación con la levadura libre. Además, determinó la actividad enzimática cualitativamente usando el método de Agar rodamina observando fluorescencia alrededor de las colonias de C. palmiolephelia a diferentes concentraciones de aceites (aceite de palma, ácido oleico al 0.05% y 1%). La inmovilización de lipasas con alginato de sodio y cloruro de calcio ya fue explorada por Zhang (2013), quienes inmovilizaron lipasas comerciales y evaluaron su actividad enzimática mediante la hidrólisis de butirato de p-nitrofenol. Encontraron una vía ecológica, reutilizando las enzimas hasta seis veces sin pérdida significativa de actividad.

OBJETIVOS. Determinar la actividad lipásica de extractos enzimáticos de C. tropicalis inmovilizados en alginato de sodio para su potencial uso en la reacción de transesterificación para la producción de biodiésel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar la actividad lipásica de C. tropicalis de forma cualitativa por prueba colorimétrica usando medio de cultivo adicionado con Rodamina B. Determinar la concentración de aceite de oliva que induce la mayor actividad lipásica de C. tropicalis a través de un diseño experimental factorial de un factor. Inmovilizar los extractos enzimáticos de C. tropicalis, del tratamiento con la mayor actividad lipásica, por medio de

atrapamiento con alginato de sodio. Comparar la actividad lipásica de los extractos inmovilizados con los extractos no inmovilizados a través de titulación de triglicéridos hidrolizados de aceite de oliva.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Análisis cualitativo de actividad lipásica con Rodamina B. Se resembró la cepa de C. tropicalis, proveniente del cepario del Laboratorio de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Morelia, en placas de Agar YPD (10 g/L extracto de levadura, 10 g/L peptona, 20 g/L glucosa, y 20 g/L agar) para un volumen de 125 mL. Posteriormente, se incubaron durante 24 h a 30 ºC. Una vez activada la cepa, se realizó una tinción convencional con azul de lactofenol y se observó al microscopio óptico a 40X y 100X. El análisis cualitativo de la actividad lipásica se realizó con un ensayo colorimétrico con Rodamina B. Se preparó medio de cultivo Agar YPD para un volumen de 250 mL, adicionando una solución de 1 mg/mL de Rodamina B disuelta en agua destilada estéril. A continuación, utilizando un volumen efectivo de 50 mL del medio, se adicionó aceite de oliva en las respectivas concentraciones (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%). Una vez esterilizado el medio, se sembró la cepa utilizando la técnica de siembra en picadura. La levadura se incubó durante 24 h a 30° C y se observó en cámara oscura bajo luz ultravioleta.

Determinación de parámetros cinéticos. Para la determinación de los parámetros cinéticos se preparó medio YPD líquido adicionado con aceite de oliva en concentraciones de 0%, 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. Se inocularon los medios con una concentración inicial de $3x10^6$ células/mL y se incubaron con agitación a 200 rpm, a 30 °C y un pH inicial de aproximadamente 6.6. Se tomaron muestras cada 3 horas para la determinación de los diferentes parámetros. Para el crecimiento celular, se tomó una alícuota de 0.2 mL diluida con 1.8 mL de agua destilada y se midió la densidad óptica en un espectrofotómetro UV-Vis a una longitud de onda de 595 nm. También, se midió el pH con un potenciómetro calibrado.

Cuantificación de proteína por método de Bradford. El método de Bradford se efectuó para medir la concentración de proteínas, para lo cual se preparó el reactivo mezclando 0.01 g de azul de Coomassie G-250, 5 mL de etanol, 10 mL de ácido fosfórico y se aforó con agua destilada a un volumen de 100 mL. La solución se filtró antes de su uso. Como estándar se utilizó una curva de calibración con una solución stock de albúmina de huevo a una concentración de 1 mg/mL. Para la determinación de la concentración de proteína en el extracto extracelular, se tomaron 0.2 mL del extracto mezclados con 2 mL del reactivo de Bradford. Finalmente, se midió la absorbancia a 595 nm y se realizaron los cálculos correspondientes.

Análisis cuantitativo de actividad enzimática. La actividad enzimática se determinó mediante titulación de los ácidos grasos liberados en la hidrólisis de los triglicéridos. Se preparó un sustrato emulsionado con 40.8 mL de solución buffer fosfato pH 7, 100 mM, 30 mL de aceite de oliva y 30 mL de agua destilada. Para la mezcla de reacción se utilizaron 1 mL de la solución enzimática y 9 mL de la emulsión, dejando reaccionar durante 5 minutos a 37°C. Enseguida, se realizó una titulación con KOH 0.025 M utilizando fenolftaleína.

Inmovilización. Para inmovilizar las enzimas, se preparará una solución de 25 mL de alginato de sodio al 2% y una solución de cloruro de calcio a 0.3M. El inóculo (100 mL) se centrifugará, y se pesarán 0,25 g del precipitado que contiene las lipasas. Luego, se mezclarán 8 mL de la solución de alginato con los 0,25 g de extracto en 2 mL de buffer, agitando durante 30 minutos. La mezcla se verterá en una bureta y se goteará sobre la

solución de cloruro de sodio en agitación (<150 rpm). Las esferas formadas se filtrarán, se cubrirán con agua destilada y se almacenarán a 4°C para su uso posterior.

RESULTADOS.

Análisis cualitativo de la actividad lipásica. Las colonias de C. tropicalis mostraron halos fluorescentes cuando fueron cultivadas en medio Agar YPD con Rodamina B a las diferentes concentraciones de aceite. Los halos más representativos fueron los de las colonias presentes en los tratamientos al 1% y 1.5% (Fig. 1).El halo fluorescente indica que la levadura produce lipasas activas que están hidrolizando los triglicéridos presentes en el medio.

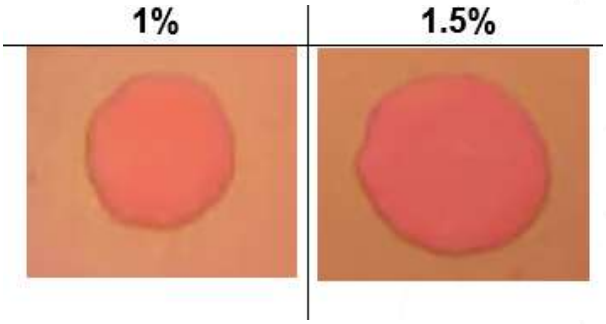
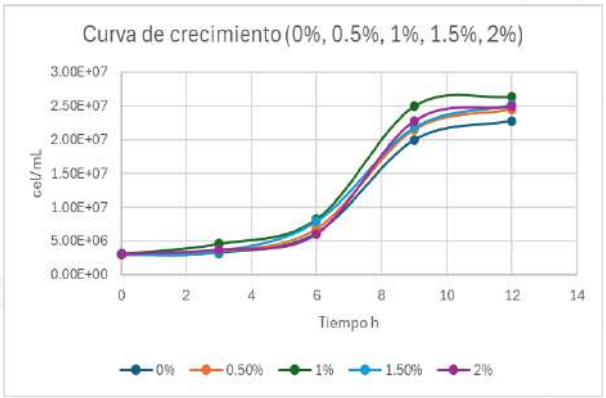


Figura 1. *Presencia de halos fluorescentes en los tratamientos 1% y 1.5% Agar YPD + Rodamina B.*

Determinación de parámetros cinéticos. En la Fig. 2, se presenta la curva de crecimiento celular, en función del tiempo, para cada uno de los tratamientos con aceite de oliva en las primeras 12 h. Los datos revelan un crecimiento celular sostenido durante las primeras horas de cultivo, seguido de la fase exponencial que se prolonga hasta aproximadamente las 9 h, momento en el que todos los tratamientos alcanzan la fase estacionaria. Durante esta fase exponencial, el crecimiento celular siguió un patrón logarítmico, lo que permitió calcular los parámetros cinéticos de velocidad de crecimiento específica (μ) y tiempo de duplicación (td).



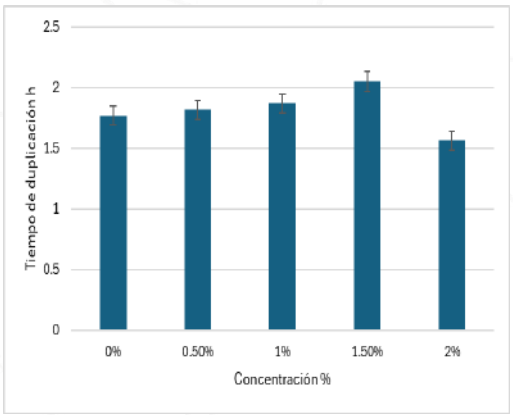


Figura 2. *Curva de crecimiento C. tropicalis (tratamientos al 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%).*

Figura 3. *Comparación del tiempo de duplicación (td) de los diferentes tratamientos en C. tropicalis*Por su parte, en la Fig. 3, se observa que el tratamiento con 1% de aceite de oliva presentó un tiempo de duplicación de 1.87 h. A su vez, este mismo tratamiento alcanzó una constante de velocidad de crecimiento de 0.3709 h^{-1}. Aunque este valor no difiere estadísticamente,

por prueba de Tukey-Kramer, de los demás tratamientos, refleja un crecimiento celular eficiente en comparación con las demás concentraciones.
Así mismo, en la Fig. 4 se muestra la comparación estadística de la actividad lipásica mediante el método de Tukey-Kramer. Con ello, se corrobora que el tratamiento con 1% de aceite de oliva presentó la mayor actividad enzimática, con un valor de 21.16 U/mg, siendo estadísticamente significativa respecto a las demás concentraciones evaluadas. Este resultado sugiere que el 1% de aceite de oliva es la concentración óptima para inducir la mayor producción de lipasas, bajo las condiciones estudiadas.

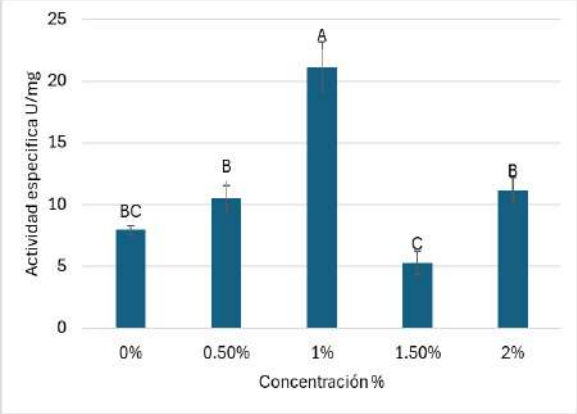


Figura 4. *Comparación estadística de la actividad lipásica mediante el método de Tukey-Kramer, n=2.*

Resultados esperados: La inmovilización en alginato de sodio beneficiará la actividad enzimática específica de los extractos lipásicos producidos, aumentándola. Aunque puede haber una ligera disminución en la actividad específica en comparación con las células libres, el proceso de inmovilización podría preservar un porcentaje considerable de la actividad enzimática a lo largo de varios ciclos de uso, mejorando su eficiencia como biocatalizador.

CONCLUSIONES. De las diferentes concentraciones evaluadas, el 1% de aceite de oliva demostró ser la más adecuada para inducir tanto un crecimiento celular eficiente como una actividad lipásica elevada, lo que la convierte en una opción prometedora para procesos que requieran una alta producción de enzimas. Estos resultados ofrecen un punto de partida importante para su futura aplicación en procesos industriales como lo es la producción de biodiesel por medio de la reacción de transesterificación en donde las lipasas de C. tropicalis puedan ser utilizadas como un biocatalizador eficiente.

REFERENCIAS.

1. Pérez, S., Aguilera, L., Castañeda, M., Gallardo, N. (2022). Condiciones del proceso de transesterificación en la producción de biodiésel y sus distintos mecanismos de reacción. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 25, e481.https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.481
2. Lascano Demera, L. D. (2018). Producción, extracción y caracterización de lipasas provenientes de la levadura antártica Guehomyces pullulans [Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas, PUCE Quito]. http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15493
3. Kurtzman, CP, Fell, JW y Boekhout, T. (Eds.). (2011). Las levaduras: un estudio taxonómico. Elsevier.
4. Zuza-Alves, DL, Silva-Rocha, WP y Chaves, GM (2017). Una actualización sobre Candida tropicalis basada en enfoques básicos y clínicos. Fronteras en microbiología, 8, 1927. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.0192
5. Arroyo, M. (1998). Inmobilized enzymes: Theory, methods of study and applications. Ars. Pharmaceutica, 39(2); 23-39. https://www.ugr.es/~ars/abstract/arroyo.pdf

6. Sheldon, R. A., y van Pelt, S. (2013). Enzyme immobilisation in biocatalysis: Why, what and how. Chemical Society Reviews, 42(15), 6223-6235. https://doi.org/10.1039/C3CS60075K
7. Dias, B., Lopes, M., Ramôa, R., Pereira, A., y Belo, I. (2021). Candida tropicalis como levadura oleaginosa prometedora para la bioconversión de aguas residuales de almazaras" Energies 14, no. 3: 640. https://doi.org/10.3390/en14030640
8. Kebabcı, Ö., & Cihangir, N. (2011). Immobilization of Lipase and Lipase Producing Yeast, Yarrowia lipolytica NBRC 1658. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 39(3), 283-288
9. Caicedo-Hernández, D. (2023). Evaluación de la Producción de Lipasas de Cándida palmioleophila Inmovilizada en Esferas de Alginato y Alcohol Polivinílico.
10. Zhang, S., Shang, W., Yang, X., Zhang, S., Zhang, X. y Chen, J. (2013). Inmovilización de lipasa utilizando perlas de hidrogel de alginato y evaluación enzimática en la hidrólisis de butirato de p-nitrofenol. Boletín de la Sociedad Química Coreana, 34 (9), 2741-2746.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324133

ANÁLISIS DEL NIVEL DE ACEPTACIÓN DEL HELADO FUNCIONAL A BASE DE Psidium guajava POR LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS.

Lluvia Ibeth Nieto Enriquez, Miriam López González, Lesly Araceli Arévalo Vaca, Norma Garcia Montañez[1]
1Universidad Tecnológica de Morelia, norma.garcia@ut-morelia.edu.mx

Palabras Clave: dieta, nivel de aceptación, Psidium guajava.

RESUMEN. La diferencia entre helados artesanales y helados industriales está clara, se trata de productos de una mayor calidad, con más cremosidad y un proceso de elaboración mucho más sano y nutritivo que aquellos que se fabrican de forma industrial. El desarrollo de nuevos alimentos representa un desafío constante para satisfacer las necesidades nutricionales del grupo etario de los estudiantes universitarios. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar un helado derivado lácteo a base de Psidium guajava del volumen de descarte de la producción del municipio de Taretan, Michoacán. El producto se elaboró en tres versiones con diferentes formulaciones, siendo necesario identificar la fórmula preferida por la población objetivo. Las muestras se prepararon en tres lotes de 100 piezas cada uno, seleccionadas al azar y codificadas para su evaluación por jueces de consumo. Para validar la investigación, se determinó el grado de aceptabilidad mediante un panel de evaluación sensorial compuesto por 50 estudiantes universitarios, utilizando una encuesta de escala hedónica de 5 puntos. Los estudiantes compararon tres fórmulas diferentes, identificadas como KL1, CS2 y NV3, en función de sus componentes cuantitativos. Los resultados se analizaron para determinar la existencia de diferencias significativas y el nivel de preferencia. Se encontró que la fórmula KL1 tuvo la menor aceptación, siendo descartada por el 95% de los participantes debido a su sabor y consistencia. En cuanto a la fórmula CS2, el color fue el aspecto de mayor aceptación (52%), seguido por la consistencia (44%), el olor (32%) y el sabor (24%). La fórmula NV3 presentó la mayor aceptabilidad en sabor (90%), seguida por el olor (80%) y la consistencia (78%), siendo el color (65%) el aspecto que se solicitó mejorar. Por lo tanto, existen diferencias significativas en la apreciación de las características sensoriales ($P < 0,05$) entre las fórmulas, observándose una marcada preferencia por la fórmula NV3. Esta se considera óptima a nivel sensorial para ser incluida en la dieta del estudiante universitario, debido a su aporte nutricional y las características sensoriales que satisfacen las preferencias de este grupo.

INTRODUCCIÓN. Los helados artesanales se definen por ser elaborados de forma totalmente natural y manual, con ingredientes de calidad, sin el empleo de colorantes o conservantes, y no introducen aire añadido. Se distinguen especialmente por su calidad y su cremosidad, ya que se elaboran siguiendo cuidadosamente unos determinados procesos para que tengan mucho más cuerpo que los clásicos industriales, los helados artesanales práctica habitual de los industriales. Cubrir las necesidades nutricionales del grupo etario que representa la dieta del estudiante universitario, resulta ser un constante desafío para el

desarrollo de nuevos alimentos. La preocupación por el sedentarismo y la alimentación se basa en sus efectos directos en la calidad de vida de las personas, por su fuerte asociación con enfermedades, (Ratner G, et. al., 2012). La información disponible en el país sobre alimentación y estilos de vida en adolescentes y adultos jóvenes es limitada. La Encuesta Nacional de Salud del año 2018 mostró bajos niveles de actividad física y de consumo de verduras y frutas, (Olivares S, 2008). En el análisis de Montero (2023), la ingesta calórica de los estudiantes es inferior a la recomendada, las calorías aportadas a la dieta por parte de las grasas fueron superior a las recomendaciones y se superan ampliamente las recomendaciones en cuanto a proteína. En el marco de la alimentación funcional, el propósito de esta investigación fue evaluar un producto tipo lácteo elaborado a base de guayaba y frutos secos como ingredientes funcionales para demostrar una relación entre la ingesta del producto lácteo potencialmente funcional con un efecto beneficioso sobre la salud. La propuesta es un helado funcional a base de Psidium guajava, con características funcionales y orgánicas. Se define como un alimento artesanal, pues está elaborado a partir del churneo. Es una mezcla de ingredientes mínimamente procesados para mantener la integridad de los componentes funcionales, con consistencia pastosa, sometido a enfriado y refrigerado. Envasado primario, almacenado para su consumo en refrigeración a una temperatura de 4°C.

ANTECEDENTES. En el análisis de Montero (2023), la ingesta calórica de los estudiantes es inferior a la recomendada, las calorías aportadas a la dieta por parte de las grasas fueron superior a las recomendaciones y se superan ampliamente las recomendaciones en cuanto a proteína. Ratner G, Rinat, Hernández J, Paulina, Martel A, Jorge, & Atalah S, Eduardo. (2012) en su estudio analizaron la calidad de la alimentación, actividad física y antecedentes de patologías previas en estudiantes de educación superior en función de su estado nutricional y de su participación en las Becas BAES. Sus resultados contribuyen a conocer mejor las brechas existentes en la calidad de la alimentación en esta población y a definir nuevas estrategias de intervención. En la Universidad Tecnológica de Morelia en el 2024, realizó una evaluación sensorial de las muestras de helado al inicio del almacenamiento se evidencia que el producto es aceptable para el consumidor ya que tiene buen color, olor agradable y sabor característico; transcurrido 4 meses del almacenamiento el producto presenta un color oscuro, olor un poco desagradable y sabor diferente. En el trabajo se desarrolló un helado artesanal utilizando guayaba de tercera calidad. Elaboró una fórmula base, con la cual se evaluaron cinco tratamientos; con 0, 25, 50, 75 y 100% CPMD sustituyendo la cantidad de frutos secos. Y realizó un análisis sensorial con 50 panelistas no capacitados evaluando cada tratamiento en cinco variables: aroma, color, sabor, textura y aceptación general, complementado con una evaluación de costos para elegir el producto idóneo y proseguir con el análisis microbiológico.

OBJETIVO. Evaluar el nivel de aceptación de un helado derivado lácteo a base de Psidium guajava del volumen de descarte de la producción del municipio de Taretan, Michoacán para su inclusión en la dieta del estudiante universitario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Seleccionar la formulación idónea de ambos productos se realizaron test de degustación del nivel de aceptación. Realizar las pruebas microbiológicas y calidad sensorial al producto alimenticio, con diseños experimentales que garantizan la

confiabilidad de los resultados. Determinar el grado de aceptabilidad a través de un panel de evaluación sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS. Descripción del ensayo. Se inició el desarrollo del helado derivado lácteo a base de Psidium guajava del volumen de descarte de la producción del municipio de Taretan, Michoacán; el cual es un análogo de productos comerciales reconocidos por la población en general, las fórmulas serán preparadas según recetas tradicionales. Se adquirieron ejemplares de los cultivos de la asociación de productores, ubicada en Taretan, Michoacán. Los ejemplares se trasladaron al área de producción de alimentos en la UTM y se utilizaron el mismo día de cosecha para elaborar las formulaciones. El rendimiento de los productos de cosecha fue del 72. Se realizaron 3 muestreos en intervalo de tres semanas. Se aplicó un análisis de varianza aleatorio en el diseño experimental para evaluar la diferencia entre la formulación y la referencia teórica (Perez-Lizaur, Palacios-González y Castro- Becerra, 2010). A partir de la consideración de Izquierdo, García, Allara, Rojas, Torres, y González, (2007), se aplicó la prueba de Tukey para detectar las diferencias entre los valores de medias estadísticas. Formulación y elaboración de los productos. En ensayos preliminares se evaluaron fórmulas sin variación en la proporción de los ingredientes principales, ya que depende de la concentración de frutos secos y proceso de molienda. Para seleccionar la formulación idónea de ambos productos se realizaron test de degustación del nivel de aceptación del producto, en base a pruebas organolépticas. Las fórmulas del helado se elaboraron siguiendo el proceso de manufactura tradicional. La transformación se llevó a cabo en un proceso mínimo para evitar cambios drásticos en la composición química del alimento; mezclado, triturado, empaquetado en recipientes de plástico estériles. Para asegurar la salud del consumidor y evitar rechazos de los distribuidores, es necesario implementar prácticas de higiene y sanidad para el proceso de producción (NOM-120-SSA1-1994) que reducen los riesgos de contaminación por la presencia de peligros físicos, químicos y biológicos, introducidos tanto en la producción primaria como en los procesos de transformación del helado. Análisis microbiológico. Los análisis que se requieren como un mínimo para la caracterización microbiológicas y calidad sensorial al producto alimenticio, con diseños experimentales que garantizan la confiabilidad de los resultados (Izquierdo, García, Allara, Rojas, Torres, y González, 2007).), según los métodos de prueba de la Normatividad Oficial Mexicana vigente en materia de seguridad alimentaria El análisis de las muestras del producto se realizó por triplicado en cada prueba, a las 24 horas posterior a la fabricación del alimento, a partir de un muestreo aleatorio sistemático por lotes aislados para una inspección de contenido medio para un tamaño. Evaluación sensorial. Se determinó el grado de aceptabilidad a través de un panel de evaluación sensorial a 100 estudiantes universitarios mediante una encuesta de escala hedónica de 5 puntos con los siguientes descriptores: me gusta mucho=5, me gusta=4, ni me gusta, ni me disgusta=3, me disgusta=2 y no me gusta=1, donde se compararon 3 formulas diferentes en la concentración de frutas secas, y diferencias significativas de $P < 0.050$, se aplicó un análisis de varianza en bloque, basándose en las características de olor, color, sabor y textura. (Izquierdo, García, Allara, Rojas, Torres y González, 2007).

RESULTADOS. En ensayos preliminares se evaluaron fórmulas con variación en la proporción de frutos secos y aditivos ya que en ambos productos su estabilidad depende de la concentración de los aditivos que corresponden al 19.1%, 20.2% y 21.4 % del peso

total de los ingredientes principales obteniendo tres formulaciones finalistas (Tabla 1). Por fines de intención comercial no se publicarán detalles de la fórmula y proceso.

Tabla 1. Variantes en la formulación

Composición fórmula	KL1	CS2	NVM
Guayaba	*50-57%*	*50-57%*	*50-57%*
Frutos secos	*0.3-0.6%*	*0.3-0.6%*	*0.3-0.6%*
Aditivos	*19.1%*	*20.2%*	*21.4%*

Tabla 2. Resultados microbiológicos de aptitud para consumo.

Especificaciones	Resultado	Límite máximo permitido
Mohos y levaduras	*No aplica*	*50 UFC/g o mL*
Organismos Coliformes totales	*No aplica*	*200,000 UFC/g o mL*
Mesofílicos aerobios	*13 UFC*	*<100 UFC/g o mL*
Salmonella spp	*No aplica*	*Ausente en 25g*

(Ctrl)

Los resultados microbiológicos (Tabla 2) muestran que es apto para consumo. El método de conservación seleccionado fue el envasado al alto vacío, el cual resultó eficiente ya que durante cuatro meses evitar proliferación de los indicadores sanitarios (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras), así como el deterioro de sabor y olor característicos en ambos productos.

Los resultados de la evaluación sensorial (Tabla 5 y Fig. 2) se analizaron tomando en cuenta como criterio de aceptación los resultados de los descriptores 4 y 5.

Tabla 5. Evaluación sensorial nivel de aceptación de la formulación

	Nivel de agrado				
Muestras	5	4	3	2	1
KL1	5	10	5	10	20
CS2	12	17	14	5	2
NV3	18	25	5	1	2

El superíndice diferente en la misma columna indica diferencias significativas (P 0.05). Escala Hedónica presenta los criterios de aceptación: me gusta mucho=5, me gusta=4, ni me gusta, ni me disgusta=3, me disgusta=2 y no me gusta=1 Los numerales en la filerales marcan la diferencia de formulación.



Figura 2. Resultados del nivel de aceptación. Escala hedónica de 5 puntos descriptores

La fórmula CS2, el color fue el aspecto de mayor aceptación (52%), seguido por la consistencia (44%), el olor (32%) y el sabor (24%). La fórmula NV3 presentó la mayor aceptabilidad en sabor (90%), seguida por el olor (80%) y la consistencia (78%), siendo el color (65%) el aspecto que se solicitó mejorar

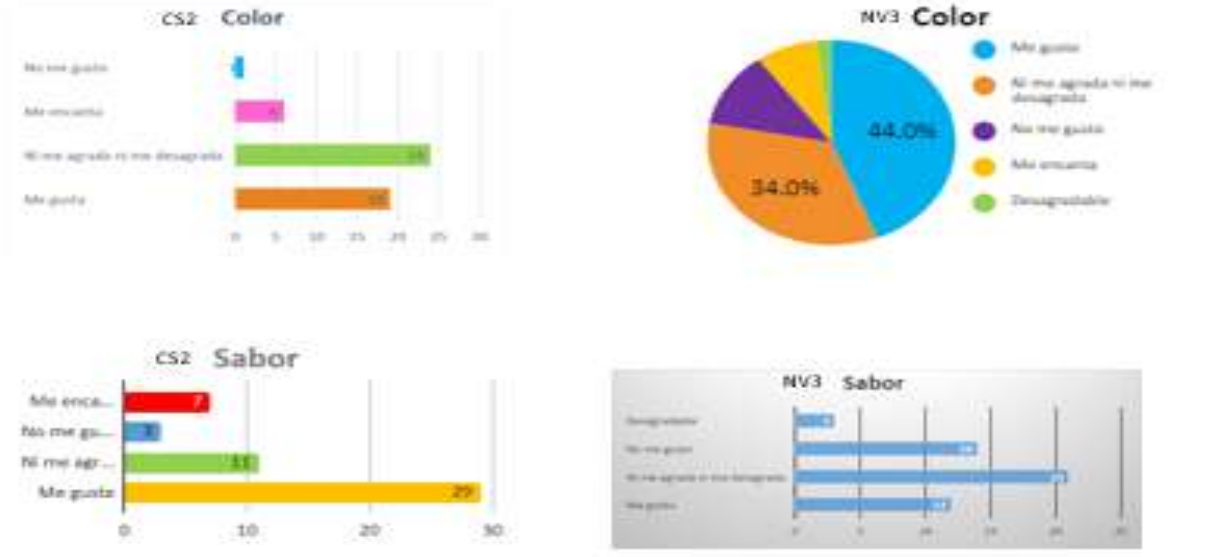


Figura 3. Resultados de nivel de aceptación de los parámetros sensoriales evaluados. Escala hedónica de 5 descriptores

El sabor fue el parámetro sensorial más aceptado (85%) seguido por el color (83%) y aroma (80%), (Fig. 3).

En la Tabla 6, se enlistan los resultados obtenidos en la evaluación sensorial que compara helado en sus tres versiones para identificar diferencias significativas.

	Nivel de agrado				
Muestras	5	4	3	2	1
KL1	5	10	5	10	20
CS2	12	17	14	5	2
NV3	18	25	5	1	2

Tabla 6. *Evaluación sensorial diferencias entre las fórmulas del helado artesanal.*

El superíndice diferente en la misma columna indica diferencias significativas (P 0.05). Escala Hedónica presenta los criterios de aceptación: me gusta mucho=5, me gusta=4, ni

me gusta, ni me disgusta=3, me disgusta=2 y no me gusta=1 Los numerales en la literales marcan la diferencia de formulación.

CONCLUSIONES. Es indispensable para asegurar la salud del consumidor y evitar rechazos de los mercados que el personal involucrado en el proyecto de producción permanezca en capacitación, para establecimiento de sistemas de control de calidad y establecimiento de estrategias de penetración y desarrollo de mercado. Las formulaciones propuestas fueron bien aceptadas sensorialmente, sin embargo, las fórmulas que presentaron mayor concentración de aditivos confirman que se prefiere el sabor agradable de los frutos secos y mayor cantidad de aditivos sobre el sabor tradicional de la guayaba. Por lo tanto, se considera un producto con excelente aporte nutricional, óptimas características sensoriales para ser incluido en la dieta del estudiante universitario.

REFERENCIAS.

1. Fuentes-Berrio, L., Acevedo-Correa, D., & Gelvez-Ordóñez, V. Í. C. T. O. R. (2015). Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 13(2), 140-149.
2. Hidalgo Filipovich, R., Gómez Ugarte, M., Escalera Cruz, D. Á., & Quisbert Díaz, S. (2015). Beneficios de la guayaba para la salud. Revista de Investigación e Información en Salud, 10, 27.
3. Lutz R, Mariane, Morales D, Doris, Sepúlveda B, Silvia, & Alviña W, Marcela. (2008). Evaluación sensorial de preparaciones elaboradas con nuevos alimentos funcionales destinados al adulto mayor. Revista chilena de nutrición, 35(2), 131-137. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182008000200007
4. Montero Bravo, A., Úbeda Martín, N., & García González, A.. (2006). Evaluación de los hábitos alimentarios de una población de estudiantes universitarios en relación con sus conocimientos nutricionales. Nutrición Hospitalaria, 21(4), 466-473. Recuperado en 16 de septiembre de 2023, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212 16112006000700004&lng=es&tlng=es.
5. Olivares S, Lera L, Bustos N. (2008). Etapas del cambio, beneficios y barreras en actividad física y consumo de frutas y verduras en estudiantes universitarios de Santiago de Chile. Rev Chil Nutr; p.p 35: 25-35.
6. Pintor-Jardines, M. A., & Totosaus-Sánchez, A. (2013). Propiedades funcionales de sistemas lácteos congelados y su relación con la textura del helado: Una revisión. CienciaUAT, 7(2), 56-61.
7. Ratner G, Rinat, Hernández J, Paulina, Martel A, Jorge, & Atalah S, Eduardo. (2012). Calidad de la alimentación y estado nutricional en estudiantes universitarios de 11 regiones de Chile. Revista médica de Chile, 140(12), 1571-1579. https://dx.doi.org/10.4067/S0034 98872012001200008

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324134

EVALUACIÓN DE CANDIDATOS INDUCTORES DE LA RESPUESTA INMUNE ENTRENADA EN CÉLULAS POLIMORFONUCLEARES DE BOVINOS

Miriam Zendejas Ramírez[1], Daniela Bautista Santos[2], Frida Patricia Corona Fraga[3], Alejandra Ochoa Zarzosa[4], Joel Edmundo López Meza[5], Marisol Báez Magaña[6]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1900046a@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1907478g@umich.mx

3 Instituto Tecnológico de Morelia; l21120985@morelia.tecnm.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandra.ochoa@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; elmeza@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mbaez@umich.mx

Palabras Clave: Zoonosis, entrenamiento, polimorfonucleares, vacuna.

RESUMEN. La inmunidad entrenada (IE) se presenta en las células innatas expuestas por primera vez ante un reto, como la vacuna del Bacillus Calmette-Guérin (BCG). La IE induce la reprogramación metabólica y epigenética de las células que les permite mejorar la respuesta ante una nueva infección. Además, el incremento de especies reactivas de oxígeno (ERO) durante la IE favorece la defensa contra patógenos. Las enfermedades zoonóticas, como la brucelosis y las infecciones respiratorias, representan un problema para el ganado bovino y la salud humana. Actualmente los tratamientos convencionales tienen poca efectividad, por lo que la IE es una alternativa para el desarrollo de tratamientos innovadores. Previamente, se demostró que un extracto lipídico de la semilla del aguacate nativo mexicano (*Persea americana* var. drymifolia) (del inglés LEAS) induce la producción de moléculas antimicrobianas en un modelo de interacción hospedero-patógeno, por lo que es un candidato para inducir la IE. El objetivo de este proyecto fue evaluar candidatos que induzcan la IE en células polimorfonucleares (CPMN) de ganado bovino. Las CPMN se aislaron de 5 becerras de 6 a 12 meses de edad y como primer reto se emplearon tres vacunas: complejo respiratorio bovino (Bovigen Total Se®), brucelosis bovina (Brucelosis RB51®), BCG como control de IE; además de LEAS (1µg/mL). La producción de ERO se evaluó mediante quimioluminiscencia en el día uno y seis después del primer reto con los diferentes tratamientos. Los resultados mostraron que el tratamiento con BCG incrementó la producción de ERO ~32 veces seis días después del reto, mientras que con los otros tratamientos sólo se incrementó ~0.6 veces con respecto al primer día. Por lo anterior, se requiere evaluar los efectos de los tratamientos después de un segundo reto para determinar al mejor candidato de la activación de la IE.

INTRODUCCIÓN. El propósito del sistema inmunológico es defender al organismo de infecciones o patologías que puedan atacarlo; funciona bajo dos tipos de inmunidad: 1) la inmunidad innata, que representa la primera línea de defensa del hospedero y se basa en una respuesta rápida e inespecífica; y 2) la inmunidad adaptativa, cuya respuesta se caracteriza por ser tardía, específica al antígeno y generar memoria inmunológica a largo

plazo (Torres, et al., 2017). Una de las principales diferencias que ha caracterizado a la inmunidad innata y la inmunidad adaptativa es su capacidad de respuesta ante patógenos. El dogma de que sólo la inmunidad adaptativa tiene la capacidad de generar memoria inmunológica ha sido cuestionado recientemente por estudios que demuestran que la inmunidad innata también puede oponer resistencia ante ciertas reinfecciones (Netea, et al., 2016). El término de "inmunidad entrenada" describe el proceso en el que las células inmunológicas innatas adquieren memoria inmunológica tras la exposición a cierto estímulo para posteriormente generar una respuesta mejorada ante una reinfección (Ochando, et al., 2023). Es decir, después de la exposición inicial a un patógeno o vacuna inductora de la inmunidad entrenada, las células inmunológicas innatas experimentan modificaciones intracelulares que afectan su capacidad de respuesta a largo plazo, dando pie a una respuesta mejorada tras una estimulación heteróloga secundaria. Este fenómeno puede ocurrir gracias a la reprogramación epigenética y metabólica de las células inmunológicas innatas. Los parámetros celulares para determinar el grado de entrenamiento de las células inmunes incluyen la producción de las citocinas proinflamatorias (IL-6, TNF-α, IL-1 y IFN-γ), la tasa de consumo de oxígeno, la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO), la reprogramación de la ruta de la glucólisis y la fosforilación oxidativa (OXPHOS). Este último parámetro se toma en cuenta debido a que las células entrenadas incrementan su tasa metabólica, por lo que requieren más energía que adquieren del glucólisis y la fosforilación oxidativa. (Baydemir, et al., 2024).

ANTECEDENTES. Las enfermedades zoonóticas, como la brucelosis y las infecciones respiratorias, representan un problema para el ganado bovino y la salud humana. El ganado bovino en México es parte importante en la economía rural. Sin embargo, las enfermedades que afectan a los animales generan grandes pérdidas económicas y en la mayoría de los casos los tratamientos requieren del uso de una gran cantidad de antimicrobianos (Rojas-Martínez, et al., 2022). Actualmente los tratamientos convencionales tienen poca efectividad, por lo que la IE es una alternativa para el desarrollo de tratamientos innovadores. Previamente, se demostró que un extracto lipídico (LEAS) de la semilla del aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) induce la producción de moléculas antimicrobianas en un modelo de interacción hospedero-patógeno (Báez-Magaña, et al., 2019), por lo que es un candidato para inducir la IE. Además, se ha descrito que la vacuna de la BCG utilizada en humanos induce el entrenamiento de monocitos en bovinos (Guerra-Maupome, et al., 2019). Por lo anterior, continuar con la búsqueda de vacunas potenciales para inducir la IE y la mejora de estas es un área interesante de explorar. En este sentido, las vacunas del complejo respiratorio bovino (Bovigen Total Se®) y brucelosis bovina (Brucelosis RB51®) son un punto de partida para explorar su potencial como inductores de la IE.

OBJETIVOS. Evaluar los efectos de las vacunas contra la brucelosis bovina, el complejo respiratorio bovino y el extracto lipídico de semilla de aguacate (*Persea americana* var. drymifolia) en la inducción de la inmunidad entrenada en células polimorfonucleares de bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Aislamiento de las células polimorfonucleares de ganado bovino. Las células polimorfonucleares de bovinos (CPMN) bovinas fueron aisladas de 5 becerras de raza

Holstein con 6-12 meses de edad, sin vacunación previa y sin signos aparentes de enfermedad. La purificación de las células se realizó como se describe por (Domínguez-Andrés, et al., 2021). Se colectó la muestra sangre utilizando tubos vacutainer EDTA; una vez recolectada la muestra se le agregó PBS en proporción 1:1 y se centrifugó a 800 xg durante 10 min. Cuidadosamente se recuperó la capa leucocitaria y se le agregó nuevamente PBS hasta un volumen de 35 ml; se le adicionaron 14 ml de Ficoll-Paque para crear un gradiente de densidad y se centrifugó a 615 xg durante 30 min sin aceleración ni frenado. Se recuperó la capa de CPMN y se les agregó PBS hasta un volumen de 50 ml; posteriormente se centrifugó a 550 xg durante 15 min a 4°C, se retiró el sobrenadante y se repitieron 2 veces más los lavados con PBS frío. Finalmente, se suspendieron las células en medio RPMI y se contaron con una cámara de Neubauer.

Adición de tratamientos a las CPMN bovinas (primer reto). Se utilizaron cajas para cultivo celular de 96 pozos blancas para quimioluminiscencia (Corning) y fueron tratadas con colágena de cola de rata (Sigma). Posteriormente se sembraron 200,000 CPMN bovinas por pozo y fueron tratadas durante 24 h con la vacuna de brucelosis bovina (Brucelosis RB51®) con las siguientes multiplicidades de infección (MOI, célula: bacteria) 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 y 1:5. Para la vacuna del complejo respiratorio bovino (Bovigen Total Se®) se utilizaron los MOI de 1:15, 1:30, 1:45, 1:60 y 1:75, y LEAS 1 µg/ml; como control se utilizó la vacuna BCG (5 µg/ml).

Adición de LPS a las CPMN bovinas (segundo reto). Después de 24 h de realizado el primer reto se retiró el sobrenadante y se adicionó medio nuevo sin tratamiento. Las células se incubaron por 6 días más sin estímulo. Al finalizar este periodo las células fueron retadas con lipopolisacárido (LPS) de Escherichia coli (10 ng/ml) (Sigma) y se incubó por 72 h.

Producción de ERO. La medición de ERO en las células se realizó el día 1 después de adicionado el primer tratamiento, al día 6 antes de adicionar el segundo reto y el día 9 (72 h después del segundo reto). Se retiró el sobrenadante de los pozos, se adicionó medio RPMI nuevo y 20 µl de zymosan (1 mg/ml) opsonizado. Inmediatamente se agregaron 20 µl de luminol y se registró la quimioluminiscencia de 30 lecturas realizadas cada 30 segundos. La lectura se reportó como unidades relativas de luminiscencia.

RESULTADOS.

Efecto de las vacunas contra la brucelosis bovina y el complejo respiratorio bovino en el entrenamiento inmune de las células polimorfonucleares bovinas

Se analizó el efecto de la vacunación sobre la producción de ERO en células polimorfonucleares de sangre periférica bovina. La producción de ERO es considerado un parámetro indicador de la activación de la IE en las células innatas. Los resultados mostraron que la vacuna Brucelosis RB51 en las MOI 1:1, 1:2 y 1:3 induce la producción de ERO después del segundo reto, similar a la inducida por la vacuna BCG. En el caso de la vacuna Bovigen Total Se® no se observaron cambios en la producción de ERO.Estos resultados sugieren que la vacuna contra la brucelosis puede ser utilizada como una vacuna inductora del entrenamiento inmune.

		Primer reto	Descanso	Segundo reto
Tratamiento	MOI (célula:bacteria)	Día 1	Día 6	Día 9
Brucelosis RB51®	1:1	16 ± 3.98	22 ± 10.25	29 ± 3.96
	1:2	14 ± 3.35	23 ± 9.43	28 ± 4.28
	1:3	14 ± 3.25	23 ± 9.21	27 ± 3.21

	1:4	15 ± 4.91	24 ± 10.67	25 ± 4.61
	1:5	13 ± 3.38	24 ± 9.29	24 ± 3.93
Bovigen Total Se®	1:15	14 ± 3.60	24 ± 9.38	24 ± 3.51
	1:30	14 ± 3.58	24 ± 9.41	24 ± 3.58
	1:45	15 ± 3.79	23 ± 10.24	24 ± 3.75
	1:60	14 ± 3.00	24 ± 10.24	24 ± 4.62
	1:75	15 ± 5.14	24 ± 8.66	23 ± 4.08
CPMN	Sin estímulo	14 ± 4.57	22 ± 9.57	25 ± 4.12
BCG	5 µg/ml	0.4 ± 6.42	32 ± 8.93	30 ± 5.06

Tabla 1. *Producción de ERO en células polimorfonucleares retadas con la vacuna de la brucelosis y el complejo respiratorio bovino.*

La producción de ERO es expresada en unidades relativas de quimioluminiscencia. Media ± DE; n=5.

Efecto del extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano (*Persea americana* var. drymifolia) en el entrenamiento inmune de las células polimorfonucleares bovinas

Se analizó el efecto de LEAS sobre la producción de ERO en células polimorfonucleares de sangre periférica bovina como una alternativa para inducir la IE. Los resultados mostraron que LEAS no indujo un incremento en la producción de ERO. Sin embargo, la producción de ERO es solo un parámetro en la inducción de la IE, por lo que para confirmar que LEAS no es un candidato en la inducción de la IE se requiere analizar la producción de citocinas proinflamatorias.

		Primer reto	**Descanso**	**Segundo reto**
Tratamiento	**Concentración**	**Día 1**	**Día 6**	**Día 9**
Vehículo (DMSO)	0.10%	14 ± 3.06	22 ± 8.89	24 ± 4.12
LEAS	1 µg/ml	14 ± 3.57	24 ± 8.89	24 ± 2.68
CPMN	Sin estímulo	14 ± 4.57	22 ± 9.57	25 ± 4.12
BCG	5 µg/ml	0.4 ± 6.42	32 ± 8.93	30 ± 5.06

Tabla 2. *Producción de ERO en células polimorfonucleares retadas con LEAS.*
La producción de ERO es expresada en unidades relativas de quimioluminiscencia. Media ± DE; n=5.

CONCLUSIONES. Los resultados muestran que la vacuna Brucelosis RB51 induce el incremento en la producción de ERO en las CPMN de bovinos, lo que sugiere que puede ser un potencial inductor de la inmunidad entrenada en células innatas bovinas.

REFERENCIAS.

1. Báez-Magaña, M., Ochoa-Zarzosa, A., Alva-Murillo, N., Salgado-Garciglia, R., & López-Meza, J. (2019). Lipid-Rich Extract from Mexican Avocado Seed (Persea americana var. drymifolia) Reduces Staphylococcus aureus Internalization and Regulates Innate Immune Response in Bovine Mammary Epithelial Cells. Journal of Immunology Research , 2019. doi:https://doi.org/10.1155/2019/7083491
2. Baydemir, I., Dulfer, E. A., Netea, M. G., & Domínguez-Andrés, J. (2024). Trained immunity-inducing vaccines: Harnessing innate memory for vaccine design and delivery. Clinical Immunology, 261. doi:https://doi.org/10.1016/j.clim.2024.109930
3. Domínguez-Andrés, J., Arts, R., Bekkering, S., Bahrar, H., Blok, B., de Bree, L., . . . Dos Santos, J. (2021). In vitro induction of trained immunity in adherent human monocytes. STAR Protocols, 2. doi:https://doi.org/10.1016/j.xpro.2021.100365

4. Guerra-Maupome, M., Vang, D., & McGill, J. (2019). Aerosol vaccination with Bacille Calmette-Guerin induces a trained innate immune phenotype in calves. PLOS ONE. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212751
5. Netea, M., Joosten , L., Latz, E., Mills, K., Natoli, G., Stunnenberg, H., . . . Xavier , R. (2016). Trained immunity: A program of innate immune memory in health and disease. Science, 352(6284). doi:https://doi.org/10.1126/science.aaf1098
6. Ochando, J., Mulder, W., Madsen, J., Netea, M., & Duivenvoorden, R. (2023). Trained immunity. Basic concepts and contributions to immunopathology. Nature reviews, 19. doi:https://doi.org/10.1038/s41581-022-00633-5
7. Rojas-Martínez, C., Loza-Rubio, E., Rodríguez-Camarillo, S., Figueroa-Millán, J., Aguilar-Romero, F., Lagunes-Quintanilla, R., . . . Álvarez-Martínez, J. (2022). Antecedentes y perspectivas de algunas enfermedades prioritarias que afectan a la ganadería bovina en México. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12. doi:https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5848
8. Torres, Y., Bermúdez, V., Garicano, C., Vilasmil, N., Bautista, J., Martínez, S., & Rojas-Quintero, J. (2017). Desarrollo del sistema inmunológico ¿naturaleza o crianza? Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 36(5), 144-151.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324135

AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO DE LA ZONA ORIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Gustavo Alba Morales, Irving Hernández Hernández [1], Mauricio Nahuam Chávez Avilés [1]

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; gustavoalba688@gmailcom

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; Irving_hdezh@hotmail.com

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; matthew21_0@hotmail.com

Palabras Clave: Bioacumulación, Biomoléculas, Solubilización.

RESUMEN. El fósforo (P) es un nutriente esencial para las plantas. No obstante, en el suelo sólo del 1% al 2% del P total se encuentra asimilable en forma de ortofosfatos. La baja disponibilidad de este nutriente genera deficiencias nutricionales en las plantas. Para mitigar esta problemática se emplean fertilizantes sintéticos; sin embargo, su uso desmedido causa el agotamiento de los recursos minerales naturales no renovables y problemas de eutrofización. En este sentido, las bacterias solubilizadoras de P (BSF) ofrecen una alternativa para resolver este problema. Por lo cual, se aislaron bacterias provenientes de cuatro muestras de suelos de la zona oriente de Michoacán y se determinó su potencial para solubilizar P; para lo cual se utilizó medio Pikovskaya (PVK) en sólido y líquido, suplementado con azul de bromofenol al 0.4% y no suplementado, para determinar la capacidad de las bacterias para liberar ácidos. En medio sólido PVK se aislaron 16 cepas (BSF1, BSF1.2, BSF1.3, BSF1.4, BSF1.5, BSF1.6, BSF1.7, BSF1.8, BSF2.1, BSF2.1.1, BSF3, BSF3.1, BSF4-1, BSF4-2, BSF4-2.1 y BSF4-2.2). Al determinar la capacidad de las cepas para solubilizar P, en medio líquido se determinó que la cepa BSF1.3 solubilizó 880 mg/L de Ca3(PO4)2, mientras que las cepas BSF4-1, BSF2.1.1, BSF1.5 y BSF4-2.1 solubilizaron 654, 590, 348 y 342 mg/L, respectivamente. Para determinar el posible mecanismo de solubilización de las cepas se determinó la variación del pH en medio líquido adicionado con azul de bromofenol. En este sentido, las cepas BSF1.3 y BSF2.1.1 disminuyeron en 2.5 y 2.3 unidades de pH, lo que sugiere que las cepas liberan ácidos para solubilizar P. Estos resultados indican que las cepas aisladas podrían emplearse como bioinoculantes; sin embargo, es necesario llevar a cabo otras evaluaciones, con fuentes complejas insolubles de fósforo, así como su interacción con planta.

INTRODUCCIÓN. El fósforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para las especies vegetales dada a su amplia participación en procesos de desarrollo y crecimiento; en el metabolismo energético para la formación del ATP y NADPH, la construcción de los ácidos nucleicos, su contribución en la regulación enzimática actuando como modificador post-traduccional, entre otras (Beltrán-Morales et al., 2019). En el suelo, este nutriente se encuentra como fósforo total (soluble e insoluble) distribuido en P orgánico (Po) que representa del 30 % al 65 % de P en el suelo y el 70 % al 35 % restante, representa el P inorgánico (Pi). Entre las especies inorgánicas solubles destacan HPO2 y H2PO4 (ortofosfatos) que son formas asimilables para las plantas (Pan & Cai, 2023). No obstante,

la naturaleza reaccionante de Pi le permite interactuar con otros minerales en la matriz del suelo para formar complejos insolubles como el fosfato de calcio, en suelos alcalinos, fosfato de hierro y aluminio para suelos ácidos, lo que implica una baja disponibilidad de este elemento (10 µM, de P). Esto provoca síntomas en las hojas maduras como: color púrpura, necrosis y deformación (Bernal et al., 2007). Actualmente la deficiencia de P es comúnmente atendida con aplicación de fertilizantes sintéticos tales como: fosfatos nítricos, ácido fosfórico, fosfatos de amonio, ortofosfatos de calcio, entre otros (Collings, 1969); sin embargo, el uso desmedido puede generar riesgos de contaminación como la erosión y lixiviación y eutrofización en cuerpos de agua (Romero et al., 2018). Una alternativa a esta problemática es la aplicación de microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF), los cuales emplean mecanismos como la liberación ácidos orgánicos y enzimas (Pan & Cai, 2023).

ANTECEDENTES. Actualmente se han llevado diversos estudios enfocados en el aislamiento e identificación de microorganismos solubilizadores de fósforo, como el llevado a cabo por Paredes (2010), quien aisló y evaluó 147 BSF de la raíz y del rizoplano de distintas especies de plantas, mediante el uso de Medio Mínimo para Solubilización de Fosfato Colegio de Postgraduados con MgCl2 (MMSFCP-Mg), de las cuales 27 cepas fueron seleccionadas para su evaluación en la solubilización de fosfato tricálcico y roca fosfórica (RF). Los resultados mostraron halos de solubilización mayores a 3.8 cm en un periodo de 14 días, mientras que en medio líquido se determinaron 380 mg/L de P soluble en un periodo de 6 días para la mayoría de los aislados. Además, se determinó que el principal mecanismo implicado en este proceso fue a través de la liberación de ácidos orgánicos. Aunado a esto se determinó que las cepas pertenecían a los géneros Burkholderia, Pseudomonas y Pantoea. Por otro lado, Wan et al., (2020), aislaron y caracterizaron distintas BSF, a través de estrategias de aclimatación escalonada con Ca3(PO4)2, fitato, FePO4 y AlPO4, como única fuente de P. Se aislaron 18 BSF pertenecientes a los géneros: Acinetobacter, Pseudomonas, Massilia, Bacillus, Arthrobacter, Stenotrophomonas, Ochrobactrum y Cupriavidus. Entre estas cepas destacó la cepa Acinetobacter pittii gp-1 al alcanzar niveles de solubilización de: 250.77 mg/L de Ca3(PO4)2, 81.99 mg/L de FePO4, 46.10 mg/L de fitato y 7.91 mg/L de AlPO4 bajo condiciones in vitro en un periodo de 14 días. Además, presenta la capacidad de solubilizar fosfato tricálcico en suelo con valores de P soluble y P disponible de 0.80 y 1.64 mg/L, respectivamente. Lo que indica el potencial de esta cepa para mejorar la fertilidad del suelo.

OBJETIVOS. Aislar microorganismos con la capacidad de solubilizar P provenientes de muestras de suelos del oriente de Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Toma de muestras de suelo. Se recolectaron cuatro muestras de suelo de un kilogramo de diferentes zonas del oriente de Michoacán (suelo 1: 19°29'18.1"N 100°21'04.9"W, suelo 2: 19°29'41.6"N 100°20'29.2"W, suelo 3: 19°30'14.6"N 100°20'15.2"W y suelo 4: 19°29'33.659”N 100°19'58.803”O) a una profundidad aproximada de 20 cm (Lizcano et al., 2017). Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular del Tecnológico Nacional México/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

Aislamiento de microorganismos solubilizadores de fósforo. Las muestras de suelo se sometieron a un proceso de trituración y de tamizado con un tamaño de malla de 74 µm.

Posteriormente se realizaron diluciones seriadas desde 10-1 a 10-7. Se tomaron 50 µL de las ultimas diluciones y se inocularon en cajas Petri con medio PVK con una composición de Ca3(PO4)2 (2.5 g), glucosa (13 g), NH4SO4 (0.5 g), NaCl (0.2 g), MgSO4-7H2O (0.1g), KCl (0.2 g), extracto de levadura (0.5 g), MnSO4 (0.01 g), FeSO4-7H2O (0.01 g), agar 1.5% y azul de bromofenol al 0.4% como indicador. Las placas se incubaron a 25 °C durante de 24-48 h (Hernández-Leal et al., 2011).

Aislamiento de BSF en medio sólido. Se seleccionaron las bacterias que presentaron halo de decoloración como potenciales solubilizadores de P, éstas fueron transferidos a cajas Petri con medio de cultivo LB (Luria-Bertani) y se incubaron a 25 °C durante 48 h, este proceso fue repetido hasta obtener cultivos axénicos. Seguido de esto se analizó la morfología de cada una de las cepas de forma macroscópica y microscópica. Posteriormente se determinó su capacidad para solubilizar P de forma cualitativa mediante ensayos en cajas Petri con medio sólido PVK con y sin azul de bromofenol al 0.4%, a través de la técnica de estriado por cuadrantes. Las placas se incubaron a 25 °C en ausencia de luz y se analizó la presencia de halos de solubilización cada 24 h (Soto & Alcarraz, 2022).

Cuantificación de fósforo soluble en medio líquido. Se seleccionaron las cepas (BSF1.3, BSF1.5, BSF2.1.1, BSF4-1 y BSF4-2.1) que presentaron mayor capacidad solubilizadora de P en medio sólido para llevar a cabo pruebas cuantitativas en medio líquido. Para lo cual, 50 mL de medio PVK sin agar con y sin azul de bromofenol, fueron inoculados con las cepas en fase de crecimiento media logarítmica, con un ajuste de D.O. de 0.01, los cultivos se mantuvieron a 28 °C, con una agitación constante a 135 rpm. Para los ensayos sin colorante se tomó muestra cada 24 horas y se determinó la concentración de fósforo soluble mediante el colorímetro HI706 Checker ® HC. Para el caso de los ensayos con colorante se tomó muestra cada 12 h y determinó la D.O a 600 nm, además al terminó del ensayo se determinó el pH con un potenciómetro LAQUAtwin pH-11 (Ortega et al., 2010).

Análisis estadísticos. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de la varianza (ANOVA) seguido de una prueba post-hoc de Tukey ($p<0.05$) con Software GraphPad Prism 5.

RESULTADOS. De las cuatro muestras de suelo se aislaron 16 cepas bacterianas con capacidad de solubilización de P, de las cuales las cepas BSF1.3, BSF1.5, BSF2.1.1, BSF4-1 y BSF4-2.1 presentaron una mayor capacidad para solubilizar fósforo en medio sólido. Entre estas destaca la cepa BSF1.3 que mostró una mayor capacidad de solubilización de P al presentar la formación de halos de solubilización a las 24 horas después de la inoculación (hdi), mientras que las cepas BSF1.5, BSF2.1.1, BSF4-1 y BSF4-2.1 presentaron halos 72 hdi, en ambos medios evaluados, lo que sugiere el potencial de estas cepas para solubilizar fosforó (Oteino et al., 2015). Aunado a esto las cepas del presente estudio presentan una mayor velocidad de solubilización en comparación con lo reportado Zahra et al., (2022), quienes reportaron que la bacteria Serratia rubidaea BM11 presenta halos de solubilización de fosfato de calcio al cuarto día. Resultados similares fueron presentados por Zhu et al., (2011), quienes evaluaron la capacidad solubilizadora de la bacteria Kushneria sp. obteniendo resultados en el mismo periodo de tiempo. Así mismo, se determinó la capacidad de solubilización de forma cuantitativa en medio líquido PVK. Los resultados mostraron que la cepa BSF1.3 fue la que presentó una mayor capacidad de solubilización con 880 mg/L de P soluble, mientras que las cepas BSF4-1, BSF2.1.1, BSF1.5 y BSF4-2.1 solubilizaron 654, 590, 348 y 342 mg/L 72 hdi, respectivamente (Fig. 1a), lo cual indica una mayor capacidad de solubilización por parte de la cepas evaluadas

en comparación con lo reportado por Sánchez-Gonzales et al., (2022) quienes determinaron que la bacteria A3 (Bacillus pumilus) solubilizan 315 mg/L de P soluble en el octavo día, medio PVK con glucosa como fuente de carbono. Aunado a lo anterior, con el objetivo de identificar el mecanismo empleado por las bacterias para solubilizar P se empleó medio líquido PVK con azul de bromofenol como indicador de pH. Los resultados mostraron que las cinco cepas evaluadas (BSF2.1.1, BSF1.3, BSF4-1, BSF4-2.1 y BSF1.5) reducen la D.O. del medio con respecto al control, entre las que destacan las cepas BSF1.3 y BSF2.1.1 al reducir en mayor proporción la D. O. del medio (Fig.1b), lo que indica posibles cambios en el pH del medio. Por lo cual, se midió el pH del medio 72 hdi, donde las cepas BSF1.3 y BSF2.1.1 redujeron el pH a 4 y 4.2 respecto al control que presentó un pH de 6.5. (Fig. 1c). Estos resultados sugieren que las cepas evaluadas BSF1.3 y BSF2.1.1 emplean principalmente el mecanismo de liberación de ácidos orgánicos para la solubilización de fósforo, que es uno de los principales mecanismos empleados por los microorganismos para la solubilización de fuentes inorgánicas de P insoluble (Beltrán, 2014). Por su parte, la cepa BSF1.5 no mostró una acidificación de medio lo que sugiere que esta cepa emplea diferentes mecanismos de solubilización como la producción de enzimas fosfatasas (Tian et al., 2021).

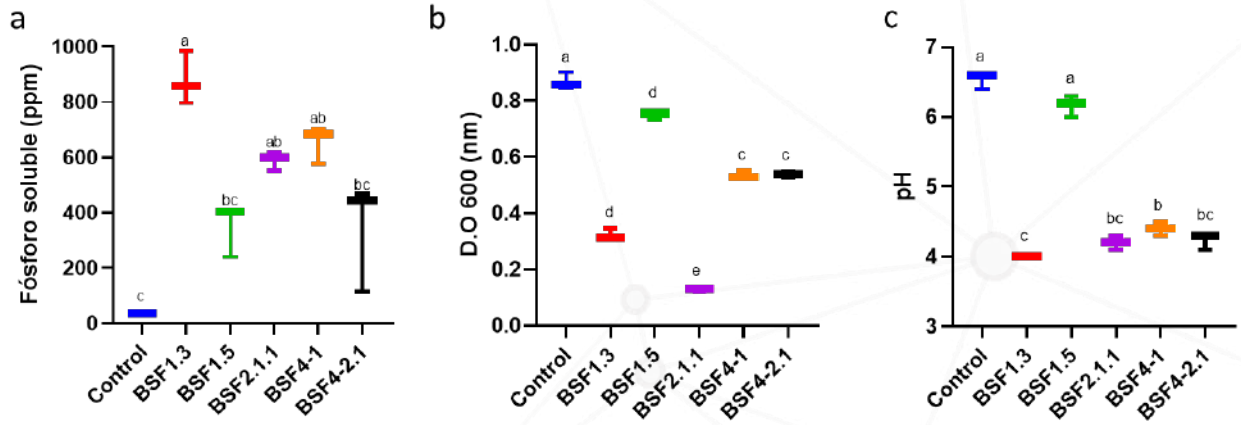


Figura 1. *Capacidad de solubilización de fósforo de cepas bacterianas aisladas de suelos de la zona oriente de Michoacán. Se determinó la solubilización P, D.O. y pH 72 hdi. a) Fósforo soluble del medio PKV sin indicador; b) D.O. a 600 nm del medio PKV con azul de bromofenol, c) pH del medio PKV con azul de bromofenol. Los datos mostrados representan una n=3 ± SD. Se realizó ANOVA seguido de una prueba post-hoc de Tukey. Las diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos con α=0.01.*

CONCLUSIONES. Los suelos del oriente de Michoacán presentan microorganismos con la capacidad de solubilizar fósforo, con un total 16 cepas aisladas, de las cuales cinco presentan una alta capacidad para solubilizar fosfatos, entre las que destaca la BSF1.3 para solubilizar Ca3(PO4)2, mediante el mecanismo de liberación de ácidos orgánicos principalmente. Ésta promete ser una alternativa para su uso como bioinoculante, ; sin embargo, es necesario llevar a cabo otras evaluaciones, con fuentes complejas insolubles de fósforo, así como su interacción con planta.

REFERENCIAS.

1. Beltrán, P. M. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. Boyacá: Microbiología del suelo.

2. Beltrán-Morales et al. (2019). Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. TERRA LATINOAMERICANA, 374-376.
3. Bernal et al. (2007). Efecto de la deficiencia de fósforo en el metabolismo del carbono de plántulas de frijol (Phaseolus vulgaris). Agrociencia, 417-419.
4. Collings. (1969). Fertilizantes comerciales. Sus fuentes y usos. Cuba: Salvat .
5. Hernández-Leal et al. (Diciembre de 2011). Solubilización in vitro de fosfatos por una cepa de Paecilomyces lilacinus (Thom) Samson. Agrociencia, 883.
6. Lizcano et al. (2017). Muestreo de suelos, técnica de laboratorio e interpretación de análisis de suelos. Huila: SENNOVA.
7. Ortega et al. (2010). Métodos de inoculación y evaluación de extractos botánicos e isotiocianatos de la familia Brasicacea en el control de la roya del gladiolo. Chapingo, 1-9.
8. Oteino et al. (2015). Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic Pseudomonas isolates. Frontiers in Microbiology, 1-2.
9. Pan, L., & Cai, B. (2023). Phosphate-solubilizing bacteria: advances in their physiology, molecular mechanisms and effects on the microbial community. Microorganisms, 1-2.
10. Paredes, M. M. (2010). Aislamiento y caracterización química de metabolitos producidos por Rizobacterias que solubilizan fosfato. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Montecillo.
11. Romero et al. (22 de Agosto de 2018). Aislamiento y selección de hongos de suelo solubilizadores de fósforo nativos del estado de Coahuila México. Aislamiento y selección de hongos de suelo solubilizadores de fósforo nativos del estado de Coahuila México. Coahuila, México: Acta Botanics Mexicana.
12. Sanchez-Gonzalez et al. (2023). Effect of pH and Carbon Source on Phosphate Solubilization by Bacterial Strains in Pikovskaya Medium. Microorganisms.
13. Soto, & Alcarraz. (2022). Bacterias solubilizadoras de fósforo inorgánico aislados de la rizósfera de Coffea americana en Rioja-Perú. Lima: Ciencias e investigación.
14. Tian et al. (2021). Funciones de los microorganismos solubilizadores de fosfato desde el manejo de la deficiencia de fósforo del suelo hasta la mediación del ciclo biogeoquímico del P. Biology, 4-6.
15. Wan et al. (23 de Abril de 2020). Frontiers in Microbiology. Isolation and Characterization of Phosphorus Solubilizing Bacteria With Multiple Phosphorus Sources Utilizing Capability and Their Potential for Lead Immobilization in Soil . Estonia. Obtenido de Frontiers.
16. Zahra et al. (2022). Bacterias solubilizantes de fosfato aisladas de lodos sólidos de fosfato y su capacidad para solubilizar tres formas de fosfato inorgánico: fosfatos de calcio, hierro y aluminio. Microorganisms, 6-13.
17. Zhu et al. (2011). Aislamiento y caracterización de una bacteria halófila solubilizante fosfatada Kushneria sp. YCWA18 de Daqiao Saltern en la costa del Mar Amarillo de China. Wiley.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324136

TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL ÁMBITO AGROPECUARIO COMO UNA ESTRATEGIA DE PRECISIÓN

Jerónimo Salas-Orozco[1], Iris Yadin Rubio-Aranda[2], Guillermo Salas-Razo[3]
1- jerosaor.55@gmail.com, 2- iris.rubio@umich.mx, 3- guillermo.salas@umich.mx, UMSNH

Palabras Clave: Tecnologías 4.0, Precisión agropecuaria.

INTRODUCCIÓN. La agricultura, como pilar fundamental de la seguridad alimentaria mundial, ha experimentado una transformación radical en las últimas décadas. Impulsada por el crecimiento demográfico, el cambio climático y la creciente demanda de alimentos de alta calidad, el sector agrícola busca constantemente soluciones innovadoras para optimizar la producción y minimizar su impacto ambiental. En este contexto, la agricultura de precisión ha emergido como un paradigma que promete revolucionar la forma en que producimos alimentos.La agricultura de precisión, caracterizada por la aplicación de tecnologías de la información y la comunicación a los procesos agrícolas, busca gestionar la variabilidad espacial y temporal de los cultivos con el fin de maximizar la eficiencia en el uso de insumos y minimizar los impactos ambientales. A través de la integración de diversas tecnologías como sensores remotos, sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica (SIG) y maquinaria agrícola automatizada, la agricultura de precisión permite una gestión más precisa de los recursos, una optimización de los procesos productivos y una toma de decisiones basada en datos. Entre las tecnologías más destacadas en la agricultura de precisión, los drones han adquirido un papel protagónico. Equipados con cámaras multiespectrales y sensores térmicos, estos vehículos aéreos no tripulados permiten obtener imágenes de alta resolución de los cultivos, lo que facilita la detección temprana de plagas, enfermedades, deficiencias nutricionales y estrés hídrico. Además, los drones pueden ser utilizados para realizar aplicaciones de insumos de manera precisa y localizada, reduciendo así el uso de productos químicos y fertilizantes. Por otro lado, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) desempeñan un papel fundamental en la integración y análisis de los grandes volúmenes de datos generados por los sensores remotos y otros dispositivos. Los SIG permiten crear mapas temáticos que muestran la variabilidad espacial de diferentes variables, como la productividad, la humedad del suelo y la densidad de vegetación. Estos mapas, combinados con modelos de simulación, permiten a los agricultores tomar decisiones más informadas sobre la aplicación de insumos, la rotación de cultivos y otras prácticas de manejo.

Este estudio se centra en analizar el papel de los drones y los SIG en la transformación de la agricultura, con un enfoque particular en México, A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica, se busca evaluar cómo estas tecnologías contribuyen a mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad de la producción agrícola. Los resultados obtenidos de esta investigación tienen como objetivo proporcionar evidencia científica que respalde la adopción de estas tecnologías en el sector agropecuario y contribuir al desarrollo de una agricultura más sostenible y resiliente.

DESARROLLO. La agricultura de precisión emerge como una herramienta fundamental para optimizar la producción agrícola en un contexto global donde la demanda de alimentos crece y los recursos naturales se vuelven cada vez más escasos. En México, con su gran diversidad agroecológica y desafíos como la escasez de agua y la degradación de suelos, la adopción de esta tecnología representa una oportunidad para mejorar la eficiencia productiva y la sustentabilidad de los sistemas agrícolas.

Hallazgos Clave y Recomendaciones: Heterogeneidad en la adopción: La adopción de la agricultura de precisión en México es heterogénea, con mayores avances en regiones con mayor tecnificación y acceso a financiamiento. Sin embargo, existe un gran potencial para expandir su uso en todo el país. (Callejo, 2015; Rodríguez-Espinoza et. al., 2016).

Desafíos y oportunidades: Los principales desafíos incluyen la falta de capacitación, el costo de las tecnologías, la infraestructura limitada en algunas zonas y la necesidad de adaptar las herramientas a las condiciones agroecológicas mexicanas. A pesar de estos retos, las oportunidades son vastas, desde mejorar la eficiencia en el uso del agua hasta reducir el uso de agroquímicos y aumentar la calidad de los productos. (Rivero, L. D., et al)

Políticas públicas: Las políticas públicas desempeñan un papel crucial en la promoción de la agricultura de precisión. Es necesario implementar programas de apoyo financiero, capacitación y asistencia técnica, así como fomentar la investigación y el desarrollo de tecnologías adaptadas a las necesidades del sector. (Rivero, L. D., et al)

Colaboración multiactor: La colaboración entre productores, empresas tecnológicas, instituciones de investigación y gobierno es fundamental para acelerar la adopción de estas tecnologías. La creación de redes de conocimiento y la transferencia de tecnología son elementos clave para el éxito.

Sustentabilidad: La agricultura de precisión puede contribuir significativamente a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, al reducir el impacto ambiental y mejorar la resiliencia de los cultivos frente al cambio climático.

La agricultura en Argentina

El sector agroalimentario argentino atraviesa una transformación significativa, aumentando su producción y su impacto en la economía nacional. Con una producción de 100 millones de toneladas de granos y la capacidad de alimentar a más de 400 millones de personas, Argentina depende en gran medida de este sector para sus exportaciones. Sin embargo, esta fuerte dependencia ha llevado a que el sector agropecuario cargue con una mayor carga impositiva en comparación con otros sectores, lo cual es típico de una economía basada en la exportación de materias primas. En 2024 Bragachini, M. cito que : “Un país agropecuario de exportaciones primarias que demanda pocas horas/hectárea (por factores tecnológicos favorables), siempre será un sector presionado impositivamente, a diferencia de los países donde la industria domina y la agricultura es deficitaria; el productor agropecuario de un país deficitario e importador de alimentos siempre cobrará el valor de sus comodities dolarizado equivalente al valor de los mercados internacionales más un plus de flete, más algún subsidio de fomento de producción local, o sea que el gobierno de turno de cualquier país importador de alimentos otorgará incentivos a la producción para evitar la fuga de divisas y esa lógica diferencia se señala como subsidio a la agricultura y no es otra cosa que una buena política activa, mal que nos pese. En cambio, en un país donde la balanza comercial es definida por las exportaciones agropecuarias y frente a una industria comercialmente deficitaria, el valor percibido por el productor agropecuario exportado será siempre el valor internacional, menos el flete, las ganancias de la intermediación, menos una carga impositiva propia de un país con una industria poco desarrollada, razonamiento lógico mirando al futuro y a la generación de trabajo, La pregunta es ¿por qué los gobiernos

de turno que piensan en el desarrollo del país tratan de favorecer el crecimiento de la industria?"

Bueno para responder esta pregunta que Bragachini plantea, hay que tomar varias cosas en cuenta, pues si bien la industria y el sector agropecuario son motores de la economía argentina, presentan contrastes en sus modelos productivos. La industria genera empleo formal y contribuye a la recaudación fiscal, mientras que el agropecuario, especialmente en modelos como los pools de siembra, muestra una menor vinculación con el territorio y una menor generación de empleo local. A pesar de su gran productividad, estos modelos intensivos plantean interrogantes sobre su sostenibilidad social y ambiental a largo plazo, Para transformar la matriz productiva argentina, es fundamental diseñar políticas públicas que fomenten la agroindustria y la industria de alta tecnología. Estas políticas deben ser impulsadas desde todos los niveles de gobierno y estar alineadas con las necesidades de las PyMEs y los productores. El Plan Estratégico Agroalimentario, aunque ambicioso, requiere una mayor implementación para alcanzar sus objetivos. Es necesario fortalecer la coordinación entre los diferentes actores y priorizar el desarrollo de infraestructura productiva a nivel local. (Bragachini, M. et al)

Ahora, para que México pueda alcanzar su máximo potencial en el sector agroalimentario y garantizar la seguridad alimentaria de su población, es fundamental adoptar tecnologías innovadoras como la agricultura de precisión. Al igual que Argentina, nuestro país cuenta con una gran diversidad agroecológica y un enorme potencial productivo. Sin embargo, para aprovechar al máximo estos recursos, es necesario implementar políticas públicas que fomenten la inversión en tecnología, la capacitación de los productores y la creación de ecosistemas de innovación.

La experiencia de Argentina nos muestra que es posible transformar el sector agropecuario a través de un enfoque estratégico y coordinado. El Plan Estratégico Agroalimentario Argentino ha sido un instrumento clave para guiar el desarrollo del sector y promover la adopción de tecnologías de precisión. México podría beneficiarse de una iniciativa similar, adaptada a sus propias características y necesidades.

Es fundamental que el gobierno mexicano establezca un marco regulatorio favorable para la inversión en tecnología agrícola, otorgando incentivos fiscales a las empresas que inviertan en investigación y desarrollo, así como a los productores que adopten prácticas de agricultura de precisión. Además, es necesario fortalecer la colaboración entre el sector público y el privado, promoviendo la creación de alianzas estratégicas para el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades de los productores mexicanos. (Bragachini, M. et al)

La capacitación de los productores es otro aspecto fundamental. Es necesario ofrecer programas de capacitación especializados en el uso de tecnologías agrícolas de precisión, así como en la gestión de datos y la toma de decisiones basadas en información. Asimismo, es importante promover la creación de centros de demostración y pruebas para que los productores puedan conocer de primera mano los beneficios de estas tecnologías. (Bragachini, M. et al)

CONCLUSIONES. La agricultura de precisión representa una transformación radical en el sector agropecuario mexicano, ofreciendo una oportunidad única para optimizar la producción, reducir costos y mitigar los impactos ambientales. Al integrar tecnologías avanzadas como el GPS, los sensores remotos y los sistemas de información geográfica, los productores pueden tomar decisiones más precisas y adaptadas a las condiciones específicas de cada parcela.

Ejemplos concretos de beneficios:
Caso de éxito en Sinaloa: En Sinaloa, la agricultura de precisión ha permitido optimizar el riego en cultivos de tomate, reduciendo el consumo de agua en un 30% y mejorando la calidad del producto.
Experiencias en Jalisco: En Jalisco, la implementación de sensores remotos para monitorear la salud de los cultivos ha permitido detectar plagas y enfermedades a tiempo, reduciendo el uso de pesticidas y aumentando los rendimientos.
En conclusión, la agricultura de precisión ofrece una vía prometedora para modernizar el sector agropecuario mexicano y garantizar la seguridad alimentaria de la población. Sin embargo, es necesario un esfuerzo conjunto de todos los actores involucrados para superar los desafíos y aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece esta tecnología. Al hacerlo, México podrá posicionarse como un líder en la producción de alimentos de alta calidad y bajo impacto ambiental.

REFERENCIAS.

1. Rodríguez-Espinosa H., Bastidas-Duque A. y Naranjo-Arroyave J. E. (2016). Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) para la implementación de ganadería de precisión. Livestock Research for Rural Development. Vol. 28, No. 144. http://www.lrrd.org/lrrd28/8/rodr28144.html
2. Ganadería de precisión en vacuno de carne - Universidad de Zaragoza Repository. (2020). https://zaguan.unizar.es/record/97702#
3. Callejo Ramos, A. (2015). Ganadería de precisión en vacuno lechero. "Frisona Española", Vol. 205, pp. 94-100. ISSN 0211-3767. https://oa.upm.es/34876/
4. Rivero, L. D., Beccaria, M. D., Preisz, V. H., Schiro, F. D., y Storti, M. G. (2022, 1 marzo). Ganadería de precisión aplicada a la categoría recría de vaquillas de reposición. https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/15981
5. Rivero, L. D., Beccaria, M. D., y Preisz, V. H. (2022b, agosto 1). Ganadería de precisión aplicada a los rodeos de cría de Corrientes. https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1598
6. Fernando, E. B., De Valéncia Departamento de Ciencia Animal y De Valéncia Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. (2023, 11 octubre). Implementación de tecnologías de ganadería de precisión en explotaciones ganaderas de producción extensiva de porcino y bovino. http://hdl.handle.net/10251/197942
7. Bragachini, M. (15 de septiembre del 2024) Rol de la Agricultura y Ganadería de Precisión en el desarrollo del sector agroalimentario y agroindustrial argentino.http://www.latranqueraweb.com.ar/web/archivos/menu/precision.pdf

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324139

EFECTO DE STENOTROPHOMONAS RHIZOPHILA EN PHASEOLUS VULGARIS Y NH_4NO_3 AL 50%+

[1]Paulina Correa-Flores, [1]Juan Luis Ignacio de la Cruz, Juan Manuel Sánchez-Yáñez[1]*

*1Laboratorio de Microbiología Ambiental, (1 *autor de correspondencia syanez@umich.mx). Instituto de investigaciones Quimico Biologicas. Ed B-3. Ciudad Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J Mujica S/N, Col. Felicitas del Río, ZP 58030, Morelia, Michoacán, México.+Investigación financiada por el proyecto 2.7 de la CIC-UMSNH 2024.*

Palabras Clave: Suelo, semilla, leguminosa, bacteria endófita, promotor de crecimiento vegetal.

INTRODUCCIÓN. Phaseolus vulgaris es un alimento esencial en la dieta global por sus beneficios nutricionales. Su cultivo y consumo son cruciales para muchas comunidades alrededor del mundo. Para su adecuado crecimiento es necesario el uso de NH4NO4, que aplicado de manera no regulada causa pérdida de productividad del suelo y contaminación ambiental. Es por ello que se buscan alternativas para reducir el uso de los mismos, tal como lo son el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como lo es Stenotrophomonas rhizophila. Chiquito-Contreras et al., 2018, reportaron que el uso de S. rhizophila en consorcio con hongos micorrícicos promovieron significativamente todos los parámetros morfológicos y de clorofila en las plantas de albahaca. Otros autores como Pérez-Pérez et al., 2021, describen qué plantas de Zea mays inoculadas con S. rhizophila, presentaron incrementos significativos con respecto al control no inoculado en un mayor número de variables. Es por ello, que el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de S. rhizophila en el crecimiento de P. vulgaris y NH4NO3 al 50 %.

MATERIALES Y MÉTODOS. Esta investigación se realizó en el Laboratorio e Invernadero de Microbiología Ambiental (LMA), en el Ed. B3, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas pertenecientes a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Aislamiento de Stenotrophomonas rhizophila. A partir de una planta de P. vulgaris se cortaron en pequeños trozos las hojas y se desinfectaron con hipoclorito al 0.5%/1 min, enjuagado con agua esteril de 3 a 5 veces, alcohol al 70%/1 min, se enjuagaron de 3 a 5 veces con agua esteril. Posteriormente, a las hojas se le adicionaron 9 ml de solución salina detergente al 0.85%, la solución fue recuperada y guardada en suelo esteril.

Inoculación de semillas de Phaseolus vulgaris con Stenotrophomonas rhizophila. Se seleccionaron las cepas de S. rhizophila pertenecientes a la colección de géneros y especies de Microorganismos Promotores de Crecimiento Vegetal del LMA. Para ello,se activaron en un medio especial para S. rhizophila con la siguiente composición química: (g/L): peptona de caseína 5, xilosa 10, extracto de levadura 3, NaCl 5, ajustado a un pH de 6-7. Se tomó 0,1 g de suelo con S. rhizophila y se sembró en 2 tubos de caldo, se incubó 30°C/72, se tiñó por Gram, y se determinaron C1 y C2 a cada tubo. Para inocular Phaseolus vulgaris, las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5%/ 5 minutos, enjuagaron con agua esteril 6 veces, se desinfectaron alcohol al 70%/5 minutos y se

enjuagaron 6 veces con agua esteril. El inóculo bacteriano se determinó de acuerdo a la escala de McFarland, presentando 108 UFC. Las semillas con S. rhizophila a relación de 10 semillas/ 1 mL de inóculo, se colocaron en bolsas de plástico durante 30 minutos y se sembraron 5 semillas por jarra de Leonard, bajo el siguiente diseño experimental:

*Phaseolus vulgaris**	Cepa 1 de *S. rhizophila*	Cepa 2 de *S. rhizophila*	NH4NO3
Control absoluto	–	–	Agua
Control relativo	–	–	100%
Tratamiento 1	+	–	50%
Tratamiento 2	--	+	50%
Tratamiento 3	+	+	50%

Tabla 1. *Diseño experimental del efecto de Stenotrophomonas rhizophila en Phaseolus vulgaris. + Aplicado, – no aplicado, *n= 5 repeticiones.*

Siembra de *Phaseolus vulgaris* con *Stenotrophomonas rhizophila.* Las semillas inoculadas con *S. rhizophila* fueron sembradas en 1 kg de suelo agrícola en jarras de Leonard de acuerdo con el diseño experimental mostrado en la tabla 1. El suelo usado es previamente tamizado con una malla del No. 20 y solarizado por 48 h para reducir plagas y enfermedades. Mismo que se clasifica como franco según la NOM-021.RECNAT-2000. Este suelo fue recolectado de un sitio ubicado a 19° 41 '23.5 " latitud norte 101° 15' 00.5" longitud oeste, con una altitud de 1920 msnm de las instalaciones del Centro de Instituto de Investigación de Recursos de Morelia, Michoacán, México.Las semillas de *P. vulgaris* con *S. rhizophila* se alimentaron con NH_4NO_3 en una solución mineral con la siguiente composición química (g/L): NH_4NO3 10. En todo el experimento las semillas se alimentaron con 40 mL/Kg de suelo con la solución mineral al 50% para asegurar la capacidad de campo al 80%. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de germinación; la fenología: altura de plántula (AP) y la longitud radical (LR); así como la biomasa: peso fresco y seco aéreo y radical (PFA/PFR) y (PSA/PSR) a plántula. Para obtener el peso seco, se metieron en horno a 60°C-80°C/ 48 hrs. Los datos numéricos obtenidos se someterán a un análisis estadístico por ANOVA/Tukey al 0.05% con el programa Statgraphic Centurion.

RESULTADOS. Tabla 2. Efecto de la inoculación de Stenotrophomonas rhizophila en Phaseolus vulgaris germinación con NH4NO3 al 50%. *n=6; ** Letras diferentes indican diferencia estadística por ANOVA/Tukey HSD P<0.05%.

Tabla 2. Porcentaje de germinación de semillas de *Phaseolus vulgaris* y *Stenotrophomonas rhizophila* con 50% de dosis de NH_4NO_3

Phaseolus vulgaris	Porcentaje de germinación (%)
Phaseolus vulgaris + Agua	50.0[b]
Phaseolus vulgaris + NH_4NO_3 al 100%	60.0 [b]
Phaseolus vulgaris + *Stenotrophomonas rhizophila C1* + NH_4NO_3 al 50%	90.0 [a]
Phaseolus vulgaris + *Stenotrophomonas rhizophila C2* + NH_4NO_3 al 50%	90.0 [a]
Phaseolus vulgaris + *Stenotrophomonas rhizophila C1* + *Stenotrophomonas rhizophila C2* + NH_4NO_3 al 50%	90.0 [a]

*n=6; ** Letras diferentes indican diferencia estadística por ANOVA/Tukey HSD P<0.05%

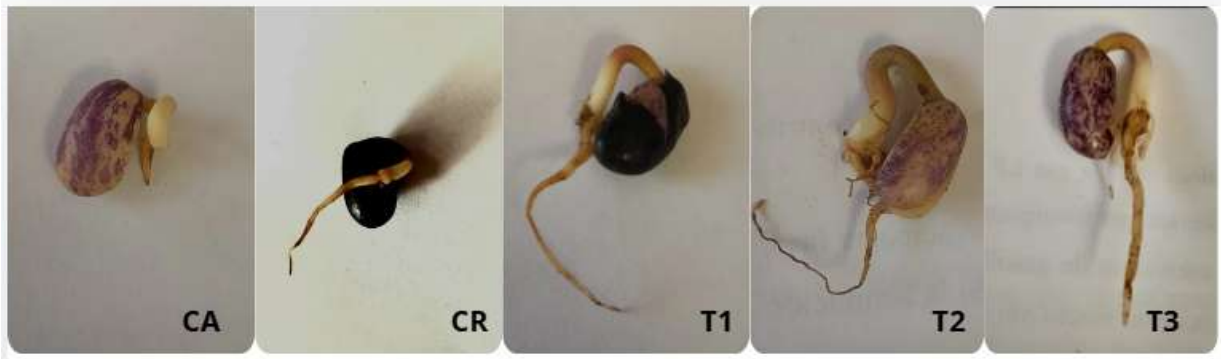


Imagen 1. *Efecto de la inoculación de Stenotrophomonas rhizophila en Phaseolus vulgaris germinación con NH_4NO_3 al 50%. CA= P. vulgaris + agua, CR= P. vulgaris + NH_4NO_4 al 100%, T1= P.vulgaris + S. rhizophila C1 + NH_4NO_3 al 50%, T2= P.vulgaris + S. rhizophila C2 + NH_4NO_3 al 50% y T3=P.vulgaris + S. rhizophila C1 + S. rhizophila C2 + NH_4NO_3 al 50% .*

En la Tabla 2 se muestra el efecto positivo de *S. rhizophila* C1 y C2, individualmente o en consorcio, sobre las semillas de *P. vulgaris* con NH_3NO_4 al 50%, alcanzando un 90% en la germinación. Los valores fueron estadísticamente diferentes en comparación con el 60% de germinación que tuvieron las semillas del CR. En la figura 2 se observan primordios de tallo más gruesos y primordios de raíz más abundantes en las semillas inoculadas con *S. rhizophila* en comparación con el CR. Los datos indican que *S. rhizophila* inoculada ofrece los beneficios de bacteria promotora vegetal a las semillas de *P. vulgaris,* por ello un mayor número de emergencia de las mismas.

Phaseolus vulgaris	AP (cm)	LR (cm)	PFA (gr)	PFR (gr)	PSA (gr)	PSR (gr)
Phaseolus vulgaris + Agua	18.46 ^{c}	8.13 ^{c}	1.52 ^{c}	0.38 ^{d}	0.21 ^{c}	0.047 ^{c}
Phaseolus vulgaris + NH_4NO_3 al 100%	21.65 ^{cb}	11.61 ^{b}	2.08 ^{cb}	0.71 ^{dc}	0.22 ^{c}	0.034 ^{d}
Phaseolus vulgaris + *Stenotrophomonas rhizophila C1* + NH_4NO_3 al 50%	23.93 ^{b}	12..21 ^{a}	3.11 ^{a}	0,91 ^{cb}	0.59 ^{ab}	0.064 ^{cb}
Phaseolus vulgaris + *Stenotrophomonas rhizophila C2* + NH_4NO_3 al 50%	23.93 ^{b}	12.39 ^{a}	3.32 ^{a}	1.22 ^{ab}	0.80 ^{a}	0.094 ^{ba}
Phaseolus vulgaris + *Stenotrophomonas rhizophila C1* + *Stenotrophomonas rhizophila C2* + NH_4NO_3 al 50%	24.9 ^{a}	12.45 ^{a}	2.93^{ba}	1.26 ^{a}	0.42 ^{bc}	0.100 ^{a}

Tabla 3*. Efecto de la inoculación de Stenotrophomonas rhizophila en la fenología y biomasa de Phaseolus vulgari y 50% de NH_4NO_3 como fertilizante nitrogenado. *n=6; ** Letras diferentes indican diferencia estadística por ANOVA/Tukey HSD P<0.05%. AP= altura de planta, LR=longitud radical, PFA=peso fresco aéreo, PFR=peso fresco radical, PSA=peso seco aéreo y PSR=peso seco radical.*

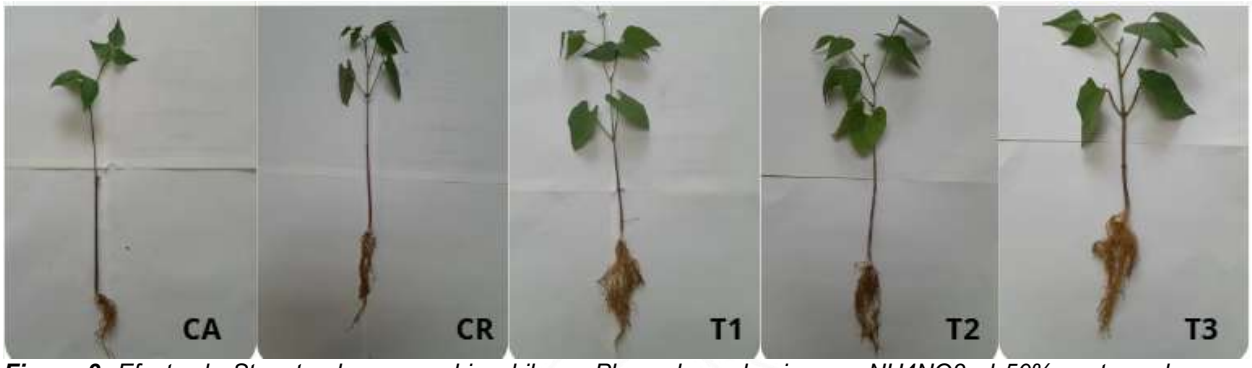


Figura 3. *Efecto de Stenotrophomonas rhizophila en Phaseolus vulgaris con NH4NO3 al 50% a etapa de plántula. CA= P. vulgaris + agua, CR= P. vulgaris + NH4NO4 al 100%, T1= P.vulgaris + S. rhizophila C1 + NH4NO3 al 50%, T2= P.vulgaris + S. rhizophila C2 + NH4NO3 al 50% y T3=P.vulgaris + S. rhizophila C1 + S. rhizophila C2 + NH4NO3 al 50%.*

En la Tabla 3 se muestra el efecto positivo de S. rhizophila C1 y C2 en P. vulgaris a nivel plántula con el NH3NO4 al 50%, que registró 24.9 cm en AP, 12.45 cm en LR, 1.26 gr PSA, 0.100 gr PSR; así como el efecto positivo de S.rhizophila C2 a P. vulgaris con NH3NO4, reportando 3.32 gr en PFA y 0.80 gr en PSA.

En comparación con los datos del control relativo que corresponde a P. vulgaris sin inocular alimentado al 100% con NH3NO4 , fueron AP= 21.65 cm, LR=11.61 cm, PFA= 2.08 gr, PFR=0.71 gr, PSA=0.22 gr y PSR=0.047 gr, son estadísticamente diferentes. Este efecto se atribuye a la estimulación del crecimiento de las raíces, S. rhizophila puede promover el desarrollo y la ramificación de las raíces, lo que mejora la absorción de agua y nutrientes; en la producción de fitohormonas, estas bacterias pueden sintetizar hormonas vegetales como auxinas, que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lugtenberg y Kamilova, 2009) ; mejora de la disponibilidad de nutrientes, *S. rhizophila* puede solubilizar minerales y nutrientes que están en formas no disponibles para las plantas, como el fósforo

(Khan *et al*., 2007); reducción de enfermedades, ya que esta bacteria puede antagonizar patógenos y suprimir el crecimiento de hongos y bacterias perjudiciales para las plantas así como la inducción de resistencia sistémica la cual puede activar mecanismos de defensa en las plantas, aumentando su resistencia a enfermedades y estrés ambiental (Pugliese *et al*., 2010).

CONCLUSIONES. En base a los resultados, se concluye que las cepa aisladas de Stenotrophomonas rhizophila, debido a su capacidad como bacteria promotora del crecimiento vegetal, son una alternativa amigable al ambiente de gran potencial para la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados, evitando así mismo el uso en exceso de este y con ello la contaminación de suelo, agua, y aire. Por lo tanto, también cubre la demanda de alimentos agrícolas siendo una estrategia sostenible.

REFERENCIAS.

1. Khan, M. S., Zaidi, A., & Wani, P. A. (2007). "Role of plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable agriculture—a review." Agronomy for Sustainable Development, 27, 29-43. doi:10.1051/agro:2006006
2. Lugtenberg, B., & Kamilova, F. (2009). "Plant-growth-promoting rhizobacteria." Annual Review of Microbiology, 63, 541-556. doi:10.1146/annurev.micro.62.081307.162918
3. Pugliese, M., Parisi, V., & Avio, L. (2010). "Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on plant growth, nutrient uptake and disease resistance." Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 173(5), 677-684. doi:10.1002/jpln.200900282
4. Chiquito-Contreras, R. G., Solís-Palacios, R., Reyes-Pérez, J. J., Murillo-Amador, B., Alejandre-Rosas, J., Hernández-Montiel, L. G. (2018). Promoción del crecimiento de plantas de albahaca utilizando hongos micorrízicos arbusculares y una bacteria marina Acta Universitaria, 28(6), 68-76. doi: 10.15174/au.2018.2086
5. Pérez-Pérez, R., Pérez-Martínez, S., & Almeida-Acosta, I. (2021). Efecto de la inoculación de PGPR aisladas de maíz en el crecimiento de este cultivo bajo condiciones controladas. Cultivos Tropicales, 42(3).

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324140

RESPUESTA DE PHASEOLUS VULGARIS A METHYLOBACTERIUM SYMBIOTICUM Y EL NH_4NO_3 AL 50%+

Marian Ordoñez-Juarez[1], Juan Luis Ignacio de la Cruz[1] Juan Manuel Sánchez-Yáñez[1]*

*Laboratorio de Microbiología Ambiental, (1 *autor correspondiente 2110351g@umich.mx, 1 *autor correspondiente juan.ignacio@umich.mx, 1 *autor correspondiente syanez@umich.mx). Instituto de Investigaciones Químico Biológicas Ed B-3. Ciudad Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J Mujica S/N, Col. Felicitas del Río, ZP 58030, Morelia, Michoacán, México*

Palabras Clave: Suelo, leguminosa, gases de efecto invernadero, colonización, planta.

RESUMEN. El crecimiento saludable de Phaseolus vulgaris depende de NH4NO3, que en exceso causa la pérdida de fertilidad del suelo y contaminación ambiental, una alternativa solución es reducir la dosis al 50% e inocular P. vulgaris con Methylobacterium symbioticum, un género y especie endofítica que promueve el crecimiento sano vegetal. El objetivo de esta investigación fue analizar el efecto de M. symbioticum en el crecimiento de P. vulgaris más NH4NO3 al 50 %. Para ello se aislaron de hojas de P. vulgaris aislados de: M. symbioticum codificados: 1, 2, 3: inoculados en semillas de P. vulgaris más NH4NO3 al 50 %. Bajo un diseño experimental de bloques al azar: 2 controles: P. vulgaris + NH4NO3 100% sin inocular o control relativo, P. vulgaris irrigado solo con agua o control absoluto y P. vulgaris inoculado con cada aislado de M. symbioticum y la mezcla de los 3. El efecto se determinó por las variables de respuesta: porcentaje de germinación, fenología altura de planta y longitud de la raíz; biomasa: peso fresco aéreo y radical y peso seco aéreo y radical a prefloración. Los datos experimentales se analizaron por ANOVA-Tukey $p<0,05$. Los resultados mostraron un efecto positivo de M. symbioticum en la germinación de P. vulgaris comparado con P. vulgaris no inoculado y NH4NO3 al 100%. También se observó un efecto positivo en la fenología y la biomasa de P. vulgaris con los aislados de M. symbioticum y el NH4NO3 al 50%. Fue evidente que, aunque M. symbioticum es un endófito de hojas, invadieron las raíces de P. vulgaris y mediante la conversión de compuestos del metabolismo radical generaron fitohormonas para una eficiente absorción del NH4NO3 al 50%, un crecimiento saludable de P. vulgaris, sin deterioro del suelo ni contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN. En México, Phaseolus vulgaris (frijol) es el segundo cultivo más producido y consumido en todo el mundo. P. vulgaris requiere fertilizantes nitrogenados como NH4NO3, para un crecimiento saludable, sin embargo, el NH4NO3 normalmente no se aplican en dosis de acuerdo con la necesidad nutricional real, sino más bien en exceso, que causa varios problemas como la pérdida de materia orgánica del suelo, la disminución de la diversidad microbiana, la contaminación del agua superficial o acuíferos y hoy la liberación de gases de efecto invernadero porque la microbiota del suelo en anaerobiosis transforma NO3, en NO2 que favorece el calentamiento global con consecuencias negativas para la vida en la Tierra. Una solución alternativa es regular o reducir la dosis de NH4NO3, sin comprometer el crecimiento saludable de P. vulgaris, inoculando la semilla

con Methylobacterium symbioticum, un género y especie de endófito que, además de colonizar las hojas de P. vulgaris, también invade las raíces de la legumbre para optimizar la absorción del NH4NO3; reducido. Dado que la inoculación foliar con P. vulgaris implicaría una mejor respuesta positiva, el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de M. symbioticum en las semillas de P. vulgaris, individualmente o en combinación con otros aislados del género y especie,más NH4NO3 al 50%.

MATERIALES Y MÉTODOS. Origen y preparación del suelo. Esta investigación se llevó a cabo en el invernadero del Laboratorio de Microbiología Ambiental, Instituto de Investigación Químico-Biológica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Morelia, Mich, México. La temperatura media fue de 23,2 °C, luminosidad 450 µmol m-2 s-1, humedad relativa 67%. Para esta prueba, se utilizó un suelo no estéril, recolectado de un sitio ubicado en 19º 39' 27'' de latitud norte 100º 19' 59'' de longitud oeste, con una altitud de 1820 m sobre el nivel del mar, con un clima templado en una tierra agrícola llamada "La Cajita" perteneciente a la Zapata del municipio de Morelia, en el km 5 de la carretera Morelia-Patzcuaro, Mich, México. La textura de este suelo se clasificó como arcilloso, materia orgánica del 4,57% y un pH ligeramente ácido de 6,64. El suelo se solarizó a 70 °C /48 h para minimizar los problemas de plagas y enfermedades, luego se tamizó con una malla No. 20. Posteriormente, se colocaron 1,5 kg de tierra en la parte superior del frasco de Leonard, mientras que la solución mineral o el agua en el depósito en la parte inferior, ambas partes se conectaron por una tira de algodón de aproximadamente 20 cm de largo para permitir el movimiento de la solución por capilaridad hacia el suelo (Figura 1). La semilla de P. vulgaris fue proporcionada por el Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México (SEMARNAT, 2018), los aislados de M. symbioticum pertenecen a la colección del Laboratorio de Microbiología Ambiental del IIQB-UMSNH, fueron aislados de las hojas de P. vulgaris. El ensayo se llevó a cabo con un diseño experimental de bloques al azar con 6 tratamientos y 5 repeticiones Tabla 1, con 2 controles: P. vulgaris no inoculado e irrigado con agua o control absoluto (AC), P. vulgaris sin inoculado, alimentado con 100 % NH4NO3 o control relativo (RC) y los tratamientos P. vulgaris con M. symbitoicum1 alimentado con una solución mineral con la siguiente composición química (g/L): NH4NO2 12,0; KH2PO4 3.0, K2HPO4 3.5, MgSO4 1,5, CaCl,2 0,1, FeSO4 0,5 mL y 1,5 mL (g/L) de la solución de oligoelementos: H3BO3 2,86, ZnSO4*7 H2O 0,22, MnCl2*7 H2O 1,81 y K2MnO4 0,09 en 1000 ml de agua destilada para plantas, ajustada a pH 6,8, aplicada cada 3 días durante dos meses.

Origen de *M. symbioticum.* *M. symbioticum* se aisló de las hojas de *P. vulgaris*, se desinfectaron con 5% NaClO/5 min, enjuagado 6 veces con agua estéril, luego se desinfectaron, con 70% de alcohol/5 min, enjuagado 6 veces con agua estéril; finalmente las hojas fueron maceradas, en un mortero estéril con solución salina al 0,85% (NaCl), y 0,1% de detergente, y mediante sembrado con una asa bacteriológica, en agar metanol libre de nitrógeno con la siguiente composición química (g/L): metanol (previa esterilización del medio de cultivo) 0,1, extracto de levadura 0,1, $MgSO_4$, 0,5; KCl, 0,5; K_2HPO_4, 1,0; $FeSO_4*7H_2O$, 0,001; agar bacteriológico, 18, pH 7,0. Cuando aparecieron colonias cremosas y ligeramente amarillas se resiembra en agar libre de azúcar y cualquier compuesto de nitrógeno: Este medio de cultivo se incubó a 30°C durante 72 h, finalmente se hizo una identificación parcial de acuerdo con Hartung, 2006 y Green, 2015.

Inoculación de semilla de *P. vulgaris* con *M. symbioticum.* Para este propósito, las semillas de *P. vulgaris* se desinfectaron con hipoclorito de sodio (Clorox ®) 5% (w/v)/5 min, se enjuagaron con agua potable estéril 6 veces, se desinfectaron con 70% de etanol/1 min

y se enjuagaron 6 veces con agua del grifo estéril: luego se colocaron 216 semillas en una bolsa de plástico de 250 g, allí se inocularon 10 semillas con 1,0 ml de cultivo con *M. symbioticum* individualmente o mezclando aislados según la Tabla 1 con 6 repeticiones se utilizaron para cada tratamiento (Sánchez-Yáñez, 2023). En condiciones de invernadero, la temperatura media fue de 23,2°C, luminosidad 450 µmol·m-2·s-1, humedad relativa 67%, mientras que la humedad del suelo se controló al 80% de la capacidad del campo. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de germinación; fenología: en la etapa de plántula, altura de la planta (AP) y longitud de la raíz (LR); y biomasa: peso fresco y seco, aérea y raíz (PFA/PFR) y (PSA/PSR). Los datos experimentales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y Tukey HSD $p< 0.05\%$ con el paquete estadístico STATISTICA.

Phaseolus vulgaris	NH_4NO_3	*Methylobacterium symbioticum* 1	*Methylobacterium symbioticum* 2	*Methylobacterium symbioticum 3*
Control absoluto (CA) Agua	-	-	-	-
Control relativo (CR) NH_4NO_3	100%	-	-	-
T1	50%	+	-	-
T2	50%	-	+	-
T3	50%	-	-	+
T4	50%	+	+	+

Tabla 1. *Diseño experimental para analizar el crecimiento de Phaseolus vulgaris con Methylobacterium symbioticum y 50% NH_4NO_3.*

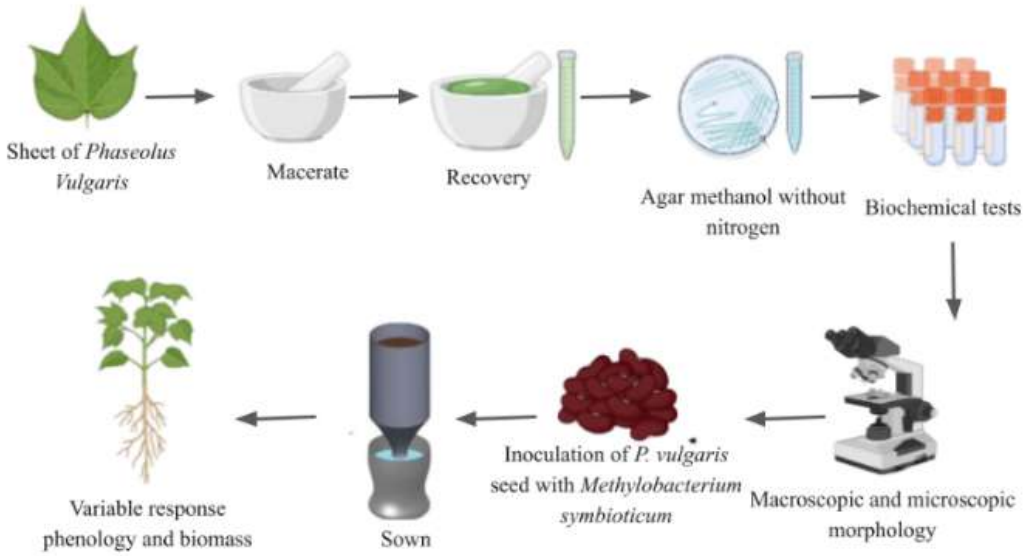


Figura 1, *Aislamiento e inoculación de Methylobacterium symbioticum en Phaseolus vulgaris más y 50% NH_4NO_3.*
Aplicado, - no aplicado.

RESULTADOS.

*Phaseolus vulgaris**	Altura de la planta (cm)	Longitud radical (cm)	Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
			Aereo	Radical	Aereo	Radical
Control absoluto (CA) Agua	21.81^{b}	7.35^{b}	1.50^{c}	0.41^{a}	0.14^{c}	0.03^{a}
Control relativo (CR) NH_4NO_3 at 100%	22.38^{b}	8.91^{ab}	1.88^{bc}	0.76^{a}	0.18^{bc}	0.05^{b}
T1	61.58^{a}	10.96^{ab}	3.10^{a}	0.88^{a}	0.34^{a}	0.06^{a}
T2	45.20^{ab}	12.06^{ab}	2.82^{ab}	0.93^{a}	0.28^{ab}	0.05^{a}
T3	51.65^{a}	12.40^{a}	2.74^{ab}	0.85^{a}	0.30^{ab}	0.05^{a}
T4	53.35^{a}	10.91^{ab}	2.81^{ab}	0.63^{a}	0.30^{ab}	0.04^{a}

Tabla 2. *Fenología y Biomasa de Phaseolus vulgaris con Methylobacterium symbioticum más NH_4NO_3 al 50%*
**n=6, ** Letras diferentes indican diferencia estadística según ANOVA/Tukey HSD P<0.05%*



Figura 2 *.Efecto de Methylobacterium symbioticum individual o en combinación con otros aislados de M. symbioticum 1, M. symbioticum 2, M. symbioticum 3 en P. vulgaris alimentada con 50% NH_4NO_3.*

CA= Control absoluto solo irrigado con agua *P. vulgaris* + agua
CR= Control relativo = *P. vulgaris* sin inocular alimentado al 100% NH_4NO_3
T1= Tratamiento 1 = *P. vulgaris* + *M. symbioticum* 1 + 50 % NH_4NO_3
T2= Tratamiento 2= *P. vulgaris* + *M. symbioticum* 2 + 50% NH_4NO_3
T3= Tratamiento 3 = *P. vulgaris* + *M. symbioticum* 3 + 50 % NH_4NO_3
T4= Tratamiento 4= *P. vulgaris* +*M. symbioticum* 1 + *M. symbioticum* 2 + *M.* Tratamiento 3 + 50% NH_4NO_3

La tabla 2 muestra la fenología en la etapa previa a la floración de *P. vulgaris* con *M. symbioticum* 1 y 50% de NH_4NO_3, donde alcanzó 61, 58 cm de altura de planta (AP) y 12,06 cm de longitud de raíz (LR), similar a la observada con los aislados de *M. symbioticum* 1, 2 y con la mezcla de los 3 aislados cuyos valores numéricos fueron estadísticamente diferentes en comparación con 22.38 cm AP y 8.91 cm de LR de P. vulgaris no inoculado con 100 % de NH_4NO_3. En relación con la biomasa de *P. vulgaris* con *M. symbioticum* 1 y 50% de NH_4NO_3 alcanzó 3,10 g de peso fresco aéreo (PFA), 0,88 g de peso fresco de la raíz (PFR), 0,34 g de peso seco aéreo (PSA), 0.06 peso seco radical (PSR). Esto apoya que *M. symbioticum* al colonizar las raíces de *P. vulgaris* también llegó al tallo y las hojas, dada su capacidad para colonizar más tejidos que Rhizobium y otros endófitos de *P. vulgaris* que invaden y crecen solo en ese tejido vegetal. Con la ventaja de que a partir de los derivados de la fotosíntesis y el metabolismo del sistema radical sintetiza una diversidad de fitohormonas que inducen una absorción máxima de NH_4NO_3 para garantizar un equilibrio en la planta que le permita crecer de forma saludable. En la mayoría de los casos, estos valores numéricos fueron estadísticamente diferentes o iguales a las mismas variables fenológicas o de biomasa de P. vulgaris no inoculado con 100 % de NH_4NO_3 utilizado como CR con valores de 1.88 g de PFA, 0,76 g de PFR, 0,18 g de PSA, 0,05 g de PSR. Esto demuestra que la dosis del 100% de NH_4NO_3 no es absorbido por el sistema radicular de la planta, y por lo tanto el crecimiento no fue mejor que con el 50% de NH_4NO_3, que causa un

efecto dominó, consumo rápido de materia orgánica del suelo y pérdida de diversidad microbiana, y el exceso de NH_4NO_3 en combinación con la actividad respiratoria del suelo induce la formación de N_2O, un gas de efecto invernadero que causa el calentamiento global y daños al medio ambiente. Esto apoya la estrategia de reducir la dosis al 50% de NH_4NO_3 por inoculación con *M. symbioticum* para optimizarlo y evitar el deterioro del suelo y la formación de N_2O.

La fig 2 muestra la respuesta positiva de *P. vulgaris* a *M. symbioticum* en el número y color verde de las hojas, donde *M.symbioticum* pudo colonizar e influir en la altura de *P. vulgaris*, para lo cual se observó un aumento en el tamaño de la planta, con un número máximo de hojas, la densidad de las raíces con *M. symbioticum* 3 de la misma manera que se observó un efecto beneficioso con los aislados 1, 2 y la combinación de los 3; que al tener un sistema foliar y radical máximo, se explica cómo se optimizó al 50% de NH_4NO_3 debido a la máxima absorción de este fertilizante, que también mejora la capacidad fotosintética de la planta vigorosa y sana; como se muestra en la figura 2 en comparación con el número, color y tamaño de las hojas y la densidad del sistema de raíces de *P. vulgaris* no inoculado con 100% NH_4NO_3. Era evidente que el NH_4NO_3 no fue aportado al máximo, por lo tanto, *P. vulgaris* no tuvo el mejor crecimiento que cuando el NH_4NO_3 se redujo e inoculó con *M. symbioticum*.

CONCLUSIONES. Esta investigación muestra que fue posible aislar a M. symbioticum como endófito de la filosfera de P. vulgaris e inocular en la semilla de P. vulgaris entra en la planta a través de las hojas y tiene la capacidad de absorber la dosis del 50% de NH4NO3 para que a través de una conversión de compuestos de las hojas y raíces, P. vulgaris pueda tener un crecimiento saludable, incluso mejor en términos de fenología y biomasa que P. vulgaris con la dosis del 100% de NH4NO3. Con la ventaja de que al reducir el NH4NO3 al 50%, la perdida materia orgánica en el suelo y la liberación del N2O derivada de la actividad anaeróbica del suelo cuando no se capta de manera eficiente por las raíces de P. vulgaris cuando no se inocula con M. symbioticum y el NH4NO3 se aplica al 100%.

REFERENCIAS.

1. He, L. et al.2023. A methanotrophic bacterium to enable methane removal for climate mitigation. Proc. Natl Acad. Sci. 120, e2310046120
2. Green, P. N. 2015. Methylobacterium. In Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria (pp. 1–8). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118960608.gbm00830
3. M. Ochsner, F. Sonntag, M. Buchhaupt, J. Schrader and J. A. Vorholt. 2015.Methylobacterium extorquens: methylotrophy and biotechnological applications. Applied Microbiology and Biotechnology 99: (2): 517–534
4. Mendis, H. C. et al. 2018. Strain-specific quantification of root colonization by plant growth promoting rhizobacteria Bacillus firmus I-1582 and Bacillus amyloliquefaciens QST713 in non-sterile soil and field conditions. PLoS One 13, e0193119.
5. Hartung, J.S. 2006b. Rapid, specific and quantitative assays for the detection of the endophytic bacterium Methylobacterium mesophilicum in plants. Journal of Microbiological Methods, 65:.535-541

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324142

EFECTO DE UN SISTEMA COLOIDAL A BASE DE NANOESTRUCTURAS DE ÓXIDOS METÁLICOS EN EL DESARROLLO DE *ALTERNARIA PORRI*, PARA LA PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD MANCHA PÚRPURA EN CULTIVOS DE *ALLIUM CEPA L* (CEBOLLA).

Karla Darina Romero Rosales[1], Camila Guadalupe Mejía Luna[2], María Emili Tovar García[3], Juan Manuel Luque Murillo[4], Yaned Milagros Acosta Navarrete[5], Stuart Molina Rodríguez[6]

1Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; romerodarina14@gmail.com

2Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; mejiacamilagpe@gmail.com

3Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; Emilitovar1811@gmail.com

4Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; juang@gmail.com

5Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; Yacosta@cdhidalgo.tecnm.mx

6Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo; stuartmolina02@gmail.com

Palabras Clave: Fungicida, nanopartícula, nanoestructura, biocontrol, mancha púrpura, Alternaria Porri, cebolla, inhibición

RESUMEN. La mancha púrpura causada por Alternaria Porri un hongo patógeno foliar, es considerada, la enfermedad más importante en los cultivos de cebolla (Allium Cepa L), provocando pérdidas que van del 35% al 100% en la producción. Los fungicidas comerciales han presentado deficiencias en la inhibición de este patógeno. El uso de nanopartículas ha sido de gran interés por sus propiedades antimicrobianas, siendo excelentes candidatas para su uso como bactericida, fungicida y/o fertilizante en el sector agrícola ya que, debido a su tamaño pueden interactuar más fácilmente con las moléculas biológicas. En el presente trabajo, se evaluó el efecto antifúngico de nanoestructuras de óxidos metálicos, sintetizadas por el método de precipitación química y suspendidas en agua destilada, para la obtención de un sistema coloidal. La actividad antifúngica se evaluó en un medio PDA con concentraciones de 1 mgL-1, 5 mgL-1 y 10 mgL-1, de nanopartículas, las cuales presentaron un efecto favorable en la inhibición del crecimiento del patógeno, destacando que las concentraciones más bajas presentaron mayor inhibición. La cepa de Alternaria Porri fue proporcionada por el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Hidalgo, con la ayuda de la academia de Ingeniería Bioquímica. Se evaluó el efecto de las nanopartículas con las mismas concentraciones (1 mgL-1, 5 mgL-1 y 10 mgL-1), en la germinación de plantas de cebolla, las cuales no mostraron ninguna alteración en el crecimiento.

INTRODUCCIÓN. Dentro del mundo de la agricultura nos encontramos con una gran variedad de problemas fitosanitarios como lo son los hongos patógenos y bacterias, los cuales cuentan con la capacidad de dañar tanto a la planta como a la futura cosecha. Un problema de interés hoy en día es el hongo Alternaria Porri, causante de la enfermedad

"Mancha púrpura", capaz de reproducirse fácilmente en amplios rangos de temperaturas resultado aún más favorables las que van de 20°C a 30°C y puede dañar severamente la producción agrícola, atacando a la planta desde los tallos hasta los bulbos, las toxinas producidas por Alternaria propias de la especie, causan necrosis en las hojas de los cultivos susceptibles. El uso de nanopartículas tiene gran potencial en distintas áreas de interés, entre las cuales podemos incluir el campo agrícola, resaltando el control de enfermedades, bacterias y hongos mediante la inhibición de los mismos. Las nanopartículas de ZnO y CuO cuentan con una gran versatilidad, la cual les permite aplicarse como sustancia antimicrobiana para la inhibición del crecimiento y daño en metabolismo de patógenos microbianos. Su valor de aplicación más importante radica en el bloqueo e inhibición de la síntesis de micotoxinas sin perjudicar el consumo humano. Las nanopartículas de ZnO y CuO se obtuvieron mediante el método de precipitación química, pretendiendo tamaños de nanopartícula menores a los 100 nm. Ciertas nanopartículas serán caracterizadas mediante microscopía electrónico de barrido SEM.

ANTECEDENTES. La presencia de Alternaria Porri en los cultivos de cebolla ha generado problemas significativos en la agricultura, afectando negativamente tanto la producción como la calidad de este cultivo esencial. La cebolla se cultiva durante todo el año en el país, con picos de producción en los meses de marzo, mayo y agosto. La enfermedad conocida como mancha púrpura, causada por Alternaria Porri, afecta gravemente a las cebollas, atacando hojas, tallos y semillas, y comprometiendo significativamente el rendimiento y la calidad de los cultivos. Esta enfermedad es una preocupación constante para los productores debido a su capacidad para reducir la viabilidad del cultivo y las pérdidas económicas asociadas. Las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de Alternaria Porri incluyen alta humedad y temperaturas moderadas, lo que hace que la enfermedad sea un desafío persistente en muchas regiones productoras de cebolla. (Miller et al., 2023). El control de Alternaria Porri se ha tratado típicamente mediante la aplicación de fungicidas químicos, pero estos métodos presentan varias limitaciones. Los fungicidas químicos pueden tener efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana, y su uso excesivo puede llevar al desarrollo de resistencia en el patógeno (Jones y Wang, 2021). Además, los fungicidas químicos a menudo no proporcionan una protección completa y requieren aplicaciones repetidas, lo que incrementa el costo y la complejidad del manejo de la enfermedad (Singh et al., 2020). Las nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) han emergido como una alternativa prometedora en el control de patógenos fúngicos debido a sus propiedades antimicrobianas y fotocatalíticas. Estas nanopartículas tienen una alta superficie específica y una reactividad química que les permite interactuar eficazmente con células fúngicas, inhibiendo su crecimiento y reproducción (Zhou et al., 2022). Bajo exposición a luz UV, las nanopartículas de ZnO generan especies reactivas de oxígeno que dañan las estructuras celulares de los hongos patógenos, contribuyendo a su eficacia como agente antifúngico (Rafique et al., 2021).

OBJETIVO. Elaborar un sistema coloidal con nanopartículas de ZnO y CuO que sea capaz de prevenir, mitigar o controlar el crecimiento del patógeno Alternaria Porri en cultivos de Allium cepa L (cebolla).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Sintetizar nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) y óxido de cobre (CuO) por el método de precipitación química. Realizar la caracterización morfológica

y estructural de nanopartículas de ZnO y CuO. Evaluar el efecto de las nanopartículas dispersas en agua destilada, en cepas de Alternaria Porri y en plantas de Allium cepa L (cebolla) en concentraciones de 10 mg L-1, 5 mg L-1, 1 mg L-1.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO).

Para la obtención de nanopartículas de ZnO se empleó el método de síntesis de precipitación química con una solución precursora al 0.5 M de acetato de zinc (Zn(CH3COO)2) y como agente oxidante una solución al 0.1 M de hidróxido de sodio (NaOH).

Síntesis de nanopartículas de óxido de cobre (CuO). Las nanopartículas de óxido de cobre se produjeron, igualmente con el método de síntesis de precipitación química, con una solución precursora 0.5 M de sulfato de cobre (CuSO4) y como agente oxidante una solución 0.1 M de hidróxido de sodio (NaOH).

Caracterización de nanopartículas de ZnO y CuO. Se pretende utilizar las técnicas de caracterización de Microscopía electrónica de barrido (SEM) para conocer la morfología y tamaño de partícula, Difracción de rayos X (DRX) para comprobar la composición química, conocer el tamaño de cristal y la estructura cristalina.

Dispersión de nanopartículas de ZnO y CuO. Para llevar a cabo la dispersión, se establecieron las concentraciones de 500 mg L-1 de Nps de ZnO y 100 mg L-1 de Nps de CuO en 50 ml de agua destilada respectivamente, se sometieron a agitación constante con temperatura a 50 °C durante 15 minutos y posteriormente a un sonicado, durante 40 minutos.

Pruebas toxicológicas en la inhibición del crecimiento de Alternaria Porri. Se midieron 350 ml de agua destilada y se le agregaron 13.65 g de agar papa dextrosa (PDA), finalmente se disolvieron mediante agitación. Después de esterilizar el medio y los materiales en autoclave, las placas de medios se colocaron para solidificación durante aproximadamente 20 a 25 minutos. Se evaluó la CMF (concentración mínima fungicida) de las nanopartículas de ZnO y CuO, con concentraciones de 10 mg L-1, 5 mg L-1, 1 mg L-1 respectivamente, así mismo se realizaron pruebas de inhibición con la combinación de las concentraciones de ambas nanopartículas. El hongo se sembró con el método de picadura.

RESULTADOS. Las nanopartículas sintetizadas fueron examinadas utilizando microscopía electrónica de barrido (SEM) para obtener una visión detallada de su estructura superficial y distribución. Las imágenes SEM obtenidas, mostraron que las nanopartículas tienen una forma predominantemente esférica, con algunas aglomeraciones menores. La mayoría de las partículas presentan un tamaño aproximado de 66 ± 46 nm. La distribución del tamaño observada en las imágenes SEM confirma la uniformidad en el tamaño de las nanopartículas. Aunque se observaron algunas aglomeraciones, estas son relativamente escasas y no afectan significativamente la distribución global del tamaño (Fig. 1).

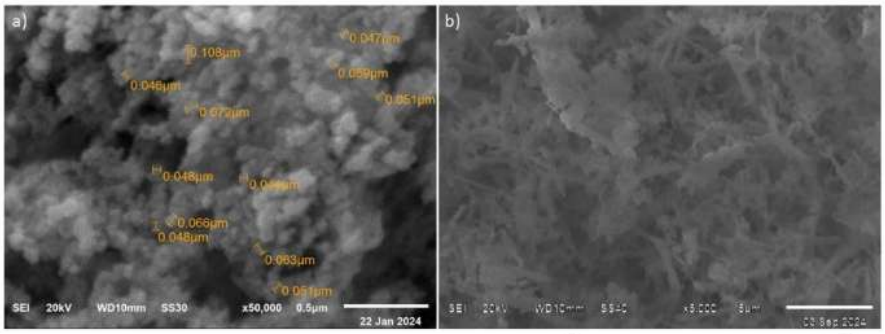


Figura 1. *Imágenes de microscopio electrónico de barrido SEM a) nanopartículas de ZnO, b) nanopartículas de CuO.*

Las pruebas realizadas para para conocer el efecto que tienen las nanopartículas de ZnO y CuO en el crecimiento del hongo patógeno *Alternaria Porri*, demostraron una significativa inhibición del crecimiento en todas las concentraciones, después de haber realizado varios experimentos se demostró que las concentraciones más bajas (en este caso de 10 mg/L de nanopartículas de ZnO y 1 mg/L de CuO) de nanopartículas son las que indican mejor inhibición en el crecimiento del hongo (Fig.2). La superficie de los hongos está cargada negativamente al pH biológico como resultado de la disposición de los grupos carboxilo y fosfato en las paredes celulares. Por lo tanto, las nanopartículas de ZnO con carga positiva pueden interactuar físicamente cerca con las células de los hongos y pueden provocar daños en la membrana celular e interaccionar con los orgánulos internos.

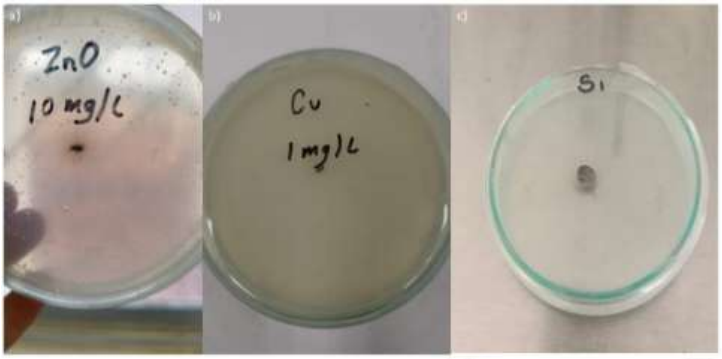


Figura 2. *Pruebas toxicológicas en Alternaria Porri a) efecto de las NPs ZnO, b) efecto de las NPs CuO, c) combinación de las NPsZnO/CuO.*

CONCLUSIONES. Una de las principales enfermedades en los cultivos de cebolla es la mancha púrpura, la cual tiene un impacto drástico en la producción total de esta hortaliza en México. La resistencia que opone el patógeno de esta enfermedad a los fungicidas, motiva a encontrar nuevos tratamientos. Siendo las nanopartículas de ZnO y CuO excelentes candidatos para su empleo como fungicida gracias a sus propiedades antifúngicas, demostrando en este estudio que la combinación de estas, nos brindan un mejor resultado en la inhibición del crecimiento de Alternaria Porri pudiendo ofrecer una alternativa en el tratamiento de este patógeno y potencial aplicación en otros hongos de la misma familia.

REFERENCIAS.

1. Baffoni, A. P. (2021). Efectos de compost y lombricompuesto sobre el desarrollo y la sanidad del cultivo de cebolla (Allium cepa L.), con especial énfasis en enfermedades causadas por Rhizoctonia solani y Setophoma terrestris. Argentina: Universidad Nacional del Sur. Obtenido de https://mexico.infoagro.com/mancha-purpura-en-cebolla-alternaria-porri/
2. Camacho, L. V. (2014). Actividad antagónica de Trichoderma spp. sobre Alternaria porri y su efecto en la actividad enzimática de cebolla. Yautepec, Morelos: Instituto Politécnico nacional centro de desarrollo de productos bióticos.
3. DOF. (2013). Norma Oficial Mexicana NOM-039-FITO-2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de DOF
4. García, M., López, S., & Ramírez, E. (2023). Efficacy of ZnO nanoparticles against Alternaria porri in onion crops. Plant Disease Management, 97(3), 234-245.
5. Lee, H., Park, J., & Kim, S. (2022). Enhanced disease resistance in onions using ZnO nanoparticles: Field trials and laboratory studies. Journal of Agricultural Science, 160(8), 567-579.
6. Miller, S., Wilhelmi, H., & Thiel, G. (2023). Factors influencing the prevalence of Alternaria porri in onion production systems. Phytopathology Journal, 113(4), 452-463.
7. Rafique, M., Khalid, M., & Khan, M. (2021). Photocatalytic activity of zinc oxide nanoparticles: Mechanisms and agricultural applications. Journal of Nanomaterials, 14(5), 789-804.
8. Schumann, G., & D'Arcy, C. (2022). Alternaria diseases of onions: Diagnosis and management. Plant Disease Reports, 37(2), 89-101.
9. SIAP. (2023). Producción Nacional de Cebolla. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de SIAP
10. Zhou, L., Chen, H., & Zhao, Y. (2022). Application of ZnO nanoparticles in controlling plant fungal pathogens: A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(1), 78-93.

Área 3: Ciencias Agropecuarias y Biotecnología
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0324144

INMUNIDAD ENTRENADA: DETERMINACIÓN DE LA MULTIPLICIDAD DE INFECCIÓN DE LAS VACUNAS BOVIGEN TOTAL SE® Y BRUCELOSIS RB-51® EN MONOCITOS THP-1

Frida Patricia Corona Fraga[1], Miriam Zendejas Ramírez[2], Daniela Bautista Santos[3], Alejandra Ochoa Zarzosa[4], Joel Edmundo López Meza[5], Marisol Báez Magaña[6]

1Instituto Tecnológico de Morelia; l21120985@morelia.tecnm.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 190046a@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1907478g@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alejandra.ochoa@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; elmeza@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; mbaez@umich.mx

Palabras Clave: vacunas, multirresistencia, inmunidad entrenada, monocitos.

RESUMEN. La resistencia a los antimicrobianos (RAM) es un problema de salud global, se estima que para el año 2050 podría causar hasta 10 millones de muertes anuales, por lo que urge buscar alternativas. La inmunidad entrenada (IE) es un tipo de memoria inmune descrita en las células innatas, como los monocitos y los macrófagos. Se ha reportado que la vacuna Bacillus Calmette-Guérin induce la inmunidad entrenada confiriendo protección contra diferentes patógenos. Por lo anterior, la IE es una estrategia atractiva para inducir la respuesta inmune a través de los efectos heterólogos de algunas vacunas y reducir la incidencia de la RAM. En el caso de las vacunas vivas atenuadas se requiere establecer la multiplicidad de infección (MOI) (célula: bacteria) ya que altas concentraciones de bacterias causan daño celular. Por lo anterior, el objetivo del proyecto fue establecer la MOI de las vacunas candidatas para inducir la IE. Se utilizaron las vacunas: Brucelosis RB-51® (RB-51) y la vacuna del complejo respiratorio bovino Bovigen Total Se® (CRB) en la línea celular de monocitos humanos THP-1. Ambas vacunas contienen bacterias vivas atenuadas. La MOI óptima se determinó en monocitos y macrófagos. La diferenciación de monocitos a macrófagos se indujo con phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA) durante 48 h. Las MOI analizadas fueron 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 para la vacuna RB-51, y 1:15, 1:30, 1:45, 1:60, 1:75 para CRB. La viabilidad celular de los monocitos y macrófagos se analizó mediante ensayos de 3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT) con las diferentes MOI a 24 h. Los resultados mostraron que las vacunas no afectan la viabilidad celular. Estos resultados son el punto de partida para establecer el modelo de inmunidad entrenada en células polimorfonucleares de ganado bovino lechero.

INTRODUCCIÓN. Existen dos tipos de respuesta inmune; la respuesta inmune innata y la respuesta inmune adaptativa. La respuesta inmune innata es la primera línea de defensa ante una agresión por un agente invasor, además es una respuesta evolutivamente conservada, por lo que se encuentra presente en todos los organismos y es independiente de anticuerpos, a diferencia de la respuesta inmune adaptativa que requiere de anticuerpos. La principal característica de la respuesta inmune adaptativa es la memoria, la cual le

permite reconocer al patógeno causante del daño y montar una respuesta altamente específica (Carpenter y O´Neill, 2024; Zenteno-Zavín et al., 2020). Sin embargo, recientemente se demostró que en la inmunidad innata se presenta un tipo de memoria a través de las modificaciones epigenéticas y la reprogramación metabólica de las células innatas que permite montar una respuesta inmune mayor ante un segundo evento de infección. A este fenómeno se le ha denominado inmunidad entrenada o IE (Netea et al., 2020). Este tipo de entrenamiento inmunológico puede ser inducido por moléculas de origen microbiano y productos del metabolismo. En humanos se ha descrito que las vacunas, como la vacuna BCG (Bacillus Calmette-Guérin), la vacuna contra la polio, la influenza y Covid-19 inducen la IE en monocitos y macrófagos, confiriendo una protección heteróloga contra diferentes patógenos (Domínguez-Andrés et al., 2021; Baydemir et al., 2024). Estos hallazgos han marcado un cambio de paradigma en el campo de la inmunología, y ha abierto las puertas a la búsqueda de nuevas estrategias de tratamiento en el campo de las enfermedades infecciosas, tanto para la medicina humana como veterinaria. El ganado bovino en México es parte importante en la economía rural. Sin embargo, las enfermedades que afectan a los animales generan grandes pérdidas económicas y en la mayoría de los casos los tratamientos requieren del uso de una gran cantidad de antimicrobianos. Como consecuencia de esto la aparición de cepas resistentes a los antimicrobianos es cada vez mayor, por lo que se considera que la resistencia a los antimicrobianos en un problema de salud pública que requiere ser atendido (OMS, 2023). Dentro de las principales enfermedades que afectan al ganado bovino en México está la brucelosis y las infecciones respiratorias. Estas enfermedades afectan la producción de la leche, inducen abortos y hasta la muerte de los animales; además, causan graves problemas en la salud humana (OMS, 2020; Águilar y Juárez, 2022). A pesar de los esfuerzos gubernamentales para erradicar estas enfermedades mediante campañas de vacunación, que incluyen las vacunas Brucelosis RB-51 y contra el Complejo Respiratorio Bovino (CRB), las tasas de animales enfermos siguen siendo elevadas. Estas vacunas contienen, en el caso de la vacuna Brucelosis RB-51, la cepa Brucella abortus RB-51 viva atenuada; y contra el CRB, una mezcla de bacterias y virus inactivados, como el virus del herpes bovino, de la diarrea viral bovina, Leptospira interrogans y Campylobacter fetus. Por lo anterior se propone mejorar el diseño de las vacunas con la finalidad de inducir la respuesta inmune entrenada y adaptativa para montar una respuesta inmune adecuada hacia una mayor cantidad de patógenos y reducir el uso de antimicrobianos.

ANTECEDENTES. Las células THP-1 es una línea celular de monocitos humanos que pueden ser diferenciados a macrófagos con la adición de PMA, por su versatilidad estas células son utilizadas como un modelo in vitro en la aproximación de la modulación inmune (Chanput et al., 2014). En el entrenamiento inmune los monocitos son las células que logran activarse con la adición de vacunas como la BCG, una vez que los monocitos son activados estos se diferencian a macrófagos cuya tarea principal es fagocitar y eliminar el patógeno (Bekkering et al., 2021). En la búsqueda de vacunas con potencial para inducir el entrenamiento inmune las células THP-1 son una alternativa accesible por su facilidad de proliferación y la rapidez para inducir su diferenciación a macrófagos.

OBJETIVOS. Determinar la multiplicidad de infección optima de las vacunas Brucelosis RB-51® y la vacuna del complejo respiratorio bovino Bovigen Total Se® en los monocitos y macrófagos (THP-1) humanos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Ensayo de viabilidad en células THP-1 tratadas con diferentes MOI de vacunas. Las vacunas analizadas fueron la vacuna Brucelosis RB-51® dosis Becerras (Tornel Laboratorios, 3 x 1010 UFC/2 ml) y la vacuna Bovigen Total Se® (Virbac), vacuna inactivada para la prevención de rinotraqueitis infecciosa bovina, diarrea viral bovina, leptospirosis y campilobacteriosis. Ambas vacunas se mantuvieron a 4 °C, de acuerdo con las instrucciones del proveedor. Para determinar los efectos de las vacunas sobre la viabilidad de monocitos se utilizó la línea celular THP-1 (células de leucemia monocítica aguda humana). Para ello, se sembraron 15,000 células/pozo en placas de 96 pozos con medio RPMI, se incubaron durante 24 h a 37 ºC y 5% CO2. Posteriormente, para inducir la diferenciación de los monocitos a macrófagos se adicionó 200 nM de PMA por 48 h. Una vez que se diferenciaron los monocitos a macrófagos se adicionaron las vacunas. Para lo cual, media hora antes de administrar los tratamientos, se contaron las células en suspensión (monocitos) y adherentes (macrófagos). Para realizar el conteo de los macrófagos, a un pozo se les retiró el medio y se le agregaron 50 µl de tripsina (0.04%), se incubaron por 15 min y se contaron las células en una cámara de Neubauer. Se administraron los tratamientos de la vacuna Brucelosis RB-51 en la siguiente relación o MOI (célula: bacteria): 1:1,1:2,1:3,1:4 y 1:5; para la vacuna CBR, se utilizaron los MOI siguientes: 1:15, 1:30, 1:45, 1:50 y 1:65 por 24 h. Finalmente, se adicionaron 10 µl de MTT a cada pozo y se incubaron por 4 h, los cristales de formazán se disolvieron con una mezcla 1:19 (HCl:isopropanol). La lectura de la absorbancia se realizó a una longitud de onda de 595 nm en un espectrofotómetro Varioskan. Por último, para confirmar la integridad celular, se preparó una dilución 1:1 con solución de azul tripano y se contaron las células vivas y muertas en cámara de Neubauer.

RESULTADOS.

Efecto de las vacunas contra la brucelosis bovina y el complejo respiratorio bovino sobre la viabilidad de los monocitos y macrófagos de THP-1. En el entrenamiento inmune los monocitos y macrófagos son consideradas las células de la inmunidad innata con mayor potencial para inducir el entrenamiento. Un parámetro clave en la evaluación de tratamientos como moduladores de la respuesta inmune es que estos no afecten la viabilidad celular, por lo que identificar las concentraciones adecuadas que no afecten la vialidad e integridad celular es clave. La viabilidad de los monocitos y macrófagos se analizó a través de la actividad metabólica (ensayo de MTT). Los resultados mostraron que las vacunas no afectaron la viabilidad celular en las concentraciones analizadas (Fig. 1 y 2).

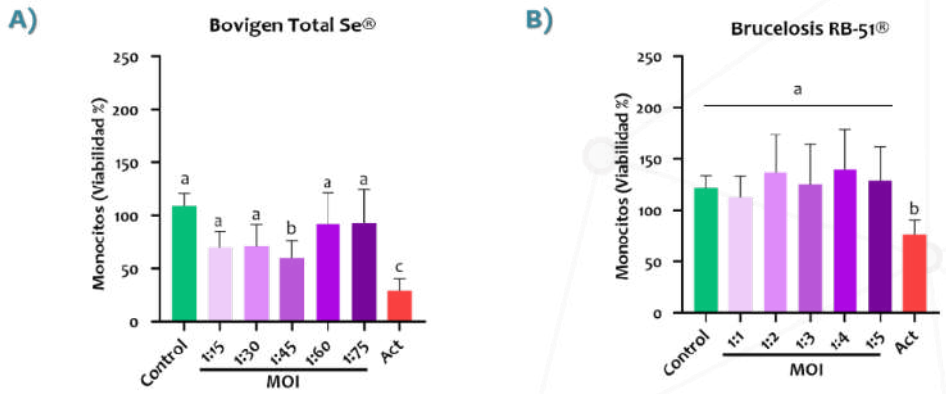


Figura 1. *Las vacunas CRB y RB-51 no afectan la viabilidad de los monocitos THP-1. A) Células tratadas con los diferentes MOI de la vacuna CRB. B) Células tratadas con los diferentes MOI de la vacuna RB-51. La viabilidad se determinó por el ensayo de MTT. Como control se muestran las células THP-1 sin tratamientos (verde). Como control de muerte celular se utilizó actinomicina D (10 μM) (Act). Letras diferentes indican significancia estadística. ANOVA una vía; Post-hoc: Dunnett' test. p<0.05 (media ± DE). n=6.*

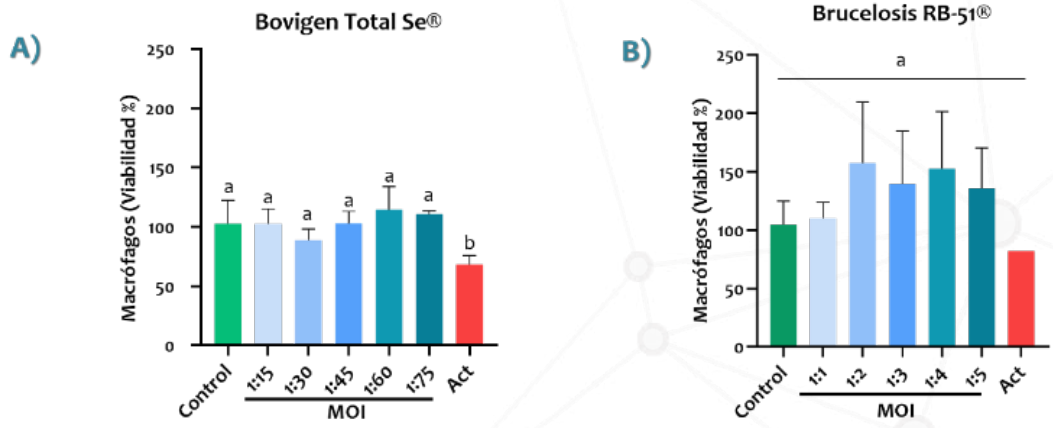


Figura 2. *Las vacunas CRB y RB-51 no afectan la viabilidad de los macrófagos THP-1. A) Macrófagos tratados con los diferentes MOI de la vacuna CRB. B) Macrófagos tratados con los diferentes MOI de la vacuna RB-51. La viabilidad se determinó por el ensayo de MTT. Como control se muestran las células THP-1 sin tratamientos (verde). Como control de muerte celular se utilizó actinomicina D (10 μM) (Act). Letras diferentes indican significancia estadística. ANOVA una vía; Post-hoc: Dunnett' test. p<0.05 (media ± DE). n=6.*

CONCLUSIONES. Las vacunas Brucelosis RB-51® y del complejo respiratorio bovino Bovigen Total Se® no afectaron la viabilidad de los monocitos y macrófagos (THP-1) humanos.

REFERENCIAS.

1. Águilar Vázquez, I. B., & Juárez Reyes, S. (2022). Desafíos en la ganadería: Diarrea viral bovinal y virus herpes bovino tipo 1. Ganadería. Retrieved September 9, 2024, from https://www.ganaderia.com/destacado/desafios-en-la-ganaderia-diarrea-viral-bovinal-y-virus-herpes-bovino-tipo-1
2. Baydemir, I., Dulfer, E., Netea, M. G., & Andrés, J. D. (2024). Trained immunity-inducing vaccines: Harnessing innate memory for vaccine design and delivery. Clinical Immunology, 261(1), 109930.

3. Bekkering, S., Domínguez-Andrés, J., Joosten, L. A., Riksen, N. P., & Netea, M. G. (2021). Trained immunity: Reprogramming innate immunity in health and disease. Annual review of immunology, 39(1), 667-693.
4. Carpenter, S., & O´Neill L. A. J. (2024). From periphery to center stage: 50 years of advancements in innate immunity. Cell, 187(9), 2030-2051.
5. Chanput, W., Mes, J. J., & Wichers, H. J. (2014). THP-1 cell line: An in vitro cell model for immune modulation approach. International immunopharmacology, 23(1), 37-45.
6. Domínguez-Andrés, J., Arts, R. J., Bekkering, S., Bahrar, H., Blok, B. A., de Bree, L. C. J., ... & Netea, M. G. (2021). In vitro induction of trained immunity in adherent human monocytes. STAR protocols, 2(1), 100365.
7. Netea, M. G., Domínguez-Andrés, J., Barreiro, L. B., Chavakis, T., Divangahi, M., Fuchs, E., ... & Latz, E. (2020). Defining trained immunity and its role in health and disease. Nature Reviews Immunology, 20(6), 375-388.
8. World Health Organization: WHO. (2020). Brucelosis. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/brucellosis
9. World Health Organization: WHO. (2023). Control antibiotic misuse or the drugs won't work, warn WHO experts. Wold Health Organization. https://www.who.int/europe/news/item/23-11-2023-control-antibiotic-misuse-or-the-drugs-won-t-work--warn-who-experts
10. Zenteno-Savín, T., Reyes-Ramos, C. A., Symon, T.E., Ramirez-Jirano, L. J., Bitzer-Quintero, O. K., & Gaxiola-Robles, R. (2020). Bases del funcionamiento del sistema inmune. Recursos Naturales y Sociedad,6(1), 55-66.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424104**

APLICACIÓN DE UN MODELO DE PRODUCCIÓN SSPI Y DE LA TRIPLE HÉLICE PARA RESOLVER LA PROBLEMÁTICA DE PRODUCCIÓN DE GANADO BOVINO: MOTOR DE CRECIMIENTO ECONÓMICO PARA LA REGIÓN SIERRA-COSTA DEL ESTADO DE MICHOACÁN

Emiliano Villalobos Mejía[1], Oscar Olivera Reyes[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1628565a@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, oscar.olivera@umich.mx

Palabras Clave: Desarrollo, Crecimiento, Triple Hélice.

RESUMEN. La producción pecuaria de la región Sierra-Costa de Michoacán, es una de las más representativas en el estado, sin embargo, la problemática que esta presenta, es el poco aprovechamiento de los recursos derivados de la producción pecuaria, principalmente del ganado Bovino doble propósito, esto se deriva de la exportación de novillos jóvenes sin estar en el punto para su explotación adecuada, observando que dentro de la propia región, no existe una infraestructura o simplemente organizaciones que satisfagan la necesidad de explotar los recursos del ganado bovino, lo que implica un problema de producción y de vinculación entre las actividades primarias y secundarias de la región. Actualmente debido a los problemas de marginación y localización de los municipios de la Sierra-Costa, no se ha podido incentivar una cadena de valor que vincule el sector primario hacia el sector secundario, sin embargo, las condiciones geográficas que comparte esta región son propicias para utilizar un método de producción llamado Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi), que ayude a desarrollar el sector primario, y consecuentemente la producción ganadera de la región, que vinculado como política de materialización con apoyo del Modelo de Triple hélice ayude a impulsar el primer paso para acercarse en la búsqueda del Desarrollo, haciendo hincapié en el Desarrollo económico.

INTRODUCCIÓN. La atención al sector ganadero es prioritaria, ya que se estima que habrá un aumento en la demanda de sus productos en un 70% para 2050, por lo que el crecimiento pecuario tiene que integrarse en un contexto de recursos naturales finitos y contribución a los medios de subsistencia, seguridad alimentaria a largo plazo Fao ([3]). La producción ganadera del Estado de Michoacán es una de la más importantes a nivel nacional, sin embargo, la necesidad de la población en las condiciones geográficas que no contribuyen de la mejor manera a su bienestar social, orillan a los productores a la exportación de ganado, principalmente ganado bovino, sin ser engordado ni explotado para obtener sus recursos, solo se exporta a otro lugar para ser aprovechado, esto representa una problemática de gran nivel, ya que contar con las condiciones necesarias podría ayudar a subsanar el problema, y además crear condiciones de cadenas productivas y de valor, que ayuden a la población a integrarse activamente a este aspecto. Por lo tanto, es necesario el implemento de un nuevo proceso de engorda para el aumento de la producción

de carne y derivados de la vaca, que ayude a resolver la problemática de los productores de la región Sierra-Costa del Estado de Michoacán, que presentan deficiencia productiva, poca cadena de valor, poca exportación de productos de la vaca con valor agregado, poca competitividad, entre otras.

ANTECEDENTES. La región Sierra-Costa del Estado de Michoacán en México es una zona geográfica diversa y rica en recursos naturales que desempeña un papel importante en la producción pecuaria, la producción de ganado es la actividad productiva que enlaza los municipios para expresar el funcionamiento productivo de la región. La conforman 7 municipios siendo estos Aquila, Arteaga, Coalcomán, Chinicuila, Coahuayana, Tumbiscatío y Lázaro Cárdenas, área de análisis, mantiene su producción centrada en el ganado bovino. La producción nacional de carne de ganado bovino, alcanzó en 2020 un máximo histórico, al superar los dos millones de toneladas, lo que representó un incremento de 2.57% con respecto al 2019. 1,946,000 toneladas fueron destinadas al mercado interno y 133 000 toneladas al mercado externo y su consecuente exportación, lo que equivale al 6.4% del total producido. La producción centrada en la actividad pecuaria del sector primario dentro del Estado de Michoacán, representa aproximadamente 540 mil toneladas de carne, principalmente, en la región Tierra Caliente, en el Mismo estado. La región Sierra-Costa de Michoacán es una parte importante de la economía estatal. Algunas de las actividades pecuarias más comunes incluyen; Ganadería bovina, con la producción de carne y leche como productos principales; Ganadería porcina y avícola, la cría de cerdos y aves, como pollos y pavos, también es relevante en la región; La producción de miel y otros productos relacionados con la apicultura como una actividad en crecimiento en la región; y algunas otras especies menores la cría de ovejas, cabras y otros animales menores es común en algunas áreas.
La capacidad instalada para la producción de productos cárnicos y derivados en el Estado de Michoacán es de 77% para la producción bovina, 96.4% para la porcina, 100% para la ovina y 57.7% de aves. La producción de ganado bovino, representan una de las principales actividades productivas dentro del Estado de Michoacán y en la Región Sierra-Costa es la Tercera del Estado, con mayor número de Unidades de Producción Pecuaria, solo después de la Región Oriente y Tierra Caliente. Siendo la Región de Michoacán con mayor número de cabezas de ganado bovino, según el registro del Padrón Ganadero Nacional, esto nos indica que en la Región Sierra- Costa, los productores son “medianos productores”.

OBJETIVO. Desarrollar un modelo de producción pecuaria sostenible y vinculada en la región Sierra-Costa del Estado de Michoacán, que aproveche los recursos derivados de la producción ganadera principalmente de ganado bovino doble propósito y contribuya al desarrollo económico y social de la región.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Identificar las limitaciones y oportunidades para la implementación del Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) en la región Sierra-Costa de Michoacán. Analizar la sostenibilidad ambiental y social del SSPi en la región, considerando factores como conservación de recursos naturales y la equidad de la distribución de los beneficios. Desarrollar un modelo de vinculación entre el sector primario y secundario de la región a través de la implementación del Modelo de Triple Hélice. Identificar políticas públicas y programas de apoyo necesarios para impulsar el desarrollo del SSPi y la vinculación entre sectores de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS. Es necesario el implemento de un nuevo proceso de engorda para el aumento de la producción de carne y derivados de la vaca, que ayude a resolver la problemática de los productores de la región Sierra-Costa del Estado de Michoacán, que presentan deficiencia productiva, poca cadena de valor, poca exportación de productos de la vaca con valor agregado, poca competitividad, entre otras. El SSPi es una modalidad de agroforestería pecuaria de producción de alta calidad y amigable con el medio ambiente, que se caracteriza por tener altas densidades de arbustos o árboles forrajeros, como la Leucaena leucocephala (Lam.) y la Panicum maximun. Lo anterior ha logrado que hoy el SSPi en la zona sea la mejor opción desde el punto de vista de la sustentabilidad y rentabilidad, ya que los antecedentes en el sitio demuestran que los sistemas tradicionales son menos viables. Para usarlo en la alimentación del ganado bovino de doble propósito, esto implica como principal objetivo aumentar la producción en toneladas de carne y derivados de la vaca, con un proceso de alimentación, que utiliza alimentos sustentables, amigables con el medio ambiente y que ayudan a producir incluso hasta 2-3 veces mayor volumen de toneladas de carne y otros productos y sobre todo rentable, para la producción ganadera de la región Sierra-Costa. Su implementación es positiva, la comparación a la producción de leche de manera tradicional a la producción con el SSPi es de un aumento hasta en un 263%, lo cual representa una alternativa al uso de alimentación base rastrojo, con una alimentación menor. Una ventaja con la que cuenta la región Sierra-Costa, ya que es la región con mayores extensiones de tierra y amplitud en la presencia de los recursos naturales, así como tierra fértil para la implementación de este modelo de producción. Una opción que contribuye a elevar la productividad y la rentabilidad de las empresas pecuarias en el trópico, tiene que ver con las innovaciones que en la alimentación y el manejo del ganado que se están dando, mediante los diferentes tipos de sistemas silvopastoriles, los que han demostrado tener resultados más satisfactorios que los sistemas tradicionales actuales. Pues, lo que implica el desarrollo de este sistema es mucho más rentable, que el sistema de engorda de la producción tradicional extensiva y en algunos casos intensiva. Pues el sistema silvopastoril intensivo utilizado en la engorda de toretes resulta rentable económicamente a corto y largo plazo para los productores, además de ser proyectos atractivos para las fuentes de financiamiento y viables para recibir posibles apoyos gubernamentales que potencien la economía agropecuaria. Es necesaria la vinculación de los demás elementos, del segundo punto que es la búsqueda de las condiciones de crecimiento económico de la región y el objetivo del desarrollo económico basado en el crecimiento y redistribución del ingreso, mediante el uso del Modelo de la Triple Hélice. El modelo de TH se centra en el análisis de las relaciones e interacciones mutuas entre las universidades y los entornos científicos como primera pala de la hélice, las empresas e industrias como segunda pala y las administraciones o gobiernos como tercera pala.

RESULTADOS. Tomar un municipio de la región Sierra-Costa, que realice un efecto de goteo en cuanto a crecimiento económico, sobre los demás municipios sería una solución factible, este municipio en cuestión, sería principalmente Arteaga, debido a su extensión, y su localización, con mayor infraestructura vial, y conexión directa con las demás regiones, así como con otros estados de la república mexicana, representaría, el punto de reunión y exportación de vacas de doble propósito, listas para su procesamiento, creando una cadena de valor estable, suministrada con los demás municipios de la región Sierra-Costa. Es necesario que en cada municipio, los productores de ganado bovino doble propósito más

representativos en cuanto a sus niveles de producción, reciba de primera mano apoyos de recursos económicos, así como pleno conocimiento de implementación del modelo de producción SSPi, de ser necesario, subsidios que de primera mano deben ser condicionados a una producción reflejada en la cría y engorda de ganado doble propósito, que aumente los niveles de materia prima para su procesamiento, fijando la venta exclusiva o más limitada hacia el mercado interno y solo si el ganado cumple con las características de una cabeza de ganado lista para su venta, o para ser utilizada como productora de leche y sus derivados. Los municipios de Aquila, Coalcomán, Chinicuila, Coahuayana, Tumbiscatío y Lázaro Cárdenas, son el principal motor de producción de ganado bovino en la región, son el primer paso en la creación de una cadena de valor, la inversión en la siembra y acondicionamiento del forraje necesario para las vacas doble propósito, se requiere poca inversión en infraestructura, el territorio podría utilizarse para el uso de siembra de forraje, ya que las plantas que se utilizan para este método de engorda. Después surge el aspecto de encadenamiento productivo entre el sector primario y el secundario, la inversión de carácter más industrializada y darle aspecto de una ganadería más intensiva para la explotación de recursos cárnicos y de leche, así como todos los derivados de la vaca, deben de tomarse en cuenta, por lo que la inversión más fuerte sería en la zona de Arteaga en cuanto a la infraestructura necesaria para el procesamiento de los recursos extraídos de la vaca. La centralidad en este aspecto es la creación de condiciones, es decir modificar los procesos de integración económica dentro de la región y que impacte, directamente en el desarrollo regional de la Sierra-Costa, resolviendo problemáticas de autosuficiencia y estadía directa en la cadena de valor, posicionándose como productores competitivos de ganado bovino.

CONCLUSIONES. Incentivar el modelo de producción SSPi, puede ser muy beneficioso para el inicio del proceso de producción, ya que con solo la incorporación de innovación en cuanto la engorda de ganado es importante resaltar que representa una mayor rentabilidad en comparación a productores tradicionales que engordan al ganado doble propósito con maíz y otros suplementos.
Se hace evidente, en la zona cálida y del trópico michoacano, que las empresas ganaderas de bovinos de doble propósito que establecen los SSPi, presentan mejores niveles de rentabilidad económica que aquellos predios que no poseen un sistema de explotación bajo el SSPi. Sin embargo, siempre es necesario la aplicación de un modelo que conlleve a una planeación estratégica para su desenvolvimiento adecuado, es por eso que la Triple Hélice, es el motor adecuado para una fuerte vinculación hacia la región Sierra Costa del Estado de Michoacán, para buscar un polo de crecimiento que consecuentemente ayude a los demás municipios a crecer. El factor Político, Empresarial y de Universidades es indispensable para que se realice de una manera más efectiva.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424107**

IMPORTANCIA EN LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE

Danielle Atenea Díaz Pérez[1], Hannah Sheccid Fuentes Cervantes[2], Cinthya González Fierros[3], Ixhel Hernández Durán[4], Denisse López Becerra[5], Shibely Tavera Bautista[6]
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: 1 2108874e@umich.mx, 2 1826070x@umich.mx, 3 2108983b@umich.mx, 4 2108953e@umich.mx, 5 2109043k@umich.mx, 6 2109035x@umich.m
,

Palabras Clave: Estilos de aprendizaje, Enseñanza, Rendimiento académico, Estudiantes

RESUMEN. Los Estilos de aprendizaje muestran una manera de captar la información según las cualidades y capacidades que cada persona tiene. Como objetivo se buscó averiguar la manera de enseñanza más adecuada que permitirá una adquisición de conocimiento con base en las características que presenta cada niño. La población estuvo conformada por cinco estudiantes del nivel básico de 5. º y 6.º grado de primaria. Para identificar los Estilos de Aprendizaje se utilizó el Test de Howard Gardner que consta de 35 ítems divididos en siete secciones de cinco ítems correspondientes a los 8 Estilos de Aprendizaje (verbal, visual-espacial, kinestésica-corporal, lógico-matemática, musical, intrapersonal, interpersonal y naturalista). En conclusión, se descubrió que tanto el entorno educativo como la poca importancia que manifiesta el sistema educativo para descubrir los tipos de inteligencias predominantes de cada estudiante, generan un considerable desinterés escolar, al igual que un bajo rendimiento académico. Los cinco participantes provienen de escuelas en donde el sistema tradicional es el considerado como la mejor elección, pero gracias a la investigación se mostró que es el mismo sistema el que impide que se realicen cambios en el desarrollo como un incremento en la motivación, la cual es uno de los factores determinante para que los estudiantes tengan interés en aprender al grado de involucrarse al proporcionar sugerencias que terminen siendo nuevas técnicas para la adquisición de aprendizajes.

INTRODUCCIÓN. El aprendizaje es único para cada persona y que crear un método de enseñanza uniforme para todos los estudiantes es complicado. Las personas tienen habilidades y capacidades diversas, y mientras algunas pueden destacar en ciertas áreas, en otras pueden enfrentan dificultades cuando deben realizar nuevas tareas o desafíos fuera de su zona de confort.

La enseñanza tradicional surgió en el siglo XVIII por el pedagogo Juan Amos Comenio, la cual consiste en la transmisión de conocimientos en base a la imitación siendo ésta la establecida por el sistema educativo como la mejor manera de enseñar a los estudiantes hasta la fecha. Sin embargo, no es la opción que proporciona los aprendizajes significativos en los alumnos de las aulas del siglo XXI, siendo comprobados por el bajo rendimiento académico que presentan, junto con la escasa motivación que llevan a la realización de actividades académicas. Probablemente, la forma tradicional era lo más factible y la que generaba resultados eficaces, sino no habría durado tanto tiempo su ejecución, pero hoy en día es la posible causante del alto desinterés escolar en los niños. Los estudiantes asisten a las escuelas porque no tienen opción, no van con el deseo de aprender aun

cuando tienen aptitudes para materias específicas, ocasionando que el aprendizaje sea forzado y no de manera natural. Aunque, si se adaptara la forma de enseñanza de acuerdo a los intereses, se escuchara las necesidades de los estudiantes y se impulsará las aptitudes de cada niño, generando el resultado del conocimiento propio del estilo de aprendizaje adecuado, el cual permitirá que las enseñanzas en el aula de clases sean permanentes al estar fomentando la diversidad de técnicas que puede utilizar cada alumno para entender los temas más complejos para él. Nos interesa mostrar otras opciones para aprender, permitiendo así que el rendimiento académico aumente significativamente al mostrar las formas de aprendizaje de manera que puedan usarlas individualmente.

OBJETIVO. Identificar los estilos de aprendizaje de los participantes para relacionarlos con la perspectiva educativa que tienen en base a sus experiencias académicas y con su rendimiento académico.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente investigación es de enfoque cualitativo, desde una perspectiva fenomenológica. El análisis cualitativo de contenido se define a sí mismo dentro de este marco de trabajo como una aproximación empírica, de análisis metodológicamente controlado de textos al interior de sus contextos de comunicación, siguiendo reglas analíticas de contenido y modelos paso a paso, sin cuantificación de por medio. El método fenomenológico se presenta como un diseño de investigación pertinente para abordar los significados y experiencias educativas y promover un proceso investigador donde los participantes se involucren como sujetos y no como objetos de estudio. Los resultados permiten afirmar la adaptabilidad del método a diferentes contextos, temáticas y circunstancias, dando lugar a procesos de investigación de gran riqueza simbólica que repercuten positivamente en los contextos investigados. La población estuvo conformada por estudiantes del nivel básico de 5to y 6to grado de primaria de 5 instituciones diferentes, de las cuales se tomó un alumno y se le aplicó el instrumento y una entrevista semiestructurada. Para identificar los Estilos de Aprendizaje se utilizó el Test de Howard Gardner que consta de 35 ítems dividido en 7 secciones de 5 ítems correspondientes a los 8 Estilos de Aprendizaje (verbal, visual-espacial, kinestésica-corporal, lógico-matemática, musical, intrapersonal, interpersonal y naturalista). Es un instrumento con puntuación dicotómica descrita de la siguiente manera: verdadero o falso. El grado de preferencia por los Estilos de Aprendizaje se obtiene de la puntuación absoluta que el participante obtenga en cada sección. De igual manera también se les aplicó una entrevista semiestructurada, dicha entrevista fue analizada fenomenológicamente y constó de 8 preguntas las cuales fueron las siguientes:

- ¿Cómo haces tus tareas?
- ¿Qué haces para estudiar?
- ¿Cómo te va en la escuela?
- ¿Cuál es la materia que se te hace más fácil?
- ¿Qué haces para que la consideres así?
- ¿Cuál es la materia que más se te dificulta?
- ¿Cómo son las clases de ésta?
- ¿Cuál es tu materia favorita?

RESULTADOS. Los resultados de los Test aplicados a los participantes demostraron que los estilos de aprendizaje predominantes fue el Interpersonal el cual, lo contaba cuatro de

los cinco participantes, continuando con el Kinestésica-corporal y Lógico-matemática, en donde tres participantes contaban con ellos y al final Lingüístico y Visual-espacial que formaban parte de dos participantes.

Motivación escolar: Consiste en disfrutar de las actividades que se realizan en el ámbito escolar, no solo de las actividades recreativas. Generando que se mantenga la atención y dando como resultado que se obtengan aprendizajes permanentes.

En términos más precisos, la motivación escolar tiene que ver más concretamente con la activación de recursos cognitivos para aprender aquello que la escuela propone como aprendizaje (Valenzuela, 2007), y no sólo con querer realizar una tarea específica en un momento dado.

Cuando no se obtienen los resultados deseados la motivación decae en el estudiante, porque las actividades que no logran con éxito proceden a dejar de lado y no volverlas a intentar, aun cuando estas sean importantes para su desarrollo académico. De esta forma es que las asignaturas más complejas han sido las menos preferidas por los niños de primaria.

La motivación estudiantil puede verse influenciada por la actitud del maestro, el ambiente escolar y las relaciones entre compañeros. Un maestro que fomenta la participación sin temer a respuestas incorrectas y que esté atento a las dificultades del alumno puede generar un sentimiento de seguridad, motivando a los estudiantes a aprender por sí mismos y explorar temas de su interés.

Sugerencias hacia la forma de enseñar: No mantenerse solo en la forma tradicional de enseñanza, sino utilizando diferentes formas para provocar actividades dinámicas que puedan permitir obtener aprendizajes significativos. Asimismo, Díaz Barriga (2002) define las estrategias de enseñanza como el procedimiento que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos. Por tal motivo, las estrategias de enseñanza son los procedimientos que el docente debe utilizar de modo inteligente y adaptativo, con el fin de ayudar a los estudiantes de educación primaria a construir su actividad adecuadamente en la lectura y escritura, y así, lograr los objetivos de aprendizaje. Buscar una manera diferente a la establecida por el sistema académico, no es fácil, pero no significa que no se debe de intentar. Los niños van cambiando conforme a los acontecimientos que se van presentando en la sociedad, por ende, se tiene que ir innovando los métodos de enseñanza para que los estudiantes adquieran los respectivos conocimientos correspondientes de una manera más fácil para ellos. Así que, escuchar las necesidades del alumnado y adaptar los aprendizajes ocasionaría un posible incremento en el desempeño académico. Chen, Moran y Gardner, al expandir el abanico de las capacidades que pueden contemplarse, favorecen la pasión por aprender de los alumnos y hacen visible el potencial de cada uno de ellos.

Estilo de aprendizaje: Forma en la cual se adquiere los conocimientos, utilizando las capacidades y habilidades que tiene cada persona para obtener de la manera más fácil un aprendizaje significativo; se pueden tener varias, aunque hay una más predominante que las otras. La definición de Keefe (1988) recogida por Alonso (1997) puntualiza que: “los estilos de aprendizaje son los rasgos cognitivos, afectivos y psicológicos que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los alumnos perciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje”. Cada persona tiene habilidades únicas y, aunque pueden compartir algunas similitudes, su desarrollo es individual. En lugar de forzar a los estudiantes a permanecer quietos, es mejor adoptar métodos de enseñanza que se adapten a sus estilos de aprendizaje, permitiendo actividades en movimiento que pueden mejorar su aprendizaje de manera efectiva.

Dificultades para desempeñarse: Son factores que afectan en la adquisición de aprendizajes para el alumno; siendo estos los causantes de que el estudiante no tenga motivaciones para continuar con sus estudios o que los realice por obligación. Al saber el diferente estilo de aprendizaje de cada niño se puede buscar las diferentes formas de impartir clases. Según López y Ramírez (2017), “El docente puede orientar sus prácticas de manera adecuada para que los estudiantes encuentren un deseo voluntario por aprender, y hagan de la escuela un sitio agradable para la construcción de aprendizajes significativos” (p.27). Incorporar recursos como música, herramientas audiovisuales o actividades al aire libre puede cambiar la percepción que los niños tienen de la educación. Si la escuela se percibe no solo como un lugar para escuchar al maestro en silencio, sino como un entorno divertido para aprender, los estudiantes estarán más motivados a asistir regularmente. Enseñar a las personas desde una edad temprana a identificar su estilo de aprendizaje y cómo aprovechar sus características individuales puede mejorar su desempeño y desarrollo. Esto resultaría en mejores resultados escolares y mayor interés en asistir a la escuela. Sin embargo, para lograr esto, es necesario que tanto el sistema educativo como los maestros estén dispuestos a aceptar y hacer cambios. Según López y Ramírez (2017): Se plantea la necesidad de un cambio de actitud del docente y el fortalecimiento de prácticas pedagógicas que permitan encaminar al niño hacia una mayor asimilación del nuevo vínculo social y la construcción de nuevas relaciones de apego en el ámbito escolar, dados los diferentes cambios que se experimentan en la sociedad actual. (p.30)

CONCLUSIONES. No existe un único estilo de enseñanza adecuado para todos los alumnos, ya que las estrategias didácticas deben adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes. Aunque preparar clases para cada estilo de aprendizaje es complicado, se sugiere permitir que los alumnos elaboren sus propios apuntes sin calificarlos negativamente y ofrecerles clases sobre estilos de aprendizaje, además de colaborar con los tutores para mejorar la trayectoria académica del estudiante. De manera gradual el docente deberá desprenderse del estilo tradicional que lo ha acompañado durante algún tiempo y actualizar sus conocimientos respecto a la enseñanza, buscando nuevos estilos de enseñanza, conocer las nuevas tecnologías y las exigencias que el entorno y los alumnos representan al estar dentro de una sociedad en constante cambio. Así como hemos ido mencionando lo que consideramos importante, también es relevante contrastar con la teoría, por lo que tomamos en cuenta lo que menciona López, “los docentes tienen el papel de motivar a los aprendices en la adquisición del conocimiento, donde hay un aprendizaje cognitivo que tiene que ver con la capacidad de comprender y aplicar el conocimiento” (2021, p. 20). Las relaciones interpersonales y la motivación del alumno son fundamentales en el proceso de aprendizaje. Las interacciones positivas entre compañeros y amigos pueden mejorar la integración y motivación del estudiante. Por ello, es crucial crear ambientes saludables y colaborativos en los que tanto estudiantes como profesores puedan aprender y recibir retroalimentación sobre métodos de enseñanza y evaluación.

REFERENCIAS.

1. Bustillos, J., Hernández, J., Chávez, O., González, J. Y Ochoa, J. E. (2017). Impacto de los Estilos de Aprendizaje de los Alumnos de Física y su Relación con el Bajo Aprovechamiento Académico, 149-157. https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/download/2200/1995/8566
2. Díaz Barriga, F. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista. México: McGraw-Hill Interamericana.

3. Jie-Qi CHEN, Seana MORAN y Howard GARDNER (eds.): Multiple Intelligences Around the World (San Francisco: Jossey-Bass, 2009)
4. López, J. A. (2021). La motivación docente para obtener calidad educativa en instituciones de educación superior. Núm. 64, 151-179. https://www.redalyc.org/journal/1942/194267200007/html/#:~:text=La%20motivaci%C3%B3n%20es%20un%20estado,y%20aplicar%20el%20conocimiento%2C%20pero
5. López, Y. y Ramírez, C. (2017). El desinterés escolar de los niños de transición. [Tesis de licenciatura, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán]. Archivo digital. https://repositorio.uniautonoma.edu.co/bitstream/handle/123456789/123/T%20P-M%20215%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Ortiz Padilla, M. & Zabala, A. (2001). Las actitudes y su influencia en el desempeño de los estudiantes en área de matemáticas. Caracas – Venezuela: Corporación Educativa Mayor del Desarrollo Simón Bolívar.
7. Valenzuela, Jorge, Muñoz Valenzuela, Carla, Silva-Peña, Ilich, Gómez Nocetti, Viviana, & Precht Gandarillas, Andrea. (2015). Motivación escolar: Claves para la formación motivacional de futuros docentes. Estudios pedagógicos (Valdivia), 41(1), 351-361. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052015000100021

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424108**

DEMOSTRAR LAS CAPACIDADES DE UTILIZAR LAS HERRAMIENTAS IA PARA LOS PROCESOS CREATIVOS DE DISEÑADORES GRÁFICOS

***Alejandro Rueda Morfin*[1]**
1Facultad de Diseño Gráfico, Universidad Vasco de Quiroga, arueda106@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Diseño Gráfico, Proceso creativo, Inspiración, Educación.

RESUMEN. El presente proyecto de investigación describe cómo los diseñadores gráficos pueden utilizar nuevas herramientas de Inteligencia Artificial (IA) en sus procesos creativos para generar nuevas ideas. Para lograrlo, los propios diseñadores deben de integrar estas herramientas a sus propios procesos creativos, lo cual requiere que reflexionen sobre la forma en la que conceptualizan. El objetivo del presente trabajo busca demostrar la pertinencia en el uso de herramientas de IA para generar procesos creativos en las etapas iniciales de los diseñadores.
Las herramientas de investigación de campo utilizadas para la recolección de información fueron: formularios orientados hacia estudiantes de diseño gráfico, entrevistas a profesionistas, registró fotográfico, registró y seguimiento a los participantes mediante el desarrollo de un par de talleres en la creación de logotipos utilizando herramientas de IA. De los resultados obtenidos, se pueden destacar qué hay una oportunidad de utilizar las herramientas como inspiración dentro de la fase de conceptualización, donde se puede formar sus propios procesos con el usó de estas herramientas, así mismo, se puede profundizar el conocimiento del manejo de las herramientas IA; por su parte los estudiantes reportaron el beneficio de considerar como fuente de apoyo en la etapa de inspiración. Con este trabajo se concluye a partir de los resultados obtenidos que existe un área de oportunidad para los diseñadores gráfico utilizando estas herramientas para que puedan ser implementadas en sus procesos creativos, también es posible demostrar su eficacia siendo una invitación para aquellos diseñadores qué se resisten a utilizar estas herramientas actuales.

INTRODUCCIÓN. Esta investigación tiene una gran importancia por la significación que esta herramienta está teniendo en la actualidad, por lo que utilizar las herramientas de la Inteligencia Artificial dentro del proceso creativo de los diseñadores gráficos puede significar un cambio importante para ellos. Al ser una tecnología nueva y en constante evolución le permite a las personas creativas contar con más y mejores herramientas para identificar nuevas conexiones, generar más ideas en un menor tiempo. Para conocer la experiencia de los estudiantes de diseño gráfico utilizando las herramientas de IA realizando un diseño de imagotipo con un proceso creativo dentro de un taller.

ANTECEDENTES. Javier Rico Sesé (2020) en su artículo de investigación titulado “El diseñador gráfico en la era de la inteligencia artificial" profundiza en por qué la IA no va a

sustituir el área de trabajo del diseñador gráfico, sino que será una nueva herramienta con la que se debe trabajar. Antonio Mas Gómez (2023) en su artículo titulado “El impacto de la Inteligencia Artificial en el proceso de Diseño Visual”, reporta un experimento que realizó para demostrar las capacidades que tiene la IA para crear un logotipo y compararlo con el diseño de los profesionales. Yi-Ching Janet Huang, Stephan A.G. Wensveen, Mathias Funk (2023) en su artículo llamado: “Especulación experiencial basado en la visión de la educación de diseño IA: Diseño de futuros de IA convencionales y progresivos” ponen a prueba el uso de herramientas IA en proceso de diseño con estudiantes para ver su funcionamiento. Stefanía Gallardo, R., Jaime A. León, Isabel C. Arias, A., y Luis Jiménez, R. (2023) en su artículo llamado: "La inteligencia artificial y el diseño gráfico creando el aula del futuro" están enfocados en hablar sobre la importancia de integrar tecnologías de IA.

OBJETIVOS. Demostrar la pertinencia en el uso de herramientas de IA para generar procesos creativos en las etapas iniciales de los diseñadores.

MATERIALES Y MÉTODOS. El proceso metodológico para esta investigación fue acercarse a los diseñadores gráficos jóvenes y profesionales, donde este grupo de personas hablaron sobre los procesos del diseño gráfico, así como los bloqueos creativos, conocimiento de las herramientas de IA, si las utilizan y qué piensan sobre las nuevas generaciones de diseñadores gráficos que probablemente utilizarán las herramientas de IA. Las herramientas de investigación de campo utilizadas para la recolección de información fueron: formularios orientados hacia estudiantes de diseño gráfico, entrevistas a profesionistas, registró fotográfico, registró y seguimiento a los participantes mediante el desarrollo de un par de talleres en la creación de logotipos utilizando herramientas de IA. Se estableció una serie de preguntas sobre cómo aplican la IA en sus procesos creativos. Para poder obtener esas respuestas se hizo una encuesta digital y un taller orientado a los estudiantes de diseño gráfico. En el desarrollo del procedimiento metodológico, en un primer momento se llevó a cabo una encuesta digital en Google forms, en donde se le preguntó a los participantes (estudiantes de diseño gráfico) sobre su proceso de diseño, como utilizan su proceso de diseño, emplean una metodología o se basan en su intuición, si sufren constantes bloqueos creativos, si utilizan diferentes pasos para diseñar algo, si conocen qué es el Design Thinking y si lo utilizan, además de cómo resuelven sus problemas para las propuestas de diseño, centrándose en su conocimiento de la IA y si la implementarían en su propio proceso. En un segundo momento se llevó a cabo un taller llamado “Creación de logotipos”. En el taller se hizo una invitación a los participantes a asistir al laboratorio de computó Mac donde diseñaron dos logotipos en dos secciones, en ambas se realizaron un logotipo siguiendo un briefing, además de una explicación del instructor para la comprensión del taller; en la primera etapa crearon el logotipo sin ningún apoyo de IA siguiendo su propio proceso de diseño y en la segunda etapa crearon un logotipo a través de nuevas herramientas de IA que se les explicaron previamente. Al finalizar el taller se realizó una encuesta la cual se utilizó para saber si hubo un beneficio utilizando la IA y cómo lo implementaron en su proceso, además de saber las dificultades que se presentaron al utilizar las herramientas, identificar si alguno de ellos sufrió bloqueos creativos, y de igual forma comprender la eficiencia al momento de utilizar las herramientas IA. Para concluir con la aplicación, se entrevistó a profesionales donde se recolectan opiniones sobre el conocimiento de los procesos creativos que ellos implementan y si dentro de sus procesos les surgen problemáticas como bloqueos creativos, cómo es su

conceptualización de ideas y si conocen la Inteligencia Artificial (IA), además de saber si la utilizan de alguna manera en sus procesos.

RESULTADOS. A continuación, se presentan de forma sintética algunos de los resultados más significativos obtenidos en la presente investigación, mismos que se presentan en las siguientes figuras.

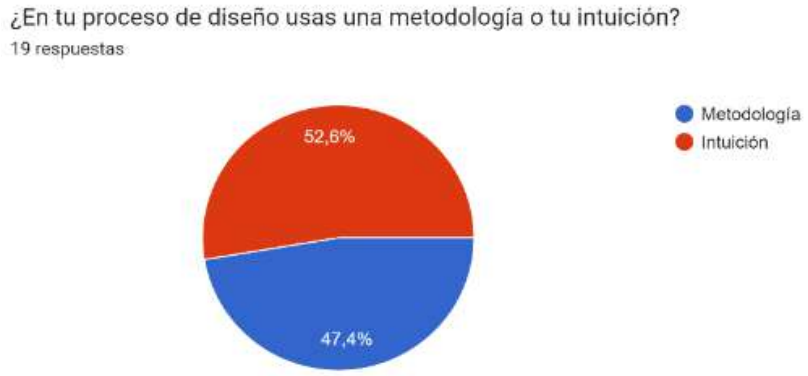


Fig 1. *Resultado de si los participantes utilizan una metodología o si su proceso es por intuición. Fuente: Google Forms, 2024.*

En el primer acercamiento con los estudiantes de diseño gráfico, se les preguntó sobre si manejan una metodología o su propia intuición para notar si ellos se guían al momento de idear y conceptualizar los proyectos gráficos para luego proponer una idea de proceso para que utilicen. El 52.6% de los participantes reportó que su proceso es más bien intuitivo; por su parte, el 47.4% respondieron que aplican una metodología de diseño.

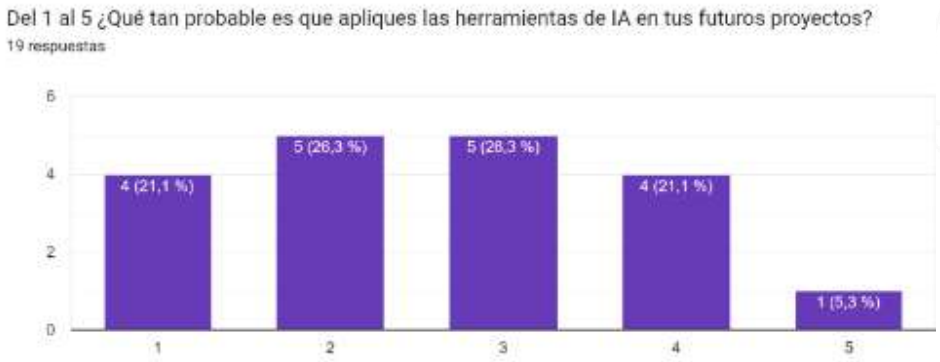


Fig 2. Probabilidad en la aplicación de herramientas de IA en sus futuros proyectos. Fuente: Google Forms, 2024.

Con los resultados de la Fig. 2 nos muestran que con un nivel de probabilidad de 2 y 3 el 28.3 de los participantes estarían considerando la aplicación de herramientas de IA en futuros proyectos; de igual forma el 21.1% de los participantes respondieron con 1 y 4 la probabilidad de aplicar las herramientas de IA en futuros proyectos; por último solo el 5.3%

de los participantes respondieron que 5 sería el nivel de probabilidad en la que utilizarían herramientas de IA en futuros proyectos. Con ello se puede demostrar que no existe una conciencia arraigada en el uso de esta herramienta en el futuro.

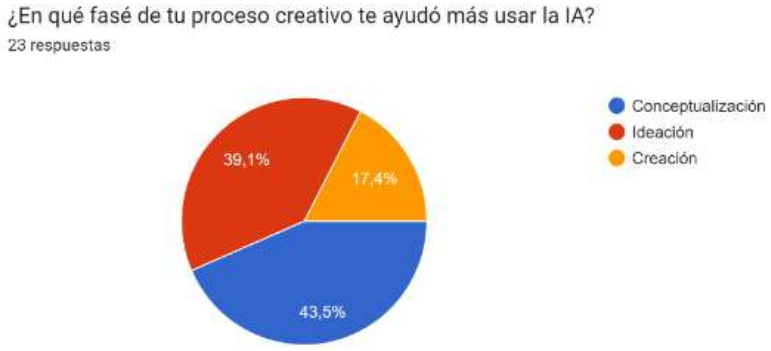


Fig 3. *Fase del proceso creativo en la que les ayudó más el uso de la IA. Fuente: Google Forms, 2024.*

De acuerdo con la figura 3, al momento de preguntarles sobre la fase en la que su proceso creativo le ayudó más utilizar las IA, el 43.5% de los participantes respondió que en la fase de conceptualización; el 39.1% refirió que en la fase de ideación; por su parte, solo el 17.4% de los participantes respondió que en la fase de creación.

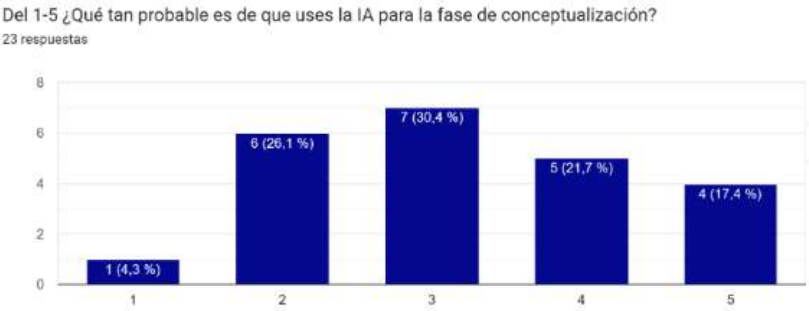


Fig 4. Probabilidad en el uso de la IA en la fase de conceptualización. Fuente: Google Forms, 2024.

En la figura 4, los estudiantes respondieron de una escala la probabilidad de que usen la IA para su fase de conceptualización, el 30.4% respondieron que 3; el 26.1% de los participantes respondieron que 2; el 21.7% de los participantes respondió que 4; el 17.4% dijo que 5 y el 4.3% respondieron que 1.

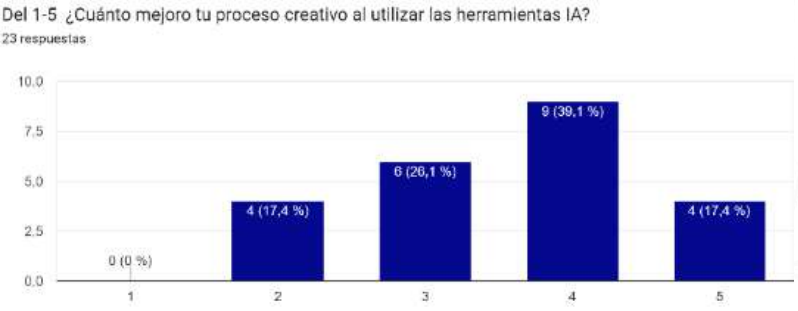


Fig 5. Nivel de mejora del proceso creativo al utilizar herramientas de IA. Fuente: Google Forms, 2024.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la figura 6, se puede considerar que el 39.1% de los participantes mencionaron el nivel 4; el 26.1% respondió que 3 era el nivel de mejora que consideran de las herramientas de IA; el 17.4% de los participantes reportaron tanto en el nivel 2 y 5. En términos generales se puede establecer que los estudiantes que participaron en la segunda edición del taller al momento de utilizar las herramientas se pudieron observar resultados positivos cuando utilizaron las herramientas de IA, como parte del proceso creativo, para lo cual se les orientó sobre su aplicación. Con su aplicación se pudo constatar que los estudiantes participantes del taller muestran mejorías en el proceso.

CONCLUSIONES. De los resultados obtenidos, se puede destacar qué hay una oportunidad de utilizar las herramientas como inspiración dentro de la fase de conceptualización, integrándose esta herramienta a sus propios procesos, así mismo se puede profundizar en el conocimiento del manejo de las herramientas IA; por su parte, los estudiantes reportaron favorablemente al considerar las herramientas de IA como fuente de apoyo en la etapa de inspiración. Se identifica la potencialidad de integrar estas herramientas en los métodos de futuros diseñadores, pero necesitaría el tiempo y desarrollo necesario tanto a nivel personal como a nivel escolar para integrarla en los procesos de diseño gráfico. Con este trabajo podemos ser optimistas de que en un futuro se vea viable la posibilidad de trabajar a lado de esta tecnología, resolviendo problemáticas actuales dentro del diseño gráfico.

REFERENCIAS.

1. Gallardo, S., Andrés, J., Isabel, A., & Alfredo, L. (2023). La inteligencia artificial y el diseño gráfico creando el aula del futuro. doi:10.13140/RG.2.2.16197.63201
2. Huang, Y., Wensveen, S. A., & Funk, M. (2023). Especulación experiencial basado en la visión de la educación de diseño IA: Diseño de futuros de IA convencionales y progresivos. International Journal of Design, 17(2), 1-17. https://doi.org/10.57698/v17i2.01.
3. Mas, A. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial en el proceso de Diseño Visual. España: Universidad Complutense de Madrid.
4. Rico, J. (2020). El diseñador gráfico en la era de la Inteligencia Artificial. EME Experimental Illustration, Art & Design, 8(8), 66–73. https://doi.org/10.4995/eme.2020.13210.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424109**

EL DISEÑO DE FANZINES. UNA HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS SEMIÓTICO DE PELÍCULAS DEL CINE INDEPENDIENTE

***Paola Isabel Rodriguez Ortiz*[1]**
1Facultad de Diseño Gráfico, Universidad Vasco de Quiroga; prodriguez726@uvaq.edu.mx

Palabras Clave: Diseño gráfico, Cine independiente, Análisis, Semiótica, Investigación.

RESUMEN. La lectura y la semiótica son una oportunidad como medio de interpretación y análisis visual que pueden ser utilizadas como una herramienta fundamental al momento de compartir un punto de vista, refutar, opinar y razonar. El objetivo de esta investigación es analizar desde el punto de vista de la semiótica los elementos gráficos de los carteles cinematográficos del cine independiente del siglo XXI y difundirlos a través de objetos de diseño gráfico para que más personas puedan conocer la intención conceptual y comunicativa que poseen estos productos gráficos. Para realizar esta investigación se utilizaron entrevistas y encuestas, estas permitieron generar estadísticas basándonos en respuestas que proporcionaron las personas involucradas utilizando una metodología mixta; se generaron entrevistas amenas donde se conoció la opinión de expertos y estudiantes de diseño gráfico, cinematografía y comunicación. Posterior a ello se aplicó una encuesta con un focus group en el que las personas no estuvieran directamente relacionadas con el cine independiente y tampoco con sus carteles. Finalmente se diseñó un objeto propio de las soluciones del diseño gráfico con el propósito de recopilar información para ver si es del agrado del público, pero sobre todo, de utilidad. Los participantes reportaron poco conocimiento sobre la semiótica y sobre su implementación dentro del cine independiente, asimismo se optó por la elaboración de un fanzine, que en su primera cara se presenta un cartel que invita a un futuro evento de exposición de lectura de carteles cinematográficos con ayuda de una segunda cara dentro del fanzine, en la que se muestren de manera concreta los elementos más importantes para la lectura y el análisis semiótico de estos carteles presentados. Finalmente, la implementación del objeto de diseño nos demostró que es de fácil lectura y entendimiento, y es posible tener un mejor acercamiento a la semiótica en carteles cinematográficos.

INTRODUCCIÓN. La lectura y la semiótica son una oportunidad recurrente dentro del análisis visual de aquellos elementos gráficos que se pueden apreciar a la hora de observar objetos tan cotidianos como son los carteles cinematográficos. Hay bastantes reflexiones en relación con los carteles de siglos pasados, contrario a lo que sucede en el actual siglo. Es importante mencionar que la falta de conocimiento de lo que comunica un cartel se debe a una variante de motivos que afectan en su interpretación en el área del cine independiente, que se estarán analizando y utilizando dentro de esta extensa exploración. La importancia de esto recae en que más personas se den la oportunidad de conocer la diversidad que habita dentro de lo que tiene por decir el cine independiente, con un fin tanto de educación como de entretenimiento; ya que considero que este nicho cinematográfico

puede aportarnos bastante si de aprendizaje hablamos; con esto me refiero a la idea de compartir conocimiento y accesibilidad para una población amplia que pueda permitirse la oportunidad de extender tanto su visión sobre los aspectos cotidianos como los que pueden ser ajenos a su rutina por medio del cine. Ya que dentro de disfrutar una película se encuentra la posibilidad de que tu percepción de la vida cambie junto a ella. Es de suma importancia acentuar el medio por el que es más apto enfocar este mismo análisis, ya que toda esta investigación se irá a la par de lo que la semiótica estudia, y con ello comparar las diferentes intenciones de los elementos que podemos identificar dentro de aquellos carteles cinematográfico que se usarán de base para que a partir de ellos se nos permita generar una exploración de todas estas acotaciones que se estudiarán a lo largo de esta investigación. Los carteles cinematográficos son de alguna u otra forma un medio accesible para una parte amplia de la población. La dirección a la que apunto es a la de difundir información y saber disfrutar con ella; poder hacer que más colegas se inspiren a la hora de analizar y diseñar para que esto pueda finalmente complementarse, generando así experiencias de acercamiento y descubrimiento de la mano del arte y su propósito, el cual es comunicar. Aprovechar ese medio para que seamos más comprensivos y podamos satisfacer de una manera positiva esa recurrente necesidad de pertenecer, de empatizar, de berrear, de llorar, de amar y de vivir de la mano de la apreciación artística. Aprovechándome descaradamente de un medio tan amplio como lo es el análisis de los carteles de nuestros tiempos.

ANTECEDENTES. Para la realización del presente trabajo se identificaron las siguientes fuentes documentales, mismas que se presentan a continuación:

Jorge Assef (2013) en su libro La subjetividad hipermoderna: una lectura de la época desde el cine, la semiótica y el psicoanálisis considera los aportes del psicoanálisis y con ello propone el inconsciente estructurado como un lenguaje y éste se impone en el reconocimiento de que lo social y lo subjetivo, y cómo están íntimamente ligados a las producciones discursivas. Para así tomar referentes visuales dentro de obras cinematográficas que serán de gran importancia narrativa para que a su vez el autor intenta demostrar que la construcción de esa narración viene de lo que uno “aprendió en la escuela, o simplemente de las películas que una vez fue a ver”. Es decir, que la contingencia del encuentro del sujeto con un discurso que lo nombra se produce dentro de un marco posible de discursividad, siendo así el entorno social.

El libro titulado Semióticas del cine y del audiovisual: nuevas tendencias; el cual fue editado por Conde, Juan Alberto Torben Grodal, y Buckland, Warren, et al., (2019) se pueden identificar elementos importantes para ser revisados. En este volumen se recopila una cantidad importante de textos escritos y publicados en las dos primeras décadas del siglo XXI, en los que se abordan diversos objetos de investigación dentro de la semiótica fílmica y así mismo audiovisual. Se encuentra dividido en dos partes; en la primera se presentan teorías generales, son de alta relevancia por el giro cognitivo de estudios fílmicos, incluye textos de Roger Odín, pionero del enfoque semio pragmático, el cual permite ver su pertinencia para sobrellevar problemáticas de la historia del cine y el audiovisual en sus diversas manifestaciones contemporáneas.

Jorge Frascara (2015) en su obra titulada Diseño gráfico para la gente: comunicaciones de masa y cambio social; recalca que el objetivo de éste es proponer que el diseño de comunicación visual es un medio importante para poder encarar problemas de carácter social. El diseño por sí solo no puede erradicar problemas como: el crimen, la toxicomanía,

accidentes viales o la misma discriminación, más sí puede ser útil como una estrategia utilizada para coordinar y contribuir de manera significativa a la reducción de estos problemas. La obra está dividida en cinco partes con la intención de tratar principios y criterios pertinentes a los problemas referidos. Así mismo, analiza estrategias dedicadas a desarrollar un diseño efectivo; también trata de evaluar la eficacia de programas comunicacionales y proponer una práctica dentro de un marco consciente.

Por su parte, Miguel Ángel Castro Tirado en su libro Composición de textos en productos gráficos: UF1460, trata de un extenso análisis tipográfico en los que incluye: la arquitectura tipográfica, el formato del producto gráfico y la elaboración de maquetas de productos gráficos; estos con el objetivo de señalar todos esos elementos gráficos que se deberán de tomar en cuenta a la hora de crear elementos gráficos y la importancia que recae sobre la composición de textos, así como el uso de normas y reglas ya establecidas dentro del mercado.

María del Valle Ledesma (2011) en su libro Comunicación para diseñadores habla desde la reflexión y el análisis de las necesidades de los alumnos como estudiantes encaminados a profesionistas del diseño. Tomando en cuenta la cuestión de la interpretación, es una problemática constante dentro de la semiótica y con ellas la forma de representación en las que predomina un ícono visual. Ya que el abordar este tema marca con fuerza la divisoria de las teorías de la representación, ya que enfatizar el hecho de la comunicación implica la comprensión y de igual forma la incomprensión.

Alejandra Vitale (2020) en su libro El estudio de los signos: Peirce y Saussure, pretende aspirar al despertar del interés sobre aquellos que se dedican a las ciencias humanas para acercarse al pensamiento de quienes asentaron las bases dentro del estudio de los signos. Así mismo busca introducir al lector dentro del área de la semiología de una manera más simple y completa para así facilitar la comprensión del pensamiento de los reconocidos autores, Peirce y Saussure.

OBJETIVO. Analizar desde el punto de vista de la semiótica los elementos gráficos de los carteles cinematográficos del cine independiente del siglo XXI y difundirlos a través de objetos de diseño gráfico para que más personas puedan conocer la intención conceptual y comunicativa que poseen estos productos gráficos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para realizar esta investigación se utilizaron entrevistas y encuestas, las cuales permitieron generar estadísticas basándonos en respuestas que proporcionaron las personas involucradas utilizando una metodología mixta; se generaron entrevistas amenas donde se conoció la opinión de expertos y estudiantes de diseño gráfico, cinematografía y comunicación.

A partir de la serie de entrevistas cualitativas realizadas a expertos y estudiantes en los campos de semiótica, cine y diseño gráfico, se pudieron extraer varias conclusiones generales que enriquecieron el análisis semiótico de carteles cinematográficos del cine independiente del siglo XXI. Estas conclusiones ofrecieron una perspectiva compleja sobre cómo se interpretan y se diseñan estos carteles.

RESULTADOS. Las entrevistas fueron de utilidad para la realización de posteriores encuestas dirigidas a personas dentro un focus group que comparten la característica de estar poco involucradas con el ámbito del diseño gráfico dentro del cine independiente y

sus carteles; es así como los participantes reportaron poco conocimiento sobre la semiótica y sobre su implementación dentro del cine independiente.



Fig. 1 *Frecuencia de asistencia a salas de cine no comercial. Fuente: Google Forms 2024*

El 16.2% de los encuestados frecuentan salas de cine no comercial, por su parte el 24.3% no lo suele frecuentar para nada y el 59.5% de los encuestados lo frecuenta poco.

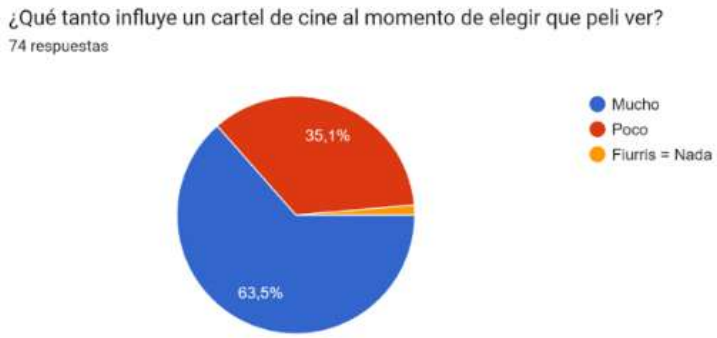


Fig. 2 *Influencia de carteles cinematográficos a audiencias. Fuente: Google Forms 2024*

El 1.4% de los encuestados no se ven influidos por los carteles, por su parte al 35.1% suele persuadirlo un poco y el 59.5% de los encuestados se ve persuadido por los carteles al momento de elegir que ver en el cine.

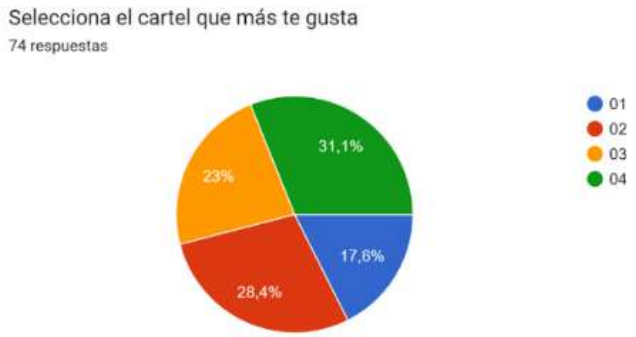


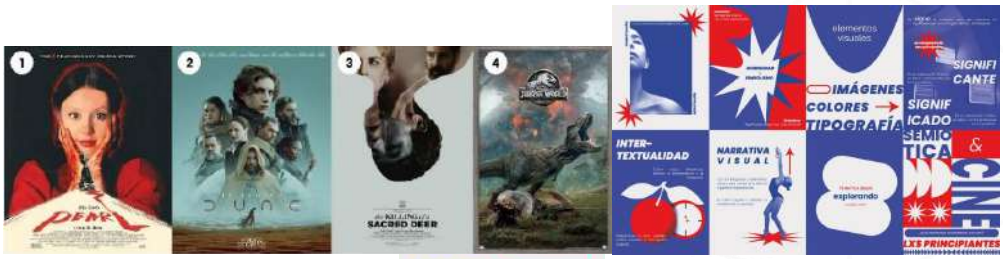
Fig. 3 *El tipo de carteles que atrae a la audiencia. Fuente: Google Forms 2024*

El 17.6 % de los encuestados se vio atraído por el primer cartel, mientras que el 28.4% se inclina más por el segundo cartel, así mismo el 23% de encuestados se persuade por el tercer cartel y finalmente al 31.1% les es más atractivo el cuarto cartel.

El reporte de resultados de la aplicación orientó a la generación de un objeto de diseño en el que fuera posible invitar a las personas de una manera atractiva y amigable a acercarse a la semiótica por medio de distribución de material de carácter gratuito; este objeto de diseño busca ser algo innovador y de fácil acceso en el que se pueda difundir de manera concreta términos importantes en la semiótica que pueden ser utilizados para la lectura de carteles cinematográficos.
Es por ello por lo que se optó por la elaboración de un ***fanzine,*** un fanzine es una publicación autoeditada, generalmente producidas de manera artesanal y a pequeña escala, que se centra en temas específicos y de interés particular para un grupo de personas, diseñado a partir de los términos de ***fan*** (aficionado) y ***zine*** (abreviatura de magazine. Los fanzines se caracterizan principalmente por si enfoque DIY (Do It Yourself, hazlo tú mismo), usualmente suelen abordar temas que van desde la música, la literatura y el arte, hasta política, cultura de carácter alternativo o interese subculturales. Debido a su naturaleza de autoedición, los fanzines ofrecen una plataforma que permite la libre expresión, permitiendo así a que los creadores se permitan compartir opiniones, ideas y obras sin ningún tipo de restricciones típicas que demandan las publicaciones de distribución cultural comercial.
Algunas características importantes que incluyen los fanzines son:

1. **Su producción artesanal:** Usualmente son fotocopiados o impresos en tiradas pequeñas y en repetidas ocasiones son hechos a manos.
2. **Diseño y formato variado:** Su tamaño, estilo y formato pueden variar para reflejar la personalidad y creatividad de cada uno de los creadores.
3. **Contenido específico:** Dirigidos a audiencias muy particulares, suelen tratar temas de nicho que no se encuentran siempre en espacios tradicionales.
4. **Distribución limitada:** Su distribución se enfoca en círculos más pequeños, por medio de intercambio, conciertos, museos, tiendas especializadas, ferias, etc.

Así mismo y retomando, el **fanzine** será diseñado a partir de elementos que predominan en carteles dentro del cine independiente y que son de carácter útil, tomando en cuenta lo que los encuestados del público general consideran atractivos y tomando los consejos de los expertos que se vieron reflejados en las entrevistas.





Este fanzine en su primera cara presenta un cartel que invita a un futuro evento de exposición de lectura de carteles cinematográficos con ayuda de una segunda cara dentro del fanzine, en la que se muestren de manera concreta los elementos más importantes para la lectura y el análisis semiótico de estos carteles presentados.

Este objeto de diseño se sometió a un proceso de validación simple, en el que se fue enviado a la brevedad a expertos entrevistados y participantes del focus group, con el propósito de retroalimentar e implementar cambios que enriquecieron el resultado final del objeto diseñado.

La conclusión general del proceso de prototipado del objeto de diseño denominado FANZINE, enfocado en el análisis de carteles del cine independiente del siglo XXI, ha revelado importantes perspectivas y recomendaciones gracias a las respuestas de los entrevistados y encuestados. Estas opiniones han sido esenciales para desarrollar una solución que sea tanto digerible como accesible para todos los interesados en profundizar en esta temática.

Finalmente, el prototipado del FANZINE ha demostrado que existe un fuerte interés en un medio especializado en el análisis de carteles del cine independiente del siglo XXI. Incorporando las sugerencias y opiniones de los entrevistados y encuestados, se ha diseñado una solución que es comprensible y accesible, con el potencial de convertirse en una referencia valiosa para entusiastas, estudiantes y profesionales. La combinación de un contenido cuidadosamente curado, accesibilidad multiplataforma y elementos interactivos garantizará que el FANZINE cumpla con las expectativas y necesidades de su audiencia. Algunas de ellas son:

Innovación y Experimentación Visual: Los estudiantes y expertos tanto de cine como de diseño gráfico enfatizaron cómo los carteles del cine independiente a menudo se alejan de los clichés y las fórmulas convencionales.

Función Comunicativa y Promocional: Los carteles cinematográficos del cine independiente no solo deben atraer la atención, sino también comunicar la esencia de la película de manera eficaz.

REFERENCIAS.

1. Brenez, N. (2021). Cine de vanguardia: instrucciones de uso. Editorial ebooks Patagonia - Ediciones Metales Pesados.
2. Castro Tirado, M. Á. (2016). Composición de textos en productos gráficos: UF1460. IC Editorial.
3. Chandler, D. (1998). Semiótica para principiantes. Ediciones Abya-Yala.
4. Conde, J. A. (Il.), Grodal, T. & Buckland, W. (2019). Semióticas del cine y del audiovisual: nuevas tendencias. Editorial Utadeo.
5. Lupton, E. & Phillips, J. C. (2016). Diseño gráfico: nuevos fundamentos. Editorial GG.
6. Pozo Puértolas, R. (2015). La comunicación técnica entre el proceso de diseño y la producción gráfica. AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación.
7. Valle Ledesma, M. D. (2011). Comunicación para diseñadores. Editorial Nobuko.
8. Vitale, A. (2020). El estudio de los signos: Peirce y Saussure: (ed.). Eudeba.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424111**

DETRÁS DEL AULA: REFLEXIONES Y PENSAMIENTOS DE LOS PROFESORES EN PSICOLOGÍA

Cesar Gonzalez Chavez[1], Edith Jimenez Rios[2]
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1828017c@umich.mx
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; edith.jimenez@umich.mx

Palabras Clave: Identidad docente, Pensamiento del profesorado, Reflexión docente.

RESUMEN. La enseñanza es una tarea compleja que requiere formación pedagógica constante, por lo que es importante reconocer la docencia como un proceso reflexivo dentro y fuera del aula. El objetivo general de este estudio es conocer la percepción que tienen los profesores de psicología sobre su práctica docente. Para ello, se llevó a cabo un estudio descriptivo en el que se aplicó un cuestionario a 49 profesores, con el fin de recabar sus opiniones sobre su ejercicio docente. El análisis de la información obtenida en los cuestionarios se apoya en un enfoque cualitativo, basado en categorías derivadas para cada pregunta. Las dimensiones obtenidas fueron las siguientes: función docente, experiencia en la docencia, gusto por la docencia, y percepción sobre la enseñanza y el aprendizaje. Los resultados muestran que los profesores consideran que su función docente es más que solo enseñar, ya que se ven inmersos en diversos procesos como planear clases, calificar y retroalimentar a los estudiantes, además de ser mediadores entre el conocimiento y la ética, así como el desarrollo de diversas competencias. La decisión de ser docentes se ve influenciada fuertemente por la historia personal y que disfrutan su que hacer al fomentar prácticas reflexivas sobre el conocimiento y contribuir al desarrollo integral de sus estudiantes. Los profesores expresaron experimentar frustración debido a la falta de recursos cognitivos y económicos de los estudiantes, problemas en su explicación así como los trámites burocráticos y administrativos que deben atender. Asimismo, señalaron que los estudiantes son personas capaces e interesadas en su educación, aunque también pueden ser procrastinadoras, conformistas e irresponsables. En conclusión, un buen docente es aquel que comparte su conocimiento, motiva a sus estudiantes a seguir aprendiendo y sobre todo que no se limita a sus funciones académicas y se preocupa por sus estudiantes, sus necesidades y su contexto.

INTRODUCCIÓN. La labor docente está configurada por diversos elementos como las concepciones personales, la identidad docente, las estrategias de enseñanza y las emociones. Comprender lo que piensa el profesor sobre su práctica es crucial, ya que su estilo de enseñanza y las innovaciones en el aula están influenciados por su percepción de su quehacer. La docencia es una actividad compleja y multidimensional, donde los docentes, según Zabalza (2013), cuentan con un repertorio de tareas profesionales que construyen su identidad en la práctica, enfrentando incertidumbres, satisfacciones y frustraciones en un contexto de desarrollo específico (Vaillant, 2007). Este estudio investiga la percepción de los docentes sobre su práctica educativa, que incluye la interacción con los alumnos y un proceso investigativo y de intervención pedagógica (García-Cabrero,

Loredo y Carranza, 2008). Ser docente hoy en día requiere compromiso, ética y actualización, y la identidad docente se construye en la práctica cotidiana, influenciada por la historia personal y profesional del docente. Muchos profesores universitarios carecen de formación profesional en docencia, aplicando estrategias técnicas de enseñanza y evaluación sin lograr que los alumnos aprendan efectivamente, manteniendo un modelo pedagógico tradicional. La identidad docente de acuerdo con Cantón y Tardif (2018, p. 43) es “el conjunto de rasgos diferenciadores de un individuo o grupo”, en el que existen diversos tipos de interacción en la cotidianidad de la profesión, la cuales, permiten configurar la identidad docente; la cual va recuperando visibilidad y espacio al analizarse en sus distintas facetas”. Vives et al. (2023) señalan que estos elementos conforman un estilo de docencia personal que refleja cómo los profesores viven y aprecian su labor.

ANTECEDENTES. Ramírez
OBJETIVOS. El objetivo de esta investigación es analizar la percepción que tienen los docentes de psicología sobre su práctica educativa. Para ello se aplicó el cuestionario "yo mismo como profesor", elaborado por Díaz-Barriga y Hernández (2010).

MATERIALES Y MÉTODOS. El estudio fue realizado con una metodología cualitativa y un diseño descriptivo, participaron 49 profesores de la carrera de psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, de los cuales 37 son mujeres y 12 hombres, con un promedio de edad de 45 años y una experiencia docente promedio de 21 años. Se aplicó el cuestionario “Yo mismo como profesor” de Díaz-Barriga y Hernández (2010), que consta de 6 afirmaciones para conocer la percepción de los docentes sobre su práctica educativa, abarcando aspectos como la función docente, el gusto por la docencia, las dificultades y fortalezas en la enseñanza, y la idea que tienen de los estudiantes. Las respuestas se analizaron mediante análisis de contenido, derivando categorías como función docente, experiencia en la docencia, gusto por la docencia, y percepción sobre la enseñanza y el aprendizaje.

RESULTADOS. Los hallazgos sobre la percepción que tienen los docentes se ubican dentro de cada categoría, en las que se describen las opiniones a partir de una compilación de las respuestas textuales de los profesores..."que ilustran el pensamiento y reflexión de los profesores sobre su práctica educativa: La función fundamental de un docente va más allá de la enseñanza, involucrando procesos cómo planear clases, calificar, retroalimentar a los estudiantes y mediar entre el conocimiento y la ética, así como desarrollar diversas competencias. El 26% de los docentes consideran que su principal función es promover el aprendizaje de los estudiantes en un entorno organizado y cálido con objetivos específicos y estrategias claras. La decisión de ser docente se construye a partir de la historia laboral y personal, y muchos se sienten identificados con su institución, encontrando satisfacción en su labor. La mayoría de los profesores (44.9%) creen que una actividad básica es acompañar y contribuir al desarrollo del estudiante, promoviendo el pensamiento crítico y reflexivo sobre los fundamentos teóricos de la psicología y sus aplicaciones en la sociedad. Un grupo de profesores (26.5%) opina que su función es transmitir y compartir conocimientos, promoviendo también las relaciones humanas entre los estudiantes. Aunque algunos tienen un enfoque tradicional, buscan que los saberes aprendidos contribuyan al desarrollo de habilidades y aptitudes para una práctica ética de la psicología. La docencia implica impartir cátedra y, mediante un proceso formativo, puede cambiar la

idea de que enseñar no es solo transmitir, sino compartir saberes y generar ambientes propicios para aprender a aprender. La experiencia en la docencia abarca tanto la satisfacción como la frustración que los profesores han tenido en esta tarea. El 53.1% de los docentes experimentan agrado al apoyar a sus estudiantes y contribuir a su desarrollo integral, percibiendo su enseñanza como una oportunidad para contribuir al aprendizaje, acompañar a los jóvenes en su crecimiento integral y fomentar el intercambio de conocimientos. Sin embargo, el 38.8% de los profesores señalan que la apatía y desinterés de los estudiantes, así como la falta de reconocimiento del esfuerzo docente, son fuentes de frustración. Estas experiencias reflejan que, aunque el aprendizaje de los estudiantes es una motivación principal, las frustraciones pueden impulsar la creación de nuevas formas de enseñanza y la implementación de estrategias innovadoras. Reconociendo que algunas causas de malestar no dependen de ellos, los docentes pueden utilizar estas reflexiones para caracterizar su práctica y orientar programas de formación que consideren sus motivaciones, emociones y formas de enfrentar situaciones adversas en el ámbito laboral y personal.

Un aspecto fundamental del pensamiento docente es la percepción que tienen sobre la enseñanza y el aprendizaje. El 77.6% de los profesores considera que los estudiantes son capaces de hacer grandes cosas, motivables, interesados en su crecimiento personal y profesional, y dispuestos a adquirir conocimientos, habilidades y valores, mientras que un 8.2% los percibe como ingeniosos, creativos y participativos, aunque poco involucrados con la carrera, pero dispuestos a descubrir su potencial; por otro lado, el 14.3% señala que los alumnos suelen ser conformistas, procrastinadores e irresponsables, difíciles de complacer y sin iniciativa propia para aprender. En modelos educativos centrados en el aprendizaje, es crucial reconocer al estudiante como un sujeto psicológico capaz de análisis crítico y responsable de su propio aprendizaje. Los profesores consideran a los estudiantes como personas capaces e interesadas en su educación, lo que fortalece la función docente y permite al profesor reconocerse como autoeficaz, emitiendo juicios sobre su capacidad para hacer que los estudiantes aprendan y asumiendo el rol de guía, orientador y formador de sus estudiantes (Prieto, 2017). La percepción de la enseñanza que tienen los docentes está relacionada con su reflexión sobre el estudiante como el otro actor del proceso educativo. Según los participantes, un buen profesor es aquel que no se limita a sus funciones escolares, sino que se preocupa por las necesidades y contexto de sus estudiantes, transmitiendo tanto conocimiento como valores (61.2%); además, un 20.4% considera que un buen docente es quien motiva para aprender y enseña a los estudiantes a utilizar y adaptar el conocimiento adquirido, actualizándose constantemente en técnicas pedagógicas, y un 18.4% opina que un buen docente genera interés en los estudiantes, compartiendo experiencias y fomentando la reflexión crítica y creatividad en un aula dinámica. En resumen, la docencia es un conjunto de hábitos desarrollados en el espacio de trabajo, definiendo en gran medida la identidad personal (Olave, 2020). La identidad docente es un proceso de transformación continua que incluye la relación entre teoría y práctica y el vínculo entre conocimiento y acción, permitiendo adoptar un estilo docente con prácticas educativas variadas y complejas.

CONCLUSIONES. Aunque los docentes consideran que su labor requiere formación y actualización constante, reconocen que los centros de trabajo, la interacción con los pares, resolver dificultades en el aula y analizar su desempeño docente son elementos legítimos

que profesionalizan su labor. Al respecto, parafraseando a Olave (2020) la identifica profesional docente se conforma a partir de la relación social, cultural, histórica, emocional, afectiva, familiar y escolar en que están inmersos los profesores. Es decir, que la identidad se enmarca en "la memoria y las relaciones intersubjetivas que experimenta el individuo en su entorno y vida cotidiana" (p. 388). Un buen docente es aquel que comparte, motiva a sus estudiantes a seguir aprendiendo y se preocupa por ellos, reconociendo sus cualidades, necesidades y contexto, lo que le permite saber qué puede ofrecer en las aulas. En la educación superior, los profesores se autoperciben como personas con vocación, identidad, compromiso y ética, lo cual se refleja en su opinión sobre los estudiantes y en la confianza en su propio desempeño. Los profesores tienen claro que una función esencial es tomar en cuenta al estudiante, articulando su práctica en el aula con la realidad social, con el cometido institucional de formar personas que puedan ejercer una profesión con responsabilidad social, valores y calidad técnica y científica.

REFERENCIAS.

1. Cantón, I. y Tardif, M. (2018). Identidad profesional docente. Narcea.
2. Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2010). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. McGraw Hill.
3. García-Cabrero, B., Loredo, J. y Carranza, G. (2008). Análisis de la práctica educativa de los docentes: pensamiento, interacción y reflexión. Revista electrónica de investigación educativa, 10, 1-15. https://www.redalyc.org/pdf/155/15511127006.pdf
4. Olave, S. (2020). Revisión del concepto de identidad profesional docente. Revista Innova Educación 2(3) 378-393 http://revistainnovaeducacion.com/index.php/rie/article/view/3
5. Vaillant, D. (2007). La identidad docente. I Congreso internacional "Nuevas tendencias en la formación permanente del profesorado". PREAL. Barcelona.
6. Vives, T. et al. (2023) Identidad docente: entre miradas teóricas, contextos y prácticas. Universidad Nacional Autónoma de México.
7. Zabalza, M. (2013). La formación del profesorado universitario. Revista de Docencia Universitaria. 11(3), 11-14. https://doi.org/10.4995/redu.2013.5515

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424113

LA PREVALENCIA DE LA ADICCIÓN A REDES SOCIALES DE LOS ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DE MORELIA, MICHOACÁN

Abril Alessandra Méndez Salgado[1], Marco Jiménez López[2], Morelia Yuritzi Rangel Hernández[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209550q@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209739a@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1826025j@umich.mx

Palabras Clave: redes sociales, adicción, adolescentes, bachillerato.

RESUMEN. La adicción a redes sociales es un problema en aumento entre los adolescentes, quienes, debido a su constante exposición a estas plataformas, son especialmente vulnerables. Esta investigación se enfoca en los estudiantes de bachillerato de Morelia, Michoacán, con el objetivo de identificar la prevalencia de esta adicción y explorar cómo el contexto de los adolescentes influye en esta problemática. El estudio empleó una metodología cuantitativa con una muestra de 200 estudiantes de la Preparatoria “José Ma. Morelos y Pavón” de Morelia, con edades entre 15 y 23 años. Los datos se recopilaron mediante la Escala de Adicción a las Redes Sociales para Estudiantes (SMAS-SF), adaptada para la población mexicana. Los resultados mostraron que un porcentaje significativo de los estudiantes presenta signos de adicción a las redes sociales, a menudo sin ser conscientes de los riesgos, además, se concluyó que factores como la calidad de las relaciones familiares, la supervisión parental y el acceso a dispositivos electrónicos juegan un papel fundamental en esta prevalencia. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar planes de prevención, incluyendo programas educativos que enseñen a los adolescentes a gestionar su tiempo en redes sociales de manera efectiva y a los padres sobre su papel en la regulación del uso de estas plataformas.

INTRODUCCIÓN. En los últimos años los avances constantes en materia de lo digital, han redefinido cada aspecto de la vida cotidiana, y en gran parte, el corazón de este desarrollo se encuentra en las redes sociales. Estas se definen como un servicio que permite a los individuos construir un perfil público y articular una lista de otros usuarios con los que comparten una conexión (Boyd & Ellison, 2007, como se citó en Flores et al., 2009)
Las redes sociales han evolucionado hasta convertirse en un aspecto básico del día a día, lo cual ha traído el silencioso pero latente problema del desarrollo de una adicción hacia estos medios digitales de comunicación. La adicción a redes sociales puede ser definida como:
un uso excesivo asociado a una pérdida de control, aparecen síntomas de abstinencia (ansiedad, depresión, irritabilidad) ante la imposibilidad temporal de acceder a redes sociales, se establece la tolerancia, es decir, la necesidad creciente de aumentar el tiempo de conexión para sentirse satisfecho y se producen repercusiones negativas en la vida cotidiana. (Echeburúa & Corral, 2010, p.93)

Esta adicción afecta seriamente la salud y bienestar de quienes la padecen, pudiendo causar aislamiento social, problemas de sueño, falta de privacidad o un impacto negativo en la autoestima (Alarcón, 2021).
Nadie se encuentra exento de presentar una adicción a las redes, pero son los adolescentes el grupo de mayor interés, ya que, citando a Cabero et al. (2020) “la adicción se alimenta de las características de inmadurez física y psicológica de los jóvenes y adolescentes, así como del fuerte consumo que hacen de ellas” (p.5). Es a partir de todo lo anterior que se insiste en abordar esta problemática a partir de la población más sintomáticamente significativa, los adolescentes, especialmente aquellos que viven en Morelia al constituir un contexto de interés, poco explorado en las investigaciones actuales.

ANTECEDENTES. En primera instancia, Valencia et al. (2021) realizaron un estudio basado en una metodología cuantitativa donde participaron 17,600 estudiantes y 1,480 docentes de nivel preparatoria en México, los principales hallazgos fueron que los adolescentes no se dan cuenta del uso real que hacen de las redes sociales, únicamente el 46.82% de los estudiantes que formaron parte de la muestra, mencionaron permanecer conectados más de lo que deberían, mientras que 1,100 docentes reconocen en sus estudiantes un uso excesivo y problemático de las redes sociales. En segunda instancia, Amador (2021) siguió una metodología de carácter cuantitativo en una muestra de 539 estudiantes universitarios de México, en la cual se encontró que existe una fuerte relación entre las conductas adictivas en el uso de redes sociales y un mal rendimiento académico asociado a la reprobación. En tercera instancia, Valencia et al. (2020) concluyeron que la edad es un factor determinante en la adicción a redes sociales, ya que, entre más joven es el usuario, menos capacidad de autorregulación posee, así como menos habilidades para la gestión del tiempo, esto debido a las características propias de la inmadurez cognitiva de las edades más jóvenes y la falta de experiencia típica de esas edades. En cuarta instancia, en sus hallazgos, Montes-Vozmediano et al. (2020) destacan el papel de los padres mencionando como en la mayoría de los casos, ellos son quienes otorgan el permiso para que sus hijos abran sus perfiles en redes sociales, y aunque es común que monitoreen lo que hacen y regulen el tiempo que pasan conectados; muchos suelen dejar a sus hijos un uso libre, pero son precisamente esta falta de límites o pautas no fijas, lo que da pie a que se genere una adicción.

OBJETIVOS. Identificar la prevalencia de la Adicción a Redes Sociales de los estudiantes de bachillerato en Morelia, Michoacán

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Describir los datos sociodemográficos de los estudiantes de bachillerato en Morelia, Michoacán. Establecer el nivel general de la Adicción a Redes Sociales de los estudiantes de bachillerato. Determinar la correlación que existe entre la adicción a redes sociales y los datos sociodemográficos.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente investigación cuenta con una metodología cuantitativa, con un diseño no experimental, un alcance descriptivo-correlacional y un corte transversal. Para la recolección de los datos se usó un muestreo no probabilístico seleccionado por conveniencia. La muestra fue conformada por 200 alumnos inscritos en la Preparatoria “José Ma. Morelos y Pavón” de Morelia, Michoacán, los participantes se

encontraban entre los 15 y 23 años, y se procuró que la muestra se dividiera lo más equitativamente posible entre los tres grados escolares en curso.

Para la obtención de datos se usó el instrumento Escala de adicción a las redes sociales para estudiantes (SMAS-SF) de Sahin, adaptada por Valencia y Cabero (2019) para población mexicana: Se encuentra conformada por 26 reactivos tipo Likert divididos en cuatro factores: problemas, satisfacción por estar conectado a las redes sociales, obsesión por estar informado y necesidad de estar conectado. Para la interpretación de los datos se consideraron las siguientes puntuaciones: 26-46 puntos (adicción muy baja), 47-67 puntos (adicción baja), 68-88 puntos (adicción regular), 89-109 puntos (adicción alta) y 110-130 puntos (adicción muy alta).

Para el análisis de la información se usó el programa SPSS, versión 20.

RESULTADOS. Con base en la información proporcionada por los 200 estudiantes de bachillerato se encontró que 53.5% de la muestra son hombres, 44% son mujeres y el resto se identifica como otro, mismos que tienen una edad que oscila entre los 15 y 23 años, de ellos 96% residen en la ciudad de Morelia. A través de los datos descriptivos se observa también que 51% tienen un promedio de 8, que 1 de cada 2 participantes viven con ambos padres, 39% son hermanos mayores y 41% tienen una relación buena con su familia inmediata. Aunado a lo anterior, se encontró que el 29% pasa cuatro horas en redes sociales; solo un participante no tiene celular, 34% manifiesta que tuvo su primer teléfono a los 12 años. Las redes sociales más utilizadas son WhatsApp e Instagram (97.5% y 91% de la muestra, respectivamente), el 52% tiene entre 0 y 200 seguidores en alguna red social y el 34.5% duerme ocho horas diarias, la mitad de la muestra describió su círculo social como “ni amplio ni reducido” y el 64% hace alguna actividad aparte de la escuela.

Siguiendo esta línea, en la Fig. 1 se presenta la información encontrada respecto al grado de adicción a redes sociales de los estudiantes de bachillerato, donde el 19.5% presenta adicción muy baja, el 49.5% adicción baja, el 26.5% adicción regular (considerada como normal) y el 4.5% presenta adicción alta.

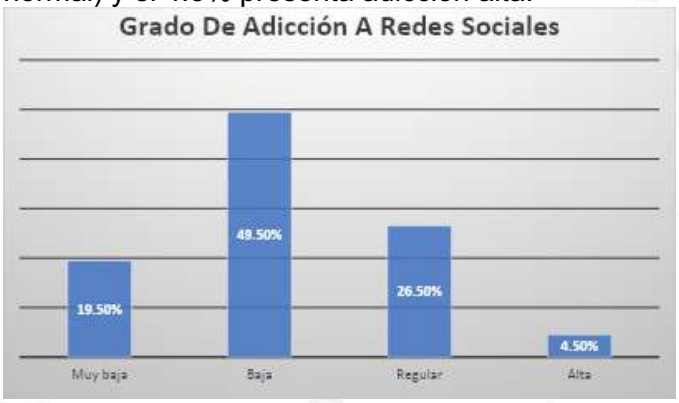


Figura 1. Grado de adicción a las redes sociales de los participantes.

Respecto al último objetivo de la indagación se realizaron una serie de pruebas para determinar la relación de la variable de estudio con los datos sociodemográficos. En dichas pruebas se encontró que la adicción a redes sociales se relaciona de manera directamente proporcional baja con el promedio de horas que pasan en redes sociales [*Rho* (200) = .348, $p < 0.05$], el promedio de publicaciones diarias se relaciona de manera directamente proporcional muy baja [*Rho* (200) = .*211*, $p < 0,05$], al igual que la cantidad de redes sociales que se usan [*Rho* (200) = .152, $p < 0.05$] y la calidad de la relación afectiva con la familia

inmediata [*Rho* (200) = .212, $p < 0.05$]. Asimismo, se encontró dependencia entre la adicción a redes sociales con la ocupación del padre [X^2 (276) = 319.607, $p < 0.05$] (Tabla 1).

La adicción a las redes sociales	**Prueba**	**Valor de prueba**	***P***
Promedio de horas que pasas en redes sociales	Rho de Spearman	.348	.000*
Promedio de publicaciones diarias		.211	.003*
Número de redes sociales que utiliza		.152	.032*
Calidad de la relación afectiva con la familia inmediata		.212	.003*
Ocupación del padre	Chi cuadrada	319.607	.036*

Tabla 1. *Relación de la adicción a redes sociales con las variables sociodemográficas significativas.*

CONCLUSIONES. A través de una investigación exhaustiva, se han abordado diversos aspectos relacionados con el uso excesivo de redes sociales, las características de la adicción y su impacto en la salud y el bienestar de los adolescentes. Los hallazgos más importantes indican que una proporción significativa de estudiantes presenta síntomas de esta adicción. Las implicaciones de estos resultados son significativas al señalar como afecta al rendimiento académico de los adolescentes, y las posibles consecuencias negativas para su salud mental y bienestar general, esto resalta la necesidad de desarrollar estrategias educativas y de intervención que promuevan un uso saludable y equilibrado de las redes sociales entre los jóvenes.

Este estudio, al centrarse en un contexto específico como el de Morelia, proporciona datos locales que pueden ser útiles para la formulación de políticas y programas de intervención dirigidos a esta población particular. A pesar de ellos, una de las principales limitaciones del estudio es precisamente el enfoque en una sola localidad, lo que puede limitar la generalización de los resultados a otras regiones. Para futuras investigaciones, se recomienda realizar estudios que puedan evaluar los efectos a largo plazo del uso de redes sociales, e incluir una muestra más diversa que permita comparar entre diferentes contextos.

Para finalizar, solo queda decir que la adicción a las redes sociales es una problemática emergente que merece atención, es crucial que padres y educadores tomen medidas para educar y proteger a los jóvenes, asegurando que puedan beneficiarse de las ventajas de la tecnología sin caer en sus posibles peligros. La prevención y la intervención temprana son claves para construir un futuro donde las redes sociales sean herramientas de desarrollo y no de detrimento.

REFERENCIAS.

1. Alarcón, N., Bautista, N., Jaimes, M., & Uribe, M. M. C. (2021). Dependencia a Redes Sociales (RRSS) y relaciones Interpersonales Presenciales [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC. https://repository.ucc.edu.co/items/dce475b1-d11a-4805-a721-45bc0159eb8c
2. Amador, C. M. (2021). Influencia de la adicción a las redes sociales en la reprobación escolar de estudiantes de nivel licenciatura. CienciaUAT, 16(1), 62-72. https://orcid.org/0000-0001-6654-8448
3. Cabero, J., Martínez Pérez, S., Valencia Ortiz, R., Leiva Núñez, J. P., Orellana Hernández, M. L., & Harvey López, I. C. (2020). La adicción de los estudiantes a las redes sociales on-line: un estudio en el contexto latinoamericano. Revista Complutense de Educación, 31 (1), 1-12. https://doi.org/0.5209/rced.61722.
4. Echeburúa, E. & Corral, P. (2010). Adicción a las nuevas tecnologías y a las redes sociales en jóvenes: un nuevo reto. Revista Adicciones, 22(2), 91-96. https://www.adicciones.es/index.php/adicciones/article/view/196/186

5. Flores Cueto, J. J., Morán Corzo, J. J., & Rodríguez Vila, J. J. (2009). Las redes sociales. Universidad de San Martín de Porres, 3(1), 1-15. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w23969w/Redes_sociales.pdf
6. Montes-Vozmediano, M., Pastor Ruiz, Y., Martín-Nieto, R., & Atuesta Reyes, J. D. (2020). Smartphone y redes sociales: una aproximación a los usos, vulnerabilidades y riesgos durante la adolescencia en España y Colombia. Revista Espacios, 41(48), 44-59. https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n48p04
7. Valencia Ortiz, R., & Cabero Almenara, J. (2019). La adicción a las redes sociales: validación de un instrumento en el contexto mexicano. http://repositoriorscj.dyndns.org:8080/xmlui/handle/PSCJ/1449
8. Valencia-Ortiz, R., Cabero-Almenara, J., & Garay, U. (2020). Modalidad de estudio, presencial o en línea, y la adicción a las redes sociales virtuales. Edutec Revista electrónica de tecnología educativa, 7(2), 1-16. https://doi.org/10.21556/edutec.2020.72.1649
9. Valencia, R., Cabero, A., Garay, U. & Fernández, B. (2021). Problemática de estudio e investigación de la adicción a las redes sociales online en jóvenes y adolescentes. Tecnología, Ciencia y Educación, 18(1), 99-125. https://pkpadmin-4-valenciacaberogarayfdez-ei-rtce18-ene-abr2021

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424114

IMPACTO DEL MITO DEL AMOR ROMÁNTICO EN LA CONFIGURACIÓN DE LAS RELACIONES DE NOVIAZGO DE UNIVERSITARIOS

Dennis Araceli Villa Gutierrez*[1]*, David Velázquez González, Rocio Mireya Herrera Ayala, Aurora Monserrat Acosta Olivo, Yajaira Saraí Orozco Ramírez

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2109050k@umich.mx, 1577651e@umich.mx, 2108900b@umich.mx, 2109150c@umich.mx, 2108930j@umich.mx

Palabras Clave: Mito del amor romántico, elección de pareja, Jóvenes.

RESUMEN. La mayoría de las relaciones actuales se ven afectadas por la persistencia de los estereotipos del siglo XX y los llamados Mitos del Amor Romántico, los cuales asignan roles rígidos y crean expectativas irreales sobre el amor y las relaciones de pareja. Estas creencias idealizadas dificultan la formación de relaciones saludables y pueden llevar a la normalización de comportamientos abusivos. Es esencial entender cómo estos mitos impactan en la elección de pareja entre los jóvenes universitarios. Esta investigación busca no solo identificar las creencias sobre el amor romántico entre los jóvenes, sino también entender por qué persisten estos mitos. Además, se propone explorar cómo estas creencias afectan la elección de pareja y la dinámica de las relaciones de noviazgo de los universitarios. Para ello se optó por realizar la investigación con un método cualitativo y bajo un enfoque fenomenológico, a través de la entrevista semiestructurada como método de recolección de datos, en donde participaron 3 hombres y 3 mujeres de la Facultad de Psicología (UMSNH) con un rango de edad de 19 a 25 años. La técnica de análisis de información fue a través del análisis del contenido. Se encontró que los jóvenes universitarios valoran características como el respeto, la honestidad, la confianza y la comunicación en sus relaciones, y rechazan comportamientos como los celos y la deslealtad. También se observó una diferencia de género en la forma en que se vive el amor. A pesar de la persistencia de algunos mitos, muchos jóvenes muestran una comprensión más realista del amor y buscan relaciones más saludables. Esta investigación subraya la importancia de comprender estos temas desde la Psicología para proponer a los jóvenes recursos personales para con éstos desarrollar relaciones de pareja más sanas.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, se ha visto que la mayoría de las relaciones no son sanas o estables, pero, ¿a qué se debe que sea así? “En las narrativas actuales se replica una imagen ideal de la relación de pareja basada en creencias estereotipadas acerca del amor; en las que se le asignan roles rígidos a cada uno de los integrantes de la pareja” (Galicia, et al, 2019).

La mayoría conocemos o tenemos a algún amigo el cual ha tenido distintos problemas con distintas parejas, ¿por qué será que esto sucede?, es importante mencionar que el autor utiliza la abreviación MAR para hacer referencia a los mitos del amor romántico, ahora bien, de acuerdo con Galicia et al (2019):

En muchas ocasiones, las creencias e imágenes idealizadas con relación al amor (estos MAR) dificultan el establecimiento de relaciones sanas y por ende provocan la aceptación, normalización y tolerancia de comportamientos claramente abusivos y ofensivos. Considerar como verdadero algún MAR, conlleva al individuo a una forma en particular de relacionarse con su pareja (p. 24).
Cabe mencionar que el autor es el que usa “MAR” para hacer referencia a los mitos del amor romántico.
Sin embargo, esta no es la única razón existente sobre la difusión del mito, otro factor que es también muy influyente en los jóvenes, son los medios de comunicación, tales como la televisión, la radio, redes sociales, revistas, etc.

ANTECEDENTES. Ahora bien, según la síntesis realizada por Ruiz (2016) de los trabajos realizados por Yela (2003), Ferrer et al. (2010), Luzón (2011) y Bosch et al. (2013) existen distintos mitos que rodean el amor romántico, de los cuáles se seleccionaron los que se mencionan a continuación debido a fines de la presente investigación:

- Mito de la media naranja
- Mito de la fidelidad y exclusividad
- Mito de los celos
- Mito del amor verdadero lo perdona y lo aguanta todo

Sumado a estos para el beneficio de la investigación se decidió agregar otros dos mitos más para poder obtener resultados más sólidos, los mitos en cuestión son:

- Mito del hilo rojo
- Mito de la prueba de amor

La mitificación del amor romántico, como en los mitos antes mencionados, tienden a que las relaciones de pareja se permean de violencia y toxicidad, mayormente se aprecia en las parejas adolescentes, sin embargo, en la adultez no se está exento de caer en este tipo de relaciones.
Con todo lo anterior presente, en esta investigación queremos abarcar sobre cómo impacta el mito de amor romántico al elegir pareja en los jóvenes, haciendo principal énfasis en los jóvenes universitarios, los cuales quizá no son la población que más interactúa con dicho mito, pero siguen siendo una población que se encuentra expuesta a este.

OBJETIVOS. Conocer las características del mito del amor romántico y cómo impactan al elegir pareja en universitarios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Descubrir las características principales de la pareja ideal en los jóvenes universitarios. Conocer si con el paso del tiempo el amor se va modificando y de qué manera. Identificar si en la elección de pareja se siguen patrones físicos y emocionales. Encontrar las diferencias y semejanzas sobre la percepción del mito del amor romántico en hombres y mujeres. Conocer las distintas creencias y el origen que rodean al amor romántico. Identificar los principales factores contextuales que impactan en las creencias del mito del amor romántico.

MATERIALES Y MÉTODOS.

- El instrumento de recolección de datos usado fue una guía de entrevista semiestructurada conformada por 17 ítems.

- Celular, el cual nos permitió grabar la entrevista y tener evidencia del consentimiento informado.
- Al momento de la transcripción se requirió el uso de la página “Google Pinpoint” (aunque para algunas entrevistas no fue necesario).
    - Se optó por realizar una investigación de tipo cualitativa con enfoque fenomenológico considerando que Fuster, D. (2019) menciona que “el enfoque fenomenológico de investigación surge como una respuesta al radicalismo de lo objetivable. Se fundamenta en el estudio de las experiencias de vida, respecto de un suceso, desde la perspectiva del sujeto” (p. 202), por esta razón se determinó que dicho enfoque era la mejor opción para la investigación.
    - Para la investigación se tomaron en cuenta a participantes dentro del rango de edad de entre 19 a 25 años, de los cuales la mitad eran mujeres y la otra mitad hombres, todos estudiantes de la Facultad de Psicología perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
    - En cuanto al procesamiento de los datos se utilizó el método de análisis del contenido, el cual según las autoras Schettini y Cortazzo (2015) es "analizar el material textual de forma clásica para las ciencias sociales. A través de la inducción analítica pretende describir las categorías relacionadas al tema de investigación" (p. 45). Es debido a su practicidad que elegimos dicho método para el análisis de nuestro tema.

RESULTADOS. Se pudo deducir que los sujetos entrevistados tienen una idea más clara sobre las relaciones amorosas y sobre lo que buscan en una persona, lo contrario a nuestro supuesto, en donde se esperaba encontrar que más ideas sobre el mito del amor estuvieran vinculadas a sus ideales al momento de decidir formar una relación. El mito del amor romántico se encontró en una menor medida de lo esperado en las relaciones actuales, en donde el objetivo es buscar lazos de convivencia más sanos sin experimentar la toxicidad de una relación.

Contrario a lo que nos menciona Galicia et al., (2019):casi siempre los integrantes de la pareja se sobreponen a/y soportan cualquier dificultad con la idea de vivir felices para siempre como pareja lo que es una de las idealizaciones o estereotipos a las que se les ha denominado Mitos del Amor Romántico (MAR). (p. 23)

Dichas idealizaciones ya no se tienen tan introyectadas como lo estaban probablemente antes, ya que de acuerdo a las entrevistas se puede observar cómo lo jóvenes están conscientes de que no todo es perfecto en una relación por lo tanto pueden existir momentos agradables y desagradables y esto no significa que esté mal, si no que, se puede beneficiar al crecimiento de la pareja para que la relación tenga un mayor funcionamiento. Y ahora ya no solo se trata de idealizar al otro, más bien, compartir tu vida con el otro. Sin embargo, a pesar de que se menciona que ya no están introyectadas estas idealizaciones, aún encontramos a algunos participantes que consideran algunos aspectos del mito como constructo de su amor.

Además, se encontró que la mayoría de los participantes consideran que el amor va cambiando con el tiempo, ya que se va adaptando de acuerdo con las necesidades y a las decisiones de la pareja. En la actualidad ya no romantizan o ven las discusiones como algo

que perjudica a la relación, al contrario, lo ven como una oportunidad de mejorar en su relación.
Se pudo identificar que las personas no se quedan únicamente con las creencias que se aprenden gracias a la cultura, debido a que las ideas se han ido modificando y ya no están siendo transgeneracionales, sino que ahora se elige personal e independientemente de lo que se aprendió en la crianza y en la sociedad, dando apertura a nuevas formas de percibir el amor en una relación de pareja. No obstante, aún se percibe que la sociedad sigue influyendo en la manera en cómo se viven el amor entre hombres y mujeres, por todos los estereotipos que existen.

CONCLUSIONES. Concluyendo con la presente investigación, destacamos que en la actualidad los jóvenes no se ven tan afectados o perjudicados por todos estos mitos al elegir pareja, ya que a raíz de sus experiencias pasadas han identificado lo que buscan en una relación de pareja, teniendo en cuenta las características que les agradan, desagradan y las que estarían dispuestas a aceptar de una persona, los jóvenes destacan elementos que ya no están basados en la fantasía, sino en la realidad, buscando particularidades más concisas y emocionales, dejando un poco de lado los aspectos físicos.
Respecto a las limitaciones que se presentaron durante la realización de la investigación es necesario mencionar que, hubo cierta resistencia por parte de algunos participantes al realizar la entrevista, siendo necesaria la intervención continua tanto del entrevistador como del observador para poder obtener la información necesaria, se sugiere realizar una revisión de la guía de entrevista; ahora bien para el análisis de la información recabada, el instrumento no permitió obtener información de manera estricta y específica, debido a esto, en distintos ítems se obtuvo información perteneciente a distintas categorías, sin embargo, se pudo ejecutar un buen contenido de la información. No obstante, dicha información se obtuvo considerando a un entorno urbano, por lo tanto, se recomienda para investigaciones futuras considerar un entorno rural, en donde posteriormente se pueda realizar una comparativa para poder identificar si el contexto sociocultural influye en la adquisición de los mitos del amor romántico en los jóvenes.
Es importante tratar este tema desde la Psicología, ya que la presente investigación fue enfocada en adultos emergentes y es de nuestro interés que tengan la información necesaria para que al momento en que ellos se encuentren en una relación, tengan las herramientas para una buena inteligencia emocional y un conocimiento realista, así como también tengan bien definidos los objetivos y metas adecuados en una relación amorosa.

REFERENCIAS.

1. Fuster, D. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. Propósitos y Representaciones, 7(1), 201-229. Doi: http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267
2. Galicia Moyeda, I. X., Robles Ojeda, F. J., Sánchez Velasco, A., & Núñez Luquin, E. W. (2019). Dependencia emocional y Mitos del amor en estudiantes de dos niveles educativos. Revista Iberoamericana de Psicología, 12 (3), 21-32. Obtenido de: https://reviberopsicologia ibero.edu.co/article/view/1637
3. Ruiz Repullo, C. (2016). Los mitos del amor romántico: S.O.S celos. En Mujeres e investigación. Aportaciones interdisciplinares: VI Congreso Universitario Internacional Investigación y Género (625-636), Sevilla: SIEMUS (Seminario Interdisciplinar de Estudios de las Mujeres de la Universidad de Sevilla).
4. Schettini, P., & Cortazzo, I. (2015). Análisis de datos cualitativos en la investigación social: procedimientos y herramientas para la interpretación de información cualitativa (1ª ed.) [E-book]. Editorial de la Universidad de La Plata.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424115

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO NUTRIMENTAL EN TRABAJADORES Y MANIPULADORES DE AGROQUÍMICOS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL, EN MICHOACÁN

Roberto Jared Rincón Díaz, Lucia Matilde Nava-Barrios, Víctor Meza-Carmen[1], Martha Isela Ramírez-Díaz[1], Gerardo Rojas-Díaz[1], José Alberto Chávez-Cervantes1, Rafael Alvarado-Ortiz[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2206038h@umich.mx, victor.meza@umich.mx, rafael.ortiz@umich.mx

Palabras Clave: Diabetes Mellitus, Riesgo Laboral, Agroquímicos.

RESUMEN. Las Unidades de producción agroalimentaria en Michoacán son diversas en lo referente al tamaño de organización y abarcan desde huertas, campos abiertos, campos protegidos (invernaderos y arco-túneles) hasta las empresas de empaque o las casas comercializadoras de agroquímicos, en todas ellas, participan de manera activa, trabajadores que en diversos puntos de la cadena de producción, pueden manipular con diferente tiempo y concentración de exposición agroquímicos, los cuales tiene diversas funciones en la producción agroalimentaria, que van desde Herbicidas, Fungicidas, Acaricidas, Fertilizantes y fitorreguladores, los cuales pueden acarrear un grado diverso de riesgo toxicológico, el cual puede ser atenuado, por las buenas prácticas en el manejo de estas sustancias; las cuales están sustentadas por los manuales de operación respectivos; sin embargo, cada vez en un mercado que está cada vez más interconectado de manera regional, es necesario contar con las herramientas que permitan identificar los riesgos inherentes al actividades laborales las cuales son parte fundamental de las auditorias sociales, como parte de la transparencia de las empresas que participan en los sectores económicos como es el sector agroindustrial en Michoacán el cual es dinámico y sensible a las demandas del mercado internacional que es donde se proyectan productos como el aguacate y los frutillos rojos; donde las empresas comercializadoras a nivel internacional exigen a los productores locales contar este tipo de auditorías sobre el personal que concurre en las actividades laborales y que son sensible en lo referente a manejo de agroquímico y que esto puede ser particularmente agravado por el los hábitos alimenticios que pueden desencadenar enfermedades metabólicas, como la diabetes mellitus de tipo 2 o algunas enfermedades como dislipidemias, la cuales pueden verse complicadas con el manejo de agroquímicos.

INTRODUCCIÓN. Las normas oficiales mexicanas, (NOM), que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, (STPS), cuya finalidad es ayudar a conocer el contenido de tales NOM y los requisitos que se deben cumplir en materia de seguridad y salud en el trabajo y recientemente aborda el bienestar de los trabajadores incluyen la NOM-003-STPS-1999, que se deben tomar en cuenta por todas las personas que realizan actividades agrícolas para prevenir riesgos por la exposición a plaguicidas o fertilizantes, ya sea en su almacenamiento, manejo, transporte, o en la aplicación a los cultivos, cuyo objetivo es Establecer las condiciones de seguridad e higiene para prevenir los riesgos a los que están

expuestos los trabajadores que desarrollan actividades agrícolas de almacenamiento, traslado y manejo de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes y que debe ser congruente en términos del siglo XXI que busca auditar socialmente a las empresas en términos de bienestar como regulados por la Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, Factores de riesgo psicosocial en el trabajo-Identificación, análisis y prevención. Las Normas Oficiales Mexicanas que emite la Secretaría del Trabajo y Previsión Social determinan las condiciones mínimas necesarias en materia de seguridad, salud y medio ambiente de trabajo, a efecto de prevenir accidentes y enfermedades laborales; estas normas oficiales mexicanas deben contener la identificación de riesgos nutricionales, los cuales pueden ser particularmente graves en trabajadores del sector agroindustrial que maneje agroquímicos y que es necesario que se monitoreen los factores alimenticios que pueden concurrir como factor de riesgo con el manejo de agroquímicos y permitan desencadenar el desarrollo o complicación de enfermedades metabólicas como la diabetes mellitus de tipo 2, problemas hepáticos o problemas relacionados con la tiroides, los cuales pueden identificarse de manera precoz a través de pruebas piloto de manera de encuestas y de monitoreo de factores marcadores metabólicos básico en este tipo de trabajador y de esta manera se pueden armonizar, ampliar las NOM-003-STPS-1999 y NOM-035-STPS- 2018, en términos de bienestar de los trabajadores y con el objetivo de cumplir las auditorias sociales a las que se enfrentan las empresas que concurren el sector agroindustrial en el estado de Michoacán de Ocampo y que esta investigación permita sentar la bases para tener estrategias que vigilen e incluyan la salud de los trabajadores del campo, para mantener la competitividad de este sector económico importante para el País.

OBJETIVO. Identificar la sinergia de los factores de riesgo nutrimental y toxicológico en trabajadores manipuladores de agroquímicos en Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. La obesidad se ha convertido en una gran preocupación en todo el mundo, alcanzando proporciones pandémicas en las últimas décadas. Los factores del estilo de vida, como el exceso de ingesta calórica y la disminución de la actividad física, junto con las predisposiciones genéticas, son factores bien conocidos relacionados con la obesidad. Cada vez hay más pruebas que sugieren que la exposición a algunas sustancias químicas ambientales durante períodos críticos del desarrollo puede contribuir al rápido aumento de la incidencia de la obesidad. Los agroquímicos son una clase de sustancias químicas ampliamente utilizadas en la agricultura, que han sido ampliamente detectadas en humanos. En la actualidad existe evidencia considerable que vincula la exposición humana a los agroquímicos con la obesidad. Esta revisión resume la evidencia epidemiológica en humanos y los estudios experimentales en animales que respaldan la asociación entre la exposición a agroquímicos y la obesidad y describe posibles fundamentos mecanicistas de este vínculo (Ren X.M. et al., 2020), para ello se determinarán los siguientes parámetros: Determinar los patrones dietarios y de actividad física los cuales han cambiado drásticamente en las últimas décadas, lo cual ha contribuido al rápido aumento de la prevalencia de obesidad y de sus múltiples complicaciones asociadas (Diet, nutrition and the prevention of chronic World 2003). Entre las más prevalentes se encuentran la resistencia insulínica (RI), dislipidemia e hipertensión arterial, las cuales conforman el así llamado síndrome metabólico (SM). Determinación de concentración de glucosa sérica (método Glucosa-Oxidasa), reactivo especifico spinreact,

(Kaplan A. 1984) Glucose. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1032-1036. Determinación de Concentración de Triglicéridos séricos (Young D. S. 2001). Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001. La Resistencia a Insulina (RI) se considera la principal fuente generadora de disímiles alteraciones, entre las que se encuentran las distintas categorías de prediabetes, las alteraciones lipídicas, sobre todo la hipertrigliceridemia, el aumento de la síntesis de las lipoproteínas de baja densidad (Low density lipoprotein o LDL, por sus siglas en inglés) pequeñas y densas con disminución de las lipoproteínas de baja densidad (Hight colesterol density lipoprotein o HDL colesterol, por sus siglas en inglés). Índice glucosa-triglicéridos como marcador de resistencia a la insulina en pacientes con diagnóstico de hipertensión arterial esencial. (Veit M., et., al., 2022; Yanes Q., et al., 2020). En el contexto de la identificación de factores de riesgo a nivel hepatobiliar en los trabajadores del sector agroindustrial se considera determinar la actividad de las actividades enzimáticas denominadas Transaminasas (Glutamico Oxalacetica TGO, Gluctamico Piruvica TGP), cuando se presenta una elevación significativa de la TGP respecto a la TGO, se refiere a posibles hepatopatías de carácter agudo (cita); no obstante en la elevación de la TGO respecto a la TGP se consideran hepatopatías crónicas o infiltrativas con consecuencias malignas . La enzima Gama Glutamil Transpeptidasa (GGT), en las hepatopatías de daño celular se muestran elevaciones de dos a cinco veces el límite superior de referencia, en cambio cuando existen colestasis intra o extrahepática las elevaciones suelen ser superiores a cinco veces, superando incluso 50 - 100 veces el límite superior de referencia. La determinación de la concentración de Fosfatasa alcalina en suero es un gran indicador de enfermedad hepática de gran sensibilidad, aunque de escasa especificidad, y debido que puede ser de origen hepático o extrahepática, para su distinción es importante determinar otras enzimas como la GGT. Existen dos situaciones en que es útil considerar la actividad enzimática de la Lactacto Deshidrogenasa en enfermedad hepática. 1) La LDH se eleva y se mantiene alta de igual forma que las transaminasas en hepatitis isquémicas. 2) La LDH se eleva junto con la Fosfatasa alcalina en trastornos infiltrativos malignos del hígado. Por lo que las determinaciones bioquímicas y la aplicación de encuestas en los trabajadores serán de vital importancia para establecer las implicaciones del estado nutrimental (Baldwin C., 2021) y de salud de los trabajadores manipuladores de agroquímicos en el sector agroindustrial de Michoacán (Smith B.P. et al., 2020)

RESULTADOS. La identificación de factores de riesgo nutricional en trabajadores manipuladores de agroquímicos permitirá disminuir el desarrollo de enfermedades metabólicas como comorbilidades inherentes al riego toxicológico por el manejo de sustancias químicas de riesgo a la salud.
Meta: La finalidad de la presente propuesta es asegurar la competitividad a través de iniciativas estratégicas, incluyentes y responsables con la salud y bienestar de los trabajadores del sector agroindustrial en Michoacán, respondiendo a la identificación integral de los factores de riesgo que incluyan al nutrimental como punto medular en la prevención al desarrollo de enfermedades metabólicas y toxicológicas en los centros de trabajo e incidir en disminuir la carga económica que representan las enfermedades metabólicas.

CONCLUSIONES. Los resultados preliminares, muestran la interacción sinérgica entre compuestos agroquímicos y los hábitos alimenticios ricos en carbohidratos y altos en

lípidos, como desencadenantes de factores de riesgo de enfermedades, como Diabetes Mellitus de tipo-2, entre trabajadores del sector agroquímico.

REFERENCIAS.

1. Baldwin C, de van der Schueren MA, Kruizenga HM, Weekes CE. Dietary advice with or without oral nutritional supplements for disease-related malnutrition in adults. Cochrane Database Syst Rev. 2021 Dec 21;12(12):CD002008.
2. Diet, nutrition and the prevention of chronic World. Diseases Health Organ Tech Rep Ser, 916 (2003), pp. i-viii 1-149, backcover
3. Kaplan A. Glucose. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto.
4. Princeton 1984; 1032-1036.
5. Ren XM, Kuo Y, Blumberg B. Agrochemicals and obesity. Mol Cell Endocrinol. 2020 Sep 15;515:110926. doi: 10.1016/j.mce.2020.110926. Epub 2020 Jun 30. PMID:
6. 32619583; PMCID: PMC7484009.
7. Smith BP, Auvil LS, Welge M, Bushell CB, Bhargava R, Elango N, Johnson K, Madak- Erdogan Z. Identification of early liver toxicity gene biomarkers using comparative supervised machine learning. Sci Rep. 2020 Nov 5;10(1):19128.
8. Veit M, van Asten R, Olie A, Prinz P. The role of dietary sugars, overweight, and obesity in type 2 diabetes mellitus: a narrative review. Eur J Clin Nutr. 2022 Nov;76(11):1497-1501.
9. Yanes Quesada, Marelys, Cruz Hernández, Jeddu, Cabrera Rode, Eduardo, González Hernández, Obdulio, Calderin Bouza, Raúl, & Yanes Quesada, Miguel Angel. (2020). Índice glucosa-triglicéridos como marcador de resistencia a la insulina en pacientes con diagnóstico de hipertensión arterial esencial. Revista Cubana de Medicina, 59(1), e1327. Epub 01 de marzo de 2020.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424116

CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE RIESGO DE DEPENDENCIA A REDES SOCIALES EN UNIVERSITARIOS

Abril Alessandra Méndez Salgado[1], Vanessa Salune Bravo Alejandre[2], Marco Jiménez López[3], Morelia Yuritzi Rangel Hernández[1]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209550q@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209741d@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209739a@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1826025j@umich.mx

Palabras Clave: Dependencia, redes sociales, universitarios, uso problemático, conducta adictiva

RESUMEN. A pesar de que la dependencia a redes sociales es un problema creciente los instrumentos para evaluarla siguen siendo escasos; por esta razón, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una escala para evaluar el riesgo de presentarla en jóvenes universitarios. Para ello se diseñaron reactivos basados en la literatura existente, que fueron validados y sometidos a métodos que determinaran sus propiedades de medición; dichos análisis dieron como resultado una escala conformada por 19 reactivos distribuidos en cuatro factores: Uso Excesivo, Procrastinación Digital, Phubbing y Satisfacción Personal. Los análisis mostraron que la escala posee una confiabilidad buena con un α =.899 y una adecuada validez del constructo explicada con el 49.570% de la varianza total y un índice de KMO con un valor de .914. Finalmente, la escala demostró ser un instrumento confiable y válido para evaluar el fenómeno en una población universitaria.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, las redes sociales no le son ajenas a nadie. La Rosa (2016) plantea que un fenómeno clave en el impacto de las redes sociales fue la creación de teléfonos inteligentes y la conectividad móvil permitiendo a sus usuarios acceder desde cualquier lugar en cualquier momento, sin embargo, su fuerte presencia actual ha traído consigo una nueva problemática, la dependencia que representa un uso excesivo y los riesgos que esto acarrea.

El constructo de dependencia a redes sociales fue definido por Echeburúa y del Corral (2010) como el uso excesivo de estas, asociado a una posible pérdida de control. Aparecen síntomas de abstinencia (ansiedad, depresión, irritabilidad) ante la imposibilidad temporal de acceder a las redes sociales, se establece la tolerancia, es decir, la necesidad creciente de aumentar el tiempo de conexión a Internet para sentirse satisfecho, y se producen repercusiones negativas en la vida cotidiana. En la actualidad los jóvenes estudiantes son una población sumamente vulnerable, ya que mantienen un contacto constante, aumentando el riesgo de generar una dependencia a las redes sociales y las experiencias que se generan en ellas. (Olivos et al, 2023). Por estas razones, es crucial reconocer el papel que juegan, tanto de manera positiva como negativa, e identificar un uso problemático antes de que este se convierta en una dependencia o adicción; por ello el presente trabajo

busca desarrollar una escala para evaluar este fenómeno en una población que resulta amplia y significativa.

ANTECEDENTES. Los siguientes instrumentos fueron utilizados como referencias para la creación de la escala:

1. Escala de Dependencia y Adicción al Smartphone (EDAS) de 40 ítems, desarrollada por Aranda, Fuentes y García en 2017
2. Social Media Addiction ScaleStudent Form de Sahin (2018) que fue adaptada a la población mexicana en 28 ítems por Cabero, Pérez y Valencia en 2020.
3. Escala para medir tecno dependencia en el ámbito personal, familiar, social y laboral en población mexicana, cuenta con 15 ítems y fue desarrollada por Villavicencio y colaboradores en 2021.

OBJETIVOS. El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una escala para evaluar el riesgo de dependencia a las redes sociales en jóvenes universitarios que se encuentran cursando la carrera de Psicología en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. La muestra estuvo integrada por 300 estudiantes universitarios de la carrera de Psicología de la UMSNH en Morelia, con una media de edad de 20 años.

A partir de la revisión de la literatura, se elaboraron 14 reactivos para la dimensión Uso Excesivo definida como el uso disfuncional o incontrolable de las redes sociales (Villegas & Cortés, 2016); de igual forma, se diseñaron 14 reactivos para la dimensión Satisfacción Personal definida como conductas y sentimientos relacionados al efecto recompensa (Aranda et al., 2017). Para la dimensión Procrastinación digital se diseñaron 12 reactivos, esta es definida como la tendencia de aplazar tareas importantes y responsabilidades en favor de actividades digitales menos urgentes (Serrano, 2021), y finalmente 11 reactivos para la dimensión Phubbing que se refiere a comportamientos que implican ignorar a las personas presentes en el entorno inmediato debido a estar interactuando en redes sociales (Villavicencio et al., 2021). Estos reactivos fueron revisados por expertos, quienes evaluaron inicialmente el cumplimiento de los criterios psicométricos de elaboración de reactivos; se les que, en una escala de 1 a 5, indicaran para cada reactivo qué tan coherente y claro era respecto de la definición teórica, de esta evaluación, se conservaron 39 reactivos cuyo índice V de Aiken en ambas propiedades tuvo un valor de 1; del resto, los reactivos 13 y 18 fueron modificados para mejorar su claridad y 9 fueron eliminados al presentar valores bajos en ambas clasificaciones y no considerarse indispensables para la evaluación del constructo. Las opciones utilizadas para responder la escala fueron (1) Totalmente en desacuerdo, (2) Muy en desacuerdo, (3) En desacuerdo, (4) De acuerdo, (5) Muy de acuerdo y (6) Totalmente de acuerdo

Se efectuó una aplicación piloto de la batería a 9 participantes con características similares a los de la muestra final, con la información obtenida se realizaron ajustes en dos reactivos para agruparlos en uno solo dada su similitud, resultando en 40 ítems. Para su aplicación final, la batería se elaboró en formato papel y lápiz, los aplicadores se presentaron en la Facultad de Psicología durante el turno matutino y vespertino. Se empleó el programa SPSS, versión 20, para el análisis de los datos y no existieron valores perdidos, por lo que ningún dato fue eliminado y no hubo necesidad de imputar ningún reactivo.

RESULTADOS. En el análisis de reactivos, 21 tuvieron que ser eliminados al efectuar los procedimientos de discriminación. En el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) efectuado con el método de factorización del eje principal, rotación Normalización Oblimin con Kaiser, mostró un valor de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de .914; la significancia de la prueba de esfericidad de Bartlett fue $p < 0.001$, ambos satisfactorios. El porcentaje de varianza explicada por cada uno de los factores fue de 34.630% para el primer factor, 6.711% para el segundo, 4.552% para el tercero y 3.677% para el cuarto, juntos explicaron el 49.570% de la varianza total. En la Tabla 1 se muestra la solución y las cargas factoriales para cada uno de los 19 reactivos finales de la escala.

Reactivos	*Factores*			
	Uso excesivo	*Procrastinación digital*	*Phubbing*	*Satisfacción personal*
. Cuando estoy haciendo alguna actividad, siento urgencia por acabar para ver mis redes sociales	.844			
. Me siento molesto/a si no puedo conectarme a redes sociales	.722			
. Me asusta la idea de perder mis cuentas de redes sociales	.706			
. No logro reducir el tiempo que paso en redes sociales	.679			
. Siento mucho aburrimiento cuando no puedo acceder a redes sociales	.672			
. Siento angustia cuando no puedo revisar mis redes sociales	.659			
. Me preocupa la idea de perderme de algo importante si no estoy conectado/a en redes sociales	.644			
. Paso tanto tiempo viendo redes sociales que cargo mi celular más de dos veces al día	.551			
. Busco conectarme a redes sociales en cualquier lugar al que voy	.439			
Mi productividad disminuye por el tiempo que paso en redes sociales		.564		
Pierdo la noción del tiempo cuando estoy en redes sociales		.462		
. Pospongo mis tareas escolares por ver redes sociales		.669		
. Me es más fácil comunicarme por medio de mensajes que en persona			.705	
. Tengo más amigos/as por redes sociales que en la “vida real”			.572	
. Dejo de lado actividades que disfruto por ver redes sociales			.423	
Prefiero revisar mis redes sociales en lugar de participar en conversaciones cara a cara con mis amigos			.410	

. Me preocupo por el número de seguidores que tengo en redes sociales				.890
. Considero que mi felicidad está relacionada con la percepción de popularidad que tengo en redes sociales				.785
. Me preocupo por el número de likes que recibo en mis publicaciones				.609

Tabla 1. *Análisis factorial exploratorio de la Escala de Riesgo de Dependencia a Redes Sociales*

El índice de consistencia interna obtenido para la escala total fue α = .899, para la subescala de uso excesivo α = .881, para la subescala de procrastinación digital α = .638, para la subescala de phubbing α = .682, y para la subescala de satisfacción personal α = .841. Para ninguno de los reactivos el "alfa si se elimina el elemento" resultó mayor que el obtenido para la escala total.

CONCLUSIONES. En este estudio las dimensiones teóricas propuestas inicialmente se reflejaron claramente en los factores identificados, estos hallazgos sugieren que los factores encontrados son coherentes con las dimensiones teóricas de dependencia a las redes sociales. La validez del instrumento fue respaldada por el análisis factorial exploratorio, y una prueba de esfericidad de Bartlett significativa ($p < .001$), lo que indica una adecuada adecuación muestral. La varianza explicada por los factores fue del 49.57%, lo cual es aceptable para escalas de este tipo. La confiabilidad, medida a través del Alfa de Cronbach, fue alta para la escala total y adecuada para las subescalas, estos resultados sugieren que la escala es un instrumento válido y confiable para medir el riesgo de dependencia a las redes sociales. A pesar de los resultados prometedores, la generalización de los hallazgos debe hacerse con cautela. La muestra utilizada en este estudio consistió únicamente de estudiantes universitarios de la carrera de psicología, lo cual puede no representar a otros grupos demográficos, sería necesario replicar el estudio en diferentes contextos y con muestras más diversas para confirmar la validez y confiabilidad del instrumento en otras poblaciones. Los resultados obtenidos subrayan la importancia de abordar la dependencia a las redes sociales desde múltiples dimensiones y continuar investigando y perfeccionando los instrumentos existentes para asegurar su aplicabilidad en diversos contextos y poblaciones. Además, los resultados destacan la necesidad de desarrollar intervenciones específicas para mitigar los efectos negativos del uso excesivo de redes sociales en los jóvenes. En conclusión, este estudio ha proporcionado una herramienta valiosa para evaluar el riesgo de dependencia a las redes sociales, contribuyendo de manera significativa a la comprensión y abordaje de este problema emergente en la sociedad actual. La escala desarrollada no solo permite identificar a aquellos en riesgo, sino que también proporciona un marco para futuras investigaciones y el desarrollo de estrategias de intervención efectivas.

REFERENCIAS.

1. Aranda López, M., Fuentes Gutiérrez, V. & García-Domingo, M. (2017). "No sin mi Smartphone": Elaboración y validación de la Escala de Dependencia y Adicción al Smartphone (EDAS). Terapia Psicológica, 35(1), 35-45. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48082017000100004
2. Cabero-Almenara, J., Pérez-Díez de los Ríos, J. L., & Valencia-Ortiz, R. (2020). Escala para medir la adicción de estudiantes a las redes sociales. Convergencia, 27. https://doi.org/10.29101/crcs.v27i83.11834

3. Echeburúa, E., & Del Corral, P. (2010). Adicción a las nuevas tecnologías ya las redes sociales en jóvenes: un nuevo reto. Adicciones, 22(2), 91-95. https://www.adicciones.es/index.php/adicciones/article/view/196/186
4. La Rosa, A. (2016). Movimientos sociales, redes sociales y recursos simbólicos. Universidad Femenina del Sagrado Corazón, 6(1), 48-60. https://doi.org/10.24265/cian.2016.n6.03
5. Olivos, G. S. M., Capcha, J. C. F., Illanes, A. R. P., Huincho, Y. S. S., Figueroa, W. K. T., Zarzosa, J. A. G., & Huerta, G. C. M. (2023). Estrés académico y adicción a las redes sociales en estudiantes universitarios peruanos. Salud, Ciencia y Tecnología, 3, 519-519. https://revista.saludcyt.ar/ojs/index.php/sct/article/view/519
6. Serrano Suarez, V. (2021). Disrupción digital contra procrastinación tecnológica: adopción de las nuevas tecnologías de la comunicación por los grandes despachos de abogados en España.
7. Villavicencio-Ayub, E., Callejo Estrada, F., Lagos Rojas, A., & Calleja Bello, N. (2021). Technodependence in personal, familiar, social and labor sphere in Mexican population measuring scale. Psicogente, 24(46), 156-173. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-01372021000200156&script=sci_abstract&tlng=en
8. Villegas, N. E. M., & Cortés, S. R. (2016). Adicción a las redes sociales y personalidad en adolescentes. https://psicoeducativa.iztacala.unam.mx/revista/index.php/rpsicoedu/article/view/32

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424118**

PROMOCIÓN DEL AUTOCUIDADO EN LA NIÑEZ

Andrea Estefanía Serrano Carmona[1], María de Lourdes Vargas Garduño[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1912234e@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; maria.lourdes.vargas@umich.mx.

Palabras Clave: Autocuidado integral, niñez, estrategias lúdicas, salud mental y salud emocional.

RESUMEN. El autocuidado se define como aquellas acciones cotidianas que una persona lleva acabo para cuidar su salud física, mental y emocional. Después de la pandemia, salió a relucir que el autocuidado se ha convertido en un hábito crucial para las generaciones de niños, siendo uno de los aprendizajes del desarrollo que les proporciona herramientas esenciales para establecer autonomía y responsabilidad en la adultez. No obstante, la información disponible en internet sobre autocuidado integral es limitada, ya que la mayoría se enfoca en el autocuidado físico, dejando de lado aspectos mentales y emocionales. Como consecuencia, los padres a menudo carecen de recursos confiables para guiar a sus hijos en el desarrollo de un autocuidado completo. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar competencias de autocuidado emocional y mental en las infancias participantes. Para lograrlo se utilizó metodología Investigación- Acción- Participativa, con el apoyo de estrategias lúdicas, dialógicas y participativas. Se llevó acabo un curso de verano en una escuela primaria del centro de Morelia, compuesto por 5 sesiones de 4 horas cada una, donde participaron un promedio de 10 niño/as de entre 8 y 10 años. Los materiales utilizados para el curso fueron los siguientes: tangramas, hojas de papel, cuentos infantiles, plumones, limpiapipas, abate lenguas, tela y listón. Como resultado, se realizaron actividades lúdicas de lectura, escritura, dibujo y tangramas para reforzar al autocuidado mental; y por otro lado actividades lúdicas con cuentos, creación de un muñeco de apoyo emocional y el circulo autoreconocimiento de cualidades, para el área emocional. Con lo observado podemos concluir que los participantes contaban con herramientas sobre autocuidado físico, pero presentaban carencias en el autocuidado mental y emocional, siendo este último más frecuente en los varones, por lo cual es importante seguir fortaleciéndolo en años futuros.

INTRODUCCIÓN. En la actualidad, la sociedad construida a lo largo de los años ha propiciado a una división de cuerpo, mente y emoción, lo cual ha llevado a que las personas se desconecten de su propio cuerpo tomando una actitud pasiva hacia su propio cuidado (ONU-DH, 2021). Se entiende por autocuidado a las decisiones y actividades que realiza una persona diariamente en camino a ser una persona consciente de sí misma, conociéndose y reconociendo sus necesidades, emociones, deseos y motivaciones para cuidar la salud integral y mejorar la calidad de vida (Correa, 2006, como se citó en Fundasil, 2022; ONU-DH, 2021). Al respecto, Fundasil (2022) distingue tres dimensiones de acuerdo a las necesidades del ser humano: físico, mental y emocional:

- Autocuidado físico. Todas aquellas acciones orientadas a sentirse cómodo en el propio cuerpo, satisfacer las necesidades biológicas, prevenir malestares y desarrollar capacidades. Ejemplos de actividades para el autocuidado físico son: tener una alimentación saludable, higiene apropiada del sueño, atender y prevenir enfermedades y una higiene personal apropiada.
- Autocuidado mental. también conocido como autocuidado cognitivo, son aquellas acciones orientadas a mejorar el bienestar de los procesos cognitivos y la interpretación de la información del exterior, es decir, los pensamientos; además de las concepciones que se tiene sobre sí mismo y el mundo. Algunos ejemplos de actividades de autocuidado mental son los siguientes: Escribir lo que se piensa, leer, realizar rompecabezas, resolver una sopa de letras, aprender un nuevo idioma, meditar, etc.
- Autocuidado emocional. Todas aquellas acciones orientadas a reconocer lo que se es como persona y vivir fiel a ello mediante el cuidado de las propias emociones, identificar como las experimenta el cuerpo, tener una forma asertiva de comunicarlas, establecimiento de límites, identificar pensamientos positivos y negativos y los efectos que causan, etc.

Dichas áreas no funcionan de manera individual dentro de nuestro vivir, si no que funcionan como un equipo para el bienestar del ser humano. Como menciona ONU-DH (2022) “Existe una relación interdependiente entre el cuerpo y los estados afectivos. Las sensaciones son emocionales y, por lo tanto, son corporales. Las emociones generan movimiento y también el movimiento puede generar emociones”. La práctica de dichas conductas de autocuidado es necesario llevarlas a cabo desde la niñez, ya que, de manera paulatina les enseña a los niños y niñas a desarrollar las capacidades que les permitan autonomía y responsabilidad de sí mismos. (García, 2020). Dichos aprendizajes se generan mediante un patrimonio de ritos, creencias, mitos, prácticas y conocimientos que observan y repiten de la conducta de los padres (ONU-DF, 2021; García, 2020). Sin embargo, este desarrollo se vio afectado por la reciente crisis de salud que atravesó el mundo (COVID-19) y que, dejando secuelas, en lo que al tema respecta, las niñas, niños y adolescentes fueron perjudicados en cuanto a su crecimiento y desarrollo normal, afectando principalmente en la salud mental y aprendizaje. (OPS, 2021).

ANTECEDENTES. Con respecto al tema del autocuidado se ha realizado muy poca investigación, sin embargo, algunas de las más destacables son las siguientes.
En primera instancia, Martínez (2024), en su investigación titulada “Propuesta de intervención mediante la terapia de juego prescriptiva para fortalecer las estrategias de regulación emocional y el autocuidado en preescolares en situación de movilidad humana”, la cual tuvo como objetivo analizar la relevancia del juego como forma de intervenir con los infantes, así como la importancia de los conceptos de autocuidado y regulación emocional en su desarrollo humano. Para ello, se realizó un estudio de caso en el que se intervino con estrategias lúdicas y observación participante; se trabajó en dos albergues de la República Mexicana, con 20 niños y niñas de entre 3 a 5 años. Se encontró que los infantes carecían de estrategias de autocuidado y autorregulatorias para sobrellevar de manera eficiente su desarrollo en un contexto de movilidad. Por su parte, Regido y Álvarez (2024) realizaron una investigación con docentes de la región de Antofagasta, Chile, con el objetivo de contribuir al diseño de estrategias para promocionar el bienestar y la salud mental dentro de las escuelas. Para ello, se realizó una investigación cualitativa fenomenológica-

hermenéutica; se entrevistaron 420 docentes del sistema regional escolar. Se encontró una carencia significativa en las actividades de autocuidado que realizaban los docentes, asimismo, ninguna de las unidades educativas contaba con un programa de promoción de autocuidado. Finalmente, Henao et al (2020) realizaron una investigación orientada a conocer las capacidades de autocuidado que poseen los estudiantes de nuevo ingreso de la universidad de Tolima, para ello se utilizó un estudio observacional-analítico de corte transversal, para ello, se entrevistó a 1144 estudiantes, donde el 84.1% se encontraba entre los 20 a 27 años. Los resultados mostraron que los estudiantes contaban con una alta capacidad de autocuidado en el bienestar social, pero una baja capacidad en la alimentación y la actividad física. Como puede apreciarse, el tema del cuidado y del autocuidado ha ido tomando cada vez mayor fuerza, pero aún hay mucho camino por recorrer, sobre todo en la promoción de la toma de conciencia de los niños y las niñas, acerca de posibles condiciones de riesgo y en el aprendizaje de estrategias para el autocuidado.

OBJETIVO. Desarrollar competencias de autocuidado emocional, físico y mental en las infancias participantes. Asimismo, también se buscó desarrollar la creatividad y el autorreflexión en los niñas y niños participantes, para proponer estrategias de autocuidado y fortalecer la interacción entre las y los participantes, mediante estrategias lúdicas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizó una metodología de Investigación-Acción-Participativa, a partir de un taller psicoeducativo basado en estrategias lúdicas, dialógicas y participativas. Dicho taller se realizó durante un curso de verano en una escuela primaria del centro de Morelia, durante 5 sesiones de 4 horas cada una. Participaron un promedio de 10 niño/as de entre 8 y 10 años. Los materiales utilizados fueron: Cuentos infantiles, tangramas, hojas blancas, plumones, abate lenguas, limpiapipas y tela.

RESULTADOS. Se observó que, en primera instancia, los niños y niñas participantes contaban con un concepto muy completo del autocuidado físico, pero presentaron carencias en las áreas mentales y emocionales. Esto se vio reflejado en los discursos que manifestaron, ya que en el aspecto emocional muchos demostraron no saber cómo perciben cada emoción en su cuerpo, solo una niña pudo explicar que el miedo lo sentía como un nudo en la garganta, y el enojo lo sentía cuando su cara estaba muy caliente, así mismo. Uno de ellos manifestó sentir ansiedad y lo manifestaba al morder sus uñas, demostrando una forma poco saludable de canalizar emociones. En el aspecto mental los niños no tenían información consciente del tema, sin embargo, en sus acciones la mayoría utilizaba el dibujo constantemente como herramienta para plasmar sus ideas, Por otro lado, las concepciones que tenían del autocuidado con respecto de estas dimensiones son las siguientes:

- Autocuidado físico. bañarse, comer bien, tomar agua, salir a caminar, cuidarse al salir a la calle, lavarse los dientes y hacer ejercicio.
- Autocuidado mental. ir a la escuela, leer, dibujar.
- Autocuidado emocional. ser feliz, respirar para tranquilizarse, confiar en sí mismo.

Asimismo, se encontrar formas de autocuidado implícitas en su comportamiento orientadas más al aspecto social, como lo son: buscar pertenecer a un grupo, pedir ayuda y tratar a otros como quieres que te traten. Con la intención de satisfacer esas carencias se realizaron actividades lúdicas para que los niños experimentaran y fortalecieran el autocuidado mental

y emocional. Con lo que respecta al factor mental o cognitivo se realizaron actividades lúdicas de lectura, escritura, dibujo, manualidades, rompecabezas y juegos en el patio que estimularan sus procesos cognitivos de memoria, atención, pensamiento crítico, y percepción; así como herramientas para poder contrarrestar el estrés que llega a afectar a dichas funciones. Ante dichas actividades los niños manifestaron que fueran las que más les gustaron del curso. En cuanto al área de autocuidado emocional se realizó una sesión orientada al reconocimiento de las emociones, en la cual los niños pudieron identificar que la emoción que mejor identificaban era el miedo, ya que la mayoría le tenía miedo a algún animal o lugar, dos de ellos manifestaron sentir miedo por alguna situación familiar, y otros dos hacia la situación de violencia e inseguridad que se vive en su colonia. Con ello, se les leyó un cuento en relación a la gestión del miedo o preocupación, para que posteriormente cada niño y niña realizara un muñeco de apoyo emocional. Finalmente se realizó un círculo de la paz (círculo del autorreconocimiento), mediante una actividad lúdica, donde los participantes reconocían algo bueno de sí mismos con el objetivo de fortalecer su autoestima, en ella se pudo observar que a los hombres les costó más reconocer cualidades propias a diferencia de las mujeres, ya que, al principio los niños solo repetían cosas que la anterior persona había dicho, siendo las respuestas más comunes las siguientes: “Soy rápido”, “soy bueno corriendo” y “soy bueno platicando”; las niñas variaban mucho más sus respuestas volviéndolas más personales, siendo sus respuestas las siguientes: “Son buena en matemáticas”, “soy amable”, “soy bonita”, “soy inteligente” y “tengo bonito cabello”.

CONCLUSIONES. Se concluyó que, debido a las circunstancias generacionales surgidas post-pandemia, el autocuidado integral, se ha convertido en una necesidad de trabajo constante durante la niñez debido a las carencias que presentaron algunas de las áreas que conforman este autocuidado. Esto debido a las carencias que presentaron algunas de las áreas que conforman este autocuidado; esto se debe principalmente a la falta de información que se encuentra disponible en internet, y los nulos programas educativos que incorporan el autocuidado en las aulas. Por lo tanto, es fundamental continuar la enseñanza de estas habilidades en los años futuros. Finalmente, se realiza una recomendación al público en general, con el objetivo de seguir promoviendo el autocuidado en todos los niños, las recomendaciones son las siguientes: Enseñar con el ejemplo y como adultos adoptar hábitos de autocuidado, puesto que una de las principales formas de aprendizaje de los niños es la imitación, si ellos observan que cuidas tu mente, cuerpo y emociones con acciones diarias, lo replicarán inconscientemente. Asimismo, el brindarles a los niños un lugar seguro dentro de casa o la escuela donde puedan sentirse validados con respecto a sus emociones y acostumbrarse expresarlas, constituye una estrategia importante. Y finalmente, buscar oportunidades para organizar actividades que estimulen la mente de sus niños, como armar rompecabezas, jugar juegos de mesa, pintar, cantar o bailar, para que cuando no tengan la presencia de un adulto ya conozcan que actividades pueden hacer para estimular su mente.

Es claro que en una semana no se van a lograr cambios importantes y duraderos, no obstante, se pudo apreciar algún cambio en varios niños y niñas; y se espera que la experiencia vivida constituya un referente para su vida cotidiana y les motive a ir fortaleciendo sus estrategias de autocuidado.

REFERENCIAS.

1. Alto Comisionado de las Naciones Unidas (ONU-DH) (2021). Guía para autocuidado y cuidado colectivo para personas defensoras de derechos humanos, periodistas, madres y familiares de personas

desaparecidas y/o víctimas de feminicidio. https://hchr.org.mx/wp/wp-content/uploads/2021/08/Guia-Spotlight-Autocuidado-FINAL.pdf.
2. FUNDASIL (2022). Manual del autocuidado. https://www.unicef.org/elsalvador/media/5036/file/Manual%20de%20Autocuidado.pdf.
3. García, V. (2020). Aprendiendo conductas de autocuidado. https://sitios1.dif.gob.mx/Rehabilitacion/docs/telerehabilitacion/Aprendiendo_Conductas_Autocuidado.pdf.
4. Henao, A., Fajardo, E., & Nuñez, M. (2020). Caracterización de la capacidad de autocuidado en estudiantes de primer ingreso a una institución de educación superior. Revista Espacios, 41 (37), 34-39. ISSN: 0798-1015.
5. Martínez, K. (2024). Propuesta de intervención mediante la terapia de juego prescriptiva para fortalecer las estrategias de regulación emocional y el autocuidado en preescolares en situación de movilidad humana. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.
6. Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2021). Los niños, niñas y adolescentes están profundamente afectados por la pandemia de COVID-19. https://www.paho.org/es/noticias/15-9-2021-ninos-ninas-adolescentes-estan-profundamente-afectados-por-pandemia-covid-19.
7. Regido, G., & Álvarez, C. (2024). Educación y salud mental: propuestas de autocuidado desde la perspectiva docente. Revista Educación, 48(2), 1–22. https://doi.org/10.15517/revedu.v48i2.58629.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424119**

¿QUÉ PIENSAN LOS ESTUDIANTES DE PSICOLOGÍA PRÓXIMOS A EGRESAR SOBRE EGRESO, EMPLEO Y TRABAJO?

***Fátima Montserrat Ramírez Aguilar*[1] *Elsa Edith Zalapa Lúa*[2]**
1 Facultad de Psicología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209590k@umich.mx.
2 Facultad de Psicología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; elsa.zalapa@umich.mx

Palabras Clave: Egreso, empleo, trabajo, representaciones sociales.

RESUMEN. Los jóvenes que crecieron bajo un contexto en el que políticas educativas como la masificación, calidad y pertinencia social de la Educación Superior, están en expansión y se basan en la suposición de que la educación es buena, no sólo en términos económicos, sino para la sociedad en conjunto. Incluir la visión de los estudiantes próximos a egresar considera los procesos subjetivos que manifiestan a través de discursos y prácticas enmarcadas en la cultura en la que viven. Las representaciones que le otorgan al fenómeno de egreso, empleo y trabajo permitirán acceder a su mundo de significados ante la problemática en torno a su inserción laboral y también, contar con más elementos para la planeación, implementación y evaluación de programas de preparación y promoción para el empleo. El objetivo es analizar la representación social que estudiantes próximos a egresar de la carrera en psicología de la UMSNH, tienen sobre egreso, empleo y trabajo. Metodología. Se realizó bajo la teoría de las Representaciones Sociales. El tipo de estudio fue cualitativo exploratorio con niveles de análisis descriptivo e interpretativo. Los participantes fueron 21 estudiantes, 81% mujeres y 19% hombres. El muestreo fue por bola de nieve. El criterio de inclusión: cursar el último año de la carrera. La recolección de la información se realizó a través de listados libres. Resultados y conclusiones. Las palabras dinero, compañeros, cansancio y crecimiento son las palabras que mejor definen el "trabajo", el "empleo" es definido por salario, dinero, búsqueda y estrés. Las de "egreso" desempleo, dinero, miedo, trabajar y metas. Por tanto, se concluye que hay claridad entre las representaciones sobre el trabajo y el empleo. La representación de egreso está compuesta principalmente por incertidumbre, pero el obtener el grado les permite pensar también en independencia económica.

INTRODUCCIÓN. El estudiante universitario próximo a egresar se ve en la necesidad de buscar un trabajo por varias razones que implican diversos factores psicosociales. Los factores psicosociales son las condiciones de un determinado contexto que favorece o dificulta el desarrollo humano integral y está directamente relacionado con las redes sociales de apoyo, el ambiente, las normas, las costumbres, los patrones conductuales, los procesos interpersonales, entre otros; siendo estos importantes para el entendimiento de la empleabilidad (Reyes y Pérez, 2018), puesto que el contexto también alude al mercado laboral (ML). La consecución de un empleo se puede abordar por el tema de los factores psicosociales, al incluir aspectos del contexto que se integran el mercado laboral, así como aspectos de carácter académico e individuales. Los factores académicos, son los referentes que el estudiante ha logrado o alcanzado dentro de su estancia educativa, la formación

extracurricular que haya decidido añadir a su perfil académico, es decir, la formación del individuo de manera académica (Carranza, 2018). Sin embargo, actualmente los factores psicosociales son poco estudiados a pesar de que se están vinculados al proceso de la obtención de un empleo. Por ello, se considera indispensable explorar estos factores debido a que inciden en la consecución de un trabajo y ello permitirá hacer propuestas que coadyuven en una empleabilidad a fin a lo estudiado, pues en los últimos años ser una persona con una carrera universitaria concluida parece no ser suficiente para emplearse. En este sentido, la empleabilidad es la habilidad para conseguir y mantener un trabajo (OIT, 2004; Rothwell y Arnold, 2007). De aquí en la presente investigación explora desde un punto de vista diferente los factores psicosociales que afectan o contribuyen en la obtención y conservación de un empleo, iniciando por cual es la percepción que tienen los estudiantes, es decir la representación social que le otorgan al fenómeno de egreso (de la licenciatura), empleo y trabajo permitirán acceder a su mundo de significados ante la problemática en torno a su inserción laboral. Lo que permitirá contar con más elementos para la planeación, implementación y evaluación de programas de preparación y promoción para el empleo, puesto que la conformación del ML es parte del contexto y difícilmente los egresados pueden participar en dinamizar este mercado.

ANTECEDENTES. Ahora, el Mercado laboral es el espacio en dónde se desarrollan las oportunidades para obtener un empleo, para Arranz “es el espacio donde las empresas ofrecen empleo, y refleja las oportunidades existentes tanto para actividades privadas como para públicas” (2022, párr. 1). Sin embargo, no sólo remite a un espacio físico o geográfico, sino que además se configura además por aspectos económicos, políticos, entre otros. Dentro del ML existen ciertos lineamientos exigidos por las empresas o lugares de trabajo para contratar a los trabajadores. Wakeham (2016) estudia la empleabilidad como los aspectos solicitados por los empleadores hacia los empleados y los conocimientos que los egresados poseen, que juntos, determinan la compatibilidad del egresado con el mercado laboral. Mientras que Botha y Coetzee (2017), la definen como la capacidad de la persona egresada para adaptar sus competencias y habilidades para poder formar parte del mercado laboral. En este sentido, respecto al empleo, la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) (como se citó en Enriquez y Galindo, 2015), define al pleno empleo como la situación donde existe trabajo para todos los que buscan trabajar, donde el trabajo es productivo y las personas son libres de elegir el empleo de su preferencia. Señalan también que existen dos tipos de empleo: formal, en el cual los trabajadores tienen derechos laborales que son satisfechos en su relación laboral y el informal, donde los trabajadores no pueden hacer valer sus derechos laborales. El trabajo productivo es aquel que, además de tener una remuneración, también provoca cambios o afecciones en la identidad, sentido de utilidad, mejora el bienestar general de la persona que tiene este trabajo (Amador et al., 2019). Cabe enfatizar que delimitar y caracterizar las diferencias entre empleo y trabajo es difícil, sobre todo por la utilización a veces indistinta entre empleo y trabajo. En este sentido, el ***empleo*** generalmente es referido a la actividad laboral que una persona realiza a cambio de una remuneración económica, existe una relación empleado empleador, generalmente en virtud de un contrato formal o informal con un empleador. Y el ***trabajo,*** es definido como cualquier esfuerzo humano, sea físico o intelectual, independientemente del grado de preparación técnica requerido, que se utiliza para producir bienes o servicios, incluyendo actividades tanto remuneradas como las que no. De aquí que la principal diferencia atribuida al empleo y al trabajo es que en empleo se refiere a una posición remunerada y el trabajo es el que

se considera como una actividad fundamental para la sociedad y la economía, que abarca una variedad de formas y contextos en los que se realiza. Según la Oficina Internacional del Trabajo (OIT, 2024), el trabajo es el "conjunto de actividades humanas, remuneradas o no, que producen bienes o servicios en una economía, o que satisfacen las necesidades de una comunidad o proveen los medios de sustento necesarios para los individuos." (párr. 1). Sin embargo, se debe reconocer que trabajo y empleo son conceptos diferentes. Entender esta problemática es crucial para, en un futuro, poder mejorar el perfil de egreso de cualquier estudiante, para ello, se deben tener en cuenta varios conceptos que ayuden a comprender de dónde viene y hacía dónde se dirige este tema. En este sentido, el ***egreso*** se refiere al momento en que un estudiante completa satisfactoriamente su formación académica, y ha adquirido las competencias necesarias para desempeñarse en su campo de formación, constructo que se considera vinculado al perfil profesional de egreso, que es donde se explicitan las habilidades, conocimiento y aptitudes que los estudiantes debieron desarrollar tras haber terminado su carrera y haber obtenido el título. De aquí que se considera importante abordar el tema desde las representaciones sociales (RS) pues desde esta teoría, nos permite indagar el conocimiento ordinario, proveniente del sentido común y construido por la sociedad, la experiencia personal favorece las representaciones sociales; en el ámbito profesional, plasma la forma en que la persona se percibe en comparación con sus iguales y respecto a su función dentro de su profesión (Jodelet, 2011). En este sentido, para Piña y Cuevas (2004) las RS son una expresión del conocimiento de sentido común y en nuestro país se ha utilizado en investigaciones que tienen como objeto de estudio las RS de cualquiera de los agentes educativos; estudiantes, profesores, autoridades y padres de familia, explorando sobre algo o a alguien: una institución, un contenido, una metodología, un acontecimiento, un reglamento, entre otras, para abordar una problemática emergente. Siguiendo con los mismos autores, lo importante para el investigador educativo es reconocer que el sentido común y sus diversas modalidades son un objeto de estudio interesante, porque indica las formas de pensamiento de los agentes educativos. De aquí que se considera necesario acercarse al punto de vista que tienen estudiantes próximos a egresar en torno al tema de egreso, empleo y trabajo pues los significados que ellos les otorguen permite acceder a su mundo de significados,, además de permitir comprender mejor la problemática que viven en torno a su inserción laboral.

OBJETIVO. Analizar la representación social que estudiantes próximos a egresar de la carrera en psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, tienen sobre los conceptos de: egresar de la licenciatura, egreso, empleo y trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó bajo un enfoque metodológico de la teoría de las Representaciones Sociales, en la cual se utilizan técnicas tanto cualitativas como cuantitativas. Utilizar la técnica de las representaciones sociales, en su primer momento, sirve para identificar a través de entrevistas las palabras estímulo que se aplican en una segunda fase. El segundo momento permitió obtener la interpretación de los significados, así como datos descriptivos. Cabe mencionar que estos significados se entretejen en espacios particulares, en este caso de la institución educativa, se reconoce que estas prácticas se recrean de múltiples formas en ambientes específicos al formar parte del conocimiento denominado sentido común (Piña y Cuevas, 2004). De aquí que el tipo de estudio fue cualitativo, exploratorio con niveles de análisis descriptivo e interpretativo. Los participantes fueron; en la primera aplicación 20 estudiantes próximos a egresar de la

licenciatura en psicología de la UMSNH, de los cuales 75% son mujeres y el 25% son hombres. En la segunda aplicación, se volvieron a aplicar los listados libres a 21 estudiantes de la licenciatura en psicología, de la siguiente cohorte generacional, de los cuales 81% son mujeres y el 19% son hombres. El muestreo fue no aleatorio, por bola de nieve. El criterio de inclusión: cursar el último año de la carrera. La recolección de la información se realizó a través de listados libres, la principal ventaja de este procedimiento es que favorece la expresión más espontánea de los sujetos y por ello se espera que el contenido evocado esté más libre de racionalizaciones, sesgos de defensa o deseabilidad social (Bernard, 2006). Se utilizó el programa "Anthropac" para el análisis de resultados, y para la interpretación de los resultados, se utilizó el análisis del discurso. Se siguieron los principios éticos presentados en "Ethical Principles of Psychologist and code of conduct", siguiendo la norma ética 4.01 bajo la sección 4: Privacidad y Confidencialidad, que resalta la importancia de guardar y proteger la información confidencial obtenida. Del mismo modo, se siguió la norma 4.02 informando sobre el posible uso de los resultados obtenidos y los límites de la confidencialidad (APA, 2017).

RESULTADOS. Como se mencionó en el apartado anterior, en una primera aplicación sólo se exploró sobre la percepción que tienen sobre egresar de la licenciatura, encontrándose que la RS en este sentido se caracteriza vinculandola al trabajo, titulación y la satisfacción, si se connota por la carga emocional el constructo está vinculado a miedo e incertidumbre. Así mismo de egreso, las principales palabras que la definen son: desempleo, dinero, miedo, trabajar y meta.

Rango		**Bajo<=2.90**			**Alto>2.90**		
		Palabra	**F (%)**	**(R)**	**Palabra**	**F (%)**	**(R)**
		Concluir	52.3	(1.20)	Trabajar	47.4	(4.67)
	Alta	Dinero	31.6	(2.33)	Satisfacción	21.1	(4.67)
	=>21.1	Futuro	26.3	(2.80)	Titulación	42.1	(4.13)
	%	Metas	21.1	(2.75)	Miedo	31.6	(4.00)
		Despedida	21.1	(1.75)	Incertidumbre	21.1	(3.00)
Frecuencia		Maduración	15.8	(2.67)	Trámites	15.8	(5.00)
		Buscar	15.8	(1.33)	Sueño	10.5	(4.50)
Oportunidades			10.5	(1.00)	Terminar	10.5	(4.00)
Baja	Angustia		10.5	(2.00)	Frustración	10.5	(4.00)
<21.1%	Expectativas		10.5	(2.00)			
Experiencia	Contribuir		10.5	(1.50)			

Tabla 1. *Representación prototípica de egreso de la licenciatura (n=20)*

Rango promedio 2.90 Evocaciones totales 92.88%

Nota: Representación Prototípica de las respuestas obtenidas a través de la encuesta donde se presenta el rango y frecuencia en la que se encontraba cada palabra relacionada con el egreso.

Como se puede ver (Tabla 2), en la segunda aplicación del listado, adquieren mayor saliencia las palabras de desempleo, dinero, crecimiento, incertidumbre e independencia, a diferencia de la tabla anterior. y El egreso está fuertemente vinculado a la titulación y por lo tanto a la terminación de un ciclo.

Tabla 2. Representación prototípica de egreso (n=21)

Rango		Bajo<=2.70			Alto>2.70	
		Palabra	F(%)	(R)		
		Desempleo	33.3	(1.57)	Trabajar	61.9(4.85)
		Dinero	28.6	(2)	Titulación	33.3(4.14)
	Alta	Incertidumbre	19	(2.5)	Miedo	28.6(3.17)
	=>12.5%	Independencia	19	(2.7)	Terminar	28.6(4.00)
		Crecimiento	14.3	(1)	Meta	23.8(3.00)
Frecuencia		Experiencia laboral	9.5	(2.5)	Nueva Etapa	9.5 (3.00)
					Sueño	10.5(4.50)
		Angustia	9.5	(1.00)	Terminar	10.5(4.00)
	Baja	Aprendizaje	9.5	(1.00)	Frustración	10.5(4.00)
	<12.5%	Estrés	9.5	(1.00)		
		Autoempleo	4.8	(1.00)		
		Rango promedio 2.7 Evocaciones totales 92.88%				

Llama la atención que el desempleo en la primera aplicación no aparece y en la segunda si bien es frecuente la palabra, no es de las que más saliencia tiene.
Y en el cuadrante que menos frecuencia y saliencia tiene, es muy similar en ambas aplicaciones, este cuadrante puede indicar hacía donde se puede ir orientando la representación.

Rango	**Bajo<=3.21**			**Alto>3.21**		
Palabra		**F (%)**	**(R)**	**Palabra**	**F (%)**	**(R)**
Dinero		61.9	(2.54)	Esfuerzo	33.3	(3.57)
Alta	Compañeros	28.6	(1.50)	Responsabilidad	28.6	(4.83)
=>9.8%	Cansancio	23.8	(1.00)	Motivación	14.3	(3.67)
Crecimiento		23.8	(1.80)	Labor	14.3	(4.00)
Dedicación		14.3	(1.67)	Necesidad	14.3	(4.67)
Frecuencia	Beneficios	9.5	(1.50)	Satisfacción	9.5	(5.00)
Búsqueda		9.5	(1.50)	Opciones	4.8	(3.00)
Horario		9.5	(2.50)	Empresa	4.8	(3.00)
Baja	Ansiedad	4.8	(1.00)	Ley	4.8	(5.00)
<9.8%	Ahorro	4.8	(1.00)			
Decepción		4.8	(1.00)			

Tabla 3*. Representación prototípica de trabajo de la licenciatura (n=21)*
Rango promedio 3.21 Evocaciones totales 92.88%

El trabajo, lo vinculan al esfuerzo, la responsabilidad, motivación, labor y necesidad, y el empleo a salario, trabajo, horarios, sacrificio y tiempo, aspectos que concuerdan las con las definiciones teóricas.

Rango	**Bajo<=2.77**			**Alto>2.77**		
	Palabra	**F (%)**	**(R)**	**Palabra**	**F (%)**	**(R)**
	Dinero	23.8	(1.20)	Salario	76.2	(4.50)

Alta	Búsqueda	19	(1.25)	Trabajar	23.8	(5.00)
=>10.43	Estrés	19	(1.50)	Horarios	19	(3.00)
%	Crecimiento	19	(2.50)	Sacrificio	14.3	(3.67)
	Aprendizaje	14.3	(1.00)	Tiempo	14.3	(4.67)
Frecuencia	Autoempleo	9.5	(1.50)	Realización	9.5	(3.50)
	Estabilidad	9.5	(1.50)	Prestación	4.8	(3.00)

Tabla 4. *Representación prototípica de empleo de la licenciatura (n=21)*
Baja <10.43%

Rango promedio 2.77 Evocaciones totales 92.88%

Explotación	9.5	(2.50)	Miedo	4.8	(4.00)
Gusto	9.5	(2.50)	Objetivo	4.8	(5.00)
Jefes	9.5	(2.50)			
Competencia	4.8	(1.00)			

Se pudo observar que las palabras dinero, compañeros, cansancio y crecimiento son las palabras con mayor importancia para los estudiantes al preguntarles sobre su representación de trabajo

CONCLUSIONES. El dinero aparece en los resultados de los listados, con frecuencias altas pero con saliencia menor a otras palabras, por lo que se puede considerar que consideran importante el aspecto dinero en las tres definidoras. Se puede apreciar una diferencia entre la caracterización que hacen de la palabra empleo y trabajo, diferencia que concuerdan con la principal diferencia entre ellas. Por tanto, se concluye que hay claridad entre las representaciones sobre el trabajo y el empleo. La representación de egreso está compuesta principalmente por incertidumbre, pero el obtener el grado (terminar) les permite pensar también en independencia económica.

REFERENCIAS.

1. Amador, I., Botero, N., Larrahondo, L. y Andrade, V. (2019). Significados del trabajo en mujeres que realizan trabajos productivo y reproductivo. Psicogente, 22(41), 1-36. https://doi.org/10.17081/psico.22.41.3302
2. Arranz, E. (2022). ¿Qué es el mercado laboral? El blog. Fundación Adecco. https://fundacionadecco.org/blog/que-es-el-mercado-laboral/
3. Bernard, R. (2006). Research Methods in Anthropology. Oxford: Altamira Press.
4. Botha, J. A., y Coetzee, M. (2017). La importancia de las biografías de los empleados para explicar los atributos de empleabilidad. Revista Sudafricana de Ciencias Económicas y de Gestión, 20(1), 1-9. doi: 10.4102/sajems.v20i1.1636
5. Enríquez, A. y Galindo, M. (2015). "Empleo" en Serie de Estudios Económicos, 1, México DF: México ¿cómo vamos?
6. Ibarrola, M. (2014). Repensando las relaciones entre la educación y el trabajo: Una reflexión basada en investigaciones realizadas en México. Ca. Cedes, Campinas, 34(94).
7. Jodelet, D. (2011). Aportes del enfoque de las representaciones sociales al campo de la educación. Espacios en Blanco. Serie indagaciones, 21(1), 133-154. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1515-94852011000100006&script=sci_a rttext
8. Oficina Internacional del Trabajo. (2024). Trabajo. OIT/Cinterfor. https://www.oitcinterfor.org/taxonomy/term/3315?page=1
9. Piña y cuevas (2004). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982004000 100005
10. Wakeham, W. (2016). Revisión de Wakeham sobre la oferta de títulos STEM y la empleabilidad de los graduados. Innovación y Competencias: Departamento de Empresa.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424120**

DIFERENCIAS EN LA ALIMENTACIÓN CONSCIENTE ENTRE HOMBRES Y MUJERES ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Maria Fernanda Silva Zamudio[1], Daniela Anaya Renteria[2], Scarlet Nava Montecillos[3], Regina Gudiño Rodriguez[4], Juan Ulises Rosales Rocha[5], Salvador Ortega Munguía[6]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209712e@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209572f@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2131838b@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209652f@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1912532a@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; salvador.ortega@umich.mx

Palabras Clave: Alimentación consciente, atención plena, género, universitarios, escala, nutrición.

RESUMEN. En esta investigación se buscará saber si existen diferencias en la alimentación consciente entre mujeres y hombres estudiantes universitarios. Los participantes fueron un total de 381 con un rango de edad 28 a 18 años, de los cuales 190 fueron mujeres, 151 hombres y 40 sin especificación, se utilizó el Cuestionario de Alimentación Consciente con sus siglas en inglés MEQ con 28 reactivos, con un diseño de investigación transversal, por un muestreo por conveniencia. El constructo de la investigación realizada se define como el uso de la atención plena en el ámbito de la ingesta de alimentos, teniendo en cuenta los estados internos como las señales de hambre o saciedad y externos de nuestro cuerpo y el ambiente; una práctica que en los últimos años a adquirido una importancia sustancial en el ámbito nutricional y psicológico por sus múltiples beneficios. Los resultados obtenidos en base a los datos recabados, mostraron que existe una diferencia en el nivel de alimentación consciente de los hombres con respecto al de las mujeres. En contraste con otras investigaciones respecto al tema, parecen haber algunos resultados colindantes y otros no muy significativos, sin embargo, las implicaciones de este estudio en específico residen en la posibilidad de indagar y aportar información para impulsar la posibilidad de diseñar intervenciones específicas y promover hábitos alimenticios más saludables, mejorar la efectividad del asesoramiento psicológico en el ámbito nutricional e incorporar estrategias para la práctica de la atención plena en búsqueda de potenciar la salud mental de los estudiantes y de la población en general.

INTRODUCCIÓN. Esta investigación tiene como propósito principal comparar los niveles de alimentación consciente en estudiantes universitarios dependiendo de su sexo, por lo que es necesario centrarnos en este concepto y los posibles factores que influyan en el. La alimentación consciente es, “comer siendo plenamente consciente del proceso, notando tanto el placer como los estados internos y externos que influyen en el hambre, la saciedad y el deseo de comer” (Kristeller y Epel, 2014, p.913). Por su parte, Morillo y García Campayo (2017) mencionan que es “elevar nuestra consciencia observando nuestros patrones de ingesta con curiosidad y aceptación, siendo conscientes de cómo tomamos las decisiones

de qué alimentos comer, cómo y cuándo". (p.3). A pesar de que los humanos pueden comer conscientemente de forma natural, tienden a no hacerlo bajo la influencia de patrones habituales, como estados emocionales, ligeras distracciones y otros factores. (Wansink, 2007). Dado el entorno actual de abundancia y excesiva disponibilidad de alimentos, comer sin pensar es la manera más común, por lo que se puede argumentar que la continua elección de alimentos sin sentido y el comer en desmesura contribuyen sustancialmente a la actual epidemia de trastornos de la alimentación. Esto se refuerza aún más en un ambiente como lo es la universidad, en el cual los estudiantes enfrentan distintos factores, como estrés académico, emociones negativas o ingesta emocional, los cuales afectan la calidad de los hábitos alimenticios. Además de los factores ya mencionados, en la investigación llevada a cabo por Deliens y sus colegas, se presentaron distintos determinantes en los universitarios que influyen en una correcta alimentación, como lo son los procesos de autorregulación, motivaciones, autocontrol o la gestión del tiempo, (Deliens, et al., 2014). Es por esto que la práctica de una alimentación consciente, independientemente del propósito inicial de su implementación, es un aspecto de suma influencia para fomentar patrones de alimentación sana, equilibrada y un control del peso adecuado. Para poder comprender adecuadamente el concepto de alimentación consciente, es necesario abordarlo desde su origen: la práctica del mindfulness, palabra que puede traducirse como atención plena, conciencia plena o conciencia pura. La cual se refiere a un estado o rasgo de la mente humana de estar atento, a propósito, hacia la experiencia presente con aceptación y sin juzgar (Ausiàs Cebolla, et al., 2014). El Mindful Eating se plantea como una herramienta válida y eficaz para fomentar una educación alimentaria integral donde a la persona se le dan a conocer muchos más ámbitos de su alimentación que en una educación alimentaria común y convencional. En base a esto, podemos describir la Atención Consciente como una herramienta clave en una buena alimentación. (Moreno de Castro, 2021). La actual cultura alimentaria ha provocado serios problemas de salud en varios sectores de la población, los cuales podrían cambiar con la implementación de técnicas de Mindful Eating. Esta disciplina aumenta la persistencia en las personas, cualidad muy importante a la hora de mantener unos buenos hábitos de vida. En los últimos años esta práctica ha adquirido un respaldo empírico sustancial, por lo que cada vez más profesionales de la nutrición y la psicología se han interesado en incluir estas técnicas en sus consultas. (Moreno de Castro, 2021). Investigaciones como la efectuada por Díaz-Tendero, evidencian el efecto que producen talleres centrados en la práctica de la alimentación consciente en personas con episodios de atracón, en dicha investigación se produjo un cambio en la manera en que las mismas se relacionaban con los alimentos, tomando conciencia del aquí y ahora en lo que respecta a la alimentación, llevando a los participantes a tener un cambio no solamente en ese aspecto, sino también en otros ámbitos de su vida, además hubo cambios en la concientización y la distinción de emociones, sensaciones y cogniciones, (Díaz-Tendero, et al., 2018). La investigación realizada por Pintado-Cucarella y Rodríguez-Salgado, titulada "Comer con atención plena y su relación con el índice de masa corporal, atracones, ansiedad y afecto negativo", arroja luz sobre los factores que impactan en la práctica de la alimentación consciente. Según los hallazgos de este estudio, se encontró una relación significativa entre la falta de conciencia en la alimentación y niveles elevados de ansiedad y afecto negativo (Pintado-Cucarella y Rodríguez-Salgado, 2016). Por otro lado, los resultados de la investigación ejecutada por Beatriz-Mollard en la cual se utilizó como instrumento el MEQ y se llevó a cabo el análisis de la práctica de alimentación consciente durante la ventana de ingesta de los adultos que realizan Ayuno Intermitente. La autora concluyó que los participantes tienen dificultades

para comer con atención plena, o no saben cómo hacerlo. Prevaleciendo principalmente los factores de Señales Externas y Desinhibición asociados a la toma de conciencia de los desencadenantes de la alimentación (Beatriz-Mollard, 2022). La importancia de la presente investigación reside en la aportación de información acerca de cómo es la alimentación consciente entre hombres y mujeres universitarios de la UMSNH, lo cual nos orienta a reflexionar el cómo los hábitos alimenticios pueden influir en su bienestar. Sumando aportaciones teóricas para futuras investigaciones.

OBJETIVO. Conocer si existe diferencia en el nivel de alimentación consciente entre hombres y mujeres, a su vez, los objetivos particulares son, conocer el nivel de alimentación consciente en hombres y conocer el nivel de alimentación consciente en mujeres.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Diseño. Esta investigación fue de carácter no experimental de tipo descriptivo-diferencial con diseño transversal. La muestra del estudio fue no probabilística, seleccionada por conveniencia directa e intencionalmente, procurando ciertos niveles de homogeneidad en el grupo.

Participantes. La muestra estuvo compuesta por un total de 381 alumnos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de los cuales 190 son mujeres (49.8%), 151 hombres (39.3%) y los 40 restantes no especificaron su sexo (10.4%). La edad de los participantes se encuentra comprendida entre los 17 y 28 años, con una edad media de 20.2 años y una desviación estándar de 1.77.

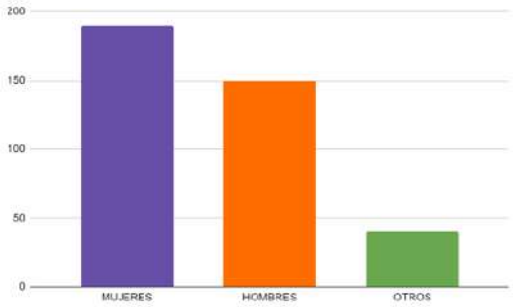
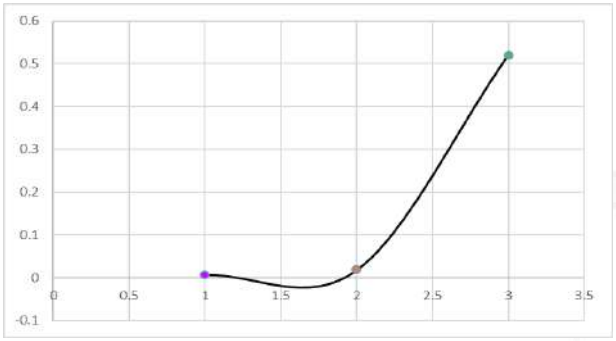


Fig 1. Distribución de los participantes de acuerdo a su género, en donde el color morado representa la cantidad de mujeres, el anaranjado a los hombres y el verde a las personas que no especificaron.

Instrumentos. Como instrumentación para la medida de la variable "alimentación consciente", se ha utilizado el Cuestionario de Alimentación Consciente. Este cuestionario es una adaptación del Mindful Eating Questionnaire (MEQ), que consta de 28 reactivos, los cuales se puntúan en una escala de cuatro intervalos con un rango que va desde 1 (Nunca), 2 (Raramente), 3 (A menudo), hasta 4 (Siempre). La fiabilidad de esta escala es de 0,64; la cuál está factorizada en cinco dimensiones las cuales son: desinhibición, consciencia, señales externas, respuestas emocionales y distracción

Procedimiento. Las escalas fueron aplicadas individualmente a estudiantes universitarios sin ninguna característica específica de diversas facultades en el complejo educativo de Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; cada aplicación individual tuvo una duración aproximada de 7 minutos, las cuales se realizaron durante el día 7 de mayo del 2024, bajo condiciones voluntarias, anónimas y no estandarizadas.



Análisis de datos. El procedimiento fue realizado con el programa de JASP versión 0.18.3 para Windows. Se utilizó la prueba estadística de Kruskall-Wallis con el propósito de determinar si existen diferencias entre los los grupos, así mismo se utilizaron contrastes y gráficos descriptivos.

RESULTADOS. Utilizando la prueba estadística de Kruskall-Wallis se tuvo un valor de p del 0.006, mostrando una diferencia entre el grupo Mujeres con el de Hombres (p=0.007), pero tomando en cuenta la muestra de personas que decidieron no especificar (NE), la diferencia con los otros grupos es diferente para cada uno, hubo diferencia entre los grupos NE y Mujeres (0.018), por otro lado se mostró una igualdad entre los grupos NE y Hombres (0.520).

Grupo	Mujeres	Hombres	Sin especificar
Promedio	74.94	71.82	71.42

Fig 2. *Gráfica de dispersión de la diferencia entre grupos, siendo el grupo 1 Mujeres, 2 Hombres y 3 No especificado*
Fig 3. *Promedio de Alimentación Consciente a partir del género*

CONCLUSIONES. En base a los resultados obtenidos en la investigación, los datos indican que la hipótesis de investigación se apoya, es decir que existe diferencia entre los grupos Mujeres y Hombres. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que también han examinado esta relación. Existen investigaciones que respaldan la idea de que el género puede desempeñar un papel importante en la forma en que las personas se relacionan con la comida y adoptan prácticas de alimentación consciente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no todos los estudios han encontrado diferencias significativas de género en la alimentación consciente. Así mismo estos resultados resaltan la complejidad de este tema y sugieren que pueden existir otros factores, además del género, que influyen en los niveles de alimentación consciente en diferentes poblaciones. En conjunto, estos hallazgos enfatizan la importancia de continuar investigando esta área para comprender mejor cómo el género y otros factores pueden influir en la alimentación consciente y, en última instancia, en la salud y el bienestar de la población universitaria y más allá. Resaltando la relevancia de implementación de distintas prácticas sobre alimentación consciente en estudiantes universitarios, esto debido a que como menciona Deliens, et al., (2014), “los determinantes se vuelven más importantes después de la transición de la secundaria a la universidad, cuando la independencia aumenta posteriormente” (p. 8).

REFERENCIAS.

1. Ausiàs Cebolla, et al. (2014). Mindfulness y ciencia: De la tradición a la modernidad. Alianza Editorial
2. Deliens, et al. (2014). Determinants of eating behaviour in university students: a qualitative study using focus group discussions. BMC Public Health.

3. Díaz-Tendero, D., et al. (2018). Mindfulness in the control of binge eating, the perspective of a Chilean adult group. Revista Mexicana de Trastornos Alimentarios. 10(1), 75-84.
4. Kristeller, J. L., y Epel, E. (2014). Mindful Eating and Mindless Eating. The Science
5. And The Practice.
6. Mollard, A., (2022). Alimentación consciente durante la ventana de ingesta calórica,
7. en adultos que practican ayuno intermitente 16/8 a voluntad, en Capital Federal y Gran Buenos Aires, durante 2021: estudio observacional transversal. [Trabajo Final de Grado]. Universidad ISALUD
8. Moreno de Castro, M. (2021). ALIMENTACIÓN CONSCIENTE EN LA CONSULTA DE NUTRICIÓN. [Trabajo Final de Grado]. Universidad Europea Madrid.
9. Morillo, H., & García Campayo, J. (2017). ALIMENTACIÓN CONSCIENTE. Psicosomática y Psiquiatría.
10. Pintado-Cucarella, S., y Rodríguez-Salgado, P. (2016). Mindful eating and its relationship with body mass index, binge eating, anxiety and negative affect. Journal of Behavior, Health & Social Issues, 8(2), 19-24.
11. Wansink, B. (2007). Mindless eating: Why we eat more than we think. New York, NY: Bantam Books.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424122**

ANÁLISIS DE LAS FINANZAS PUBLICAS DE CIUDAD HIDALGO

***Maria Fernanda Baca Rosas*[1]**
1Instituto Tecnológico Superior de Ciudad hidalgo; fer0808br@gmail.co

Palabras Clave: Finanzas, ingresos, egresos.

RESUMEN. Muchos estados enfrentan déficits en sus presupuestos debido a ingresos insuficientes o gastos elevados, lo que puede llevar a la acumulación de deuda. Si las finanzas de un municipio mejoran, tendría un impacto positivo en las finanzas del estado, aportarían más, lo que beneficiaría al presupuesto estatal. Ciudad Hidalgo, un municipio situado en una zona rural y montañosa, ubicado en la región oriente del Estado de Michoacán, sobre la ruta México - Morelia –Guadalajara. La ciudad es reconocida por su actividad agrícola, comercial y artesanal, además de ser un punto de atracción turística por su entorno natural y cultural. Sin embargo, como muchas otras municipalidades mexicanas, enfrenta retos significativos en la administración de sus recursos financieros. Esta investigación tiene como objetivo analizar las finanzas públicas de esta región, identificando las oportunidades para optimizar sus recursos públicos y promoviendo así el crecimiento económico y mejorando el bienestar social. Se utilizo un enfoque mixto que combina el análisis cuantitativo y cualitativo. se recopilaron y analizaron los ingresos y egresos del 2017 al 2023. Se identificaron los factores que contribuyen a la eficiencia y sostenibilidad de las finanzas públicas y se generaron recomendaciones para optimizar el gasto público y fortalecer la transparencia. La elaboración de la investigación dio como resultado que sus finanzas no eran estables y carecían en ciertos aspectos, por lo que hay desafíos significativos, en términos de recaudación y eficiencia del gasto. Actualmente, el municipio cobra impuestos sobre la propiedad (predial), licencias comerciales, derechos de servicios públicos (agua, saneamiento), y otros impuestos menores. Sin embargo, la eficiencia en la recaudación es un desafío. La actualización de los padrones de contribuyentes, la modernización de los sistemas de cobro, y la sensibilización de la ciudadanía sobre la importancia del pago de impuestos son estrategias necesarias para mejorar esta fuente de ingresos.

INTRODUCCIÓN. El estudio de las finanzas públicas en entornos locales, como el municipio de Ciudad Hidalgo en el estado de Michoacán de Ocampo, México, demuestra una importancia fundamental para la comprensión y mejora de la gestión gubernamental y el bienestar de sus habitantes. Las finanzas públicas se refieren a la administración de los ingresos y gastos del gobierno y, en el contexto municipal, implican una serie de desafíos y oportunidades únicos que merecen un análisis detallado. Ciudad Hidalgo, también conocida como Hidalgo, es una localidad con una rica historia y un dinamismo económico característico de muchas regiones del centro de México. La ciudad es reconocida por su actividad agrícola, comercial y artesanal, además de ser un punto de atracción turística por su entorno natural y cultural. Sin embargo, como muchas otras municipalidades mexicanas, enfrenta retos significativos en la administración de sus recursos financieros. Este trabajo de investigación se centra en explorar y analizar las finanzas públicas de Ciudad Hidalgo,

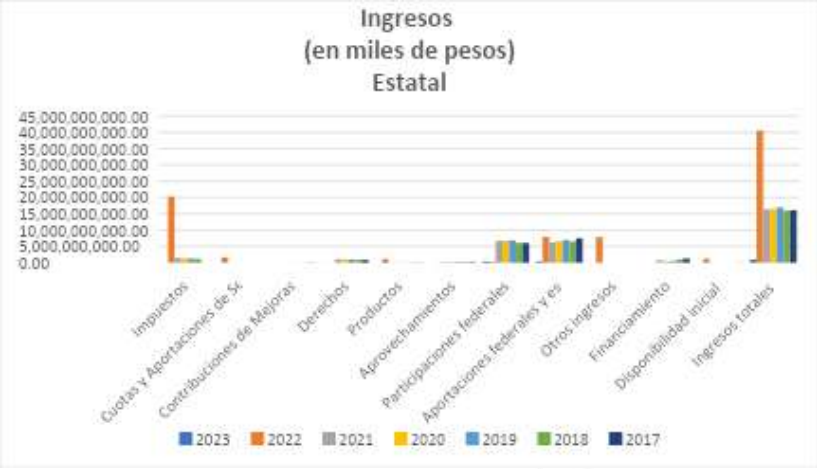
abordando aspectos clave como la estructura de ingresos y gastos, el manejo de la deuda pública. La finalidad de este estudio es proporcionar una visión comprensiva del estado actual de las finanzas públicas de la ciudad, identificando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que puedan influir en su desarrollo económico y social.
OBJETIVO. Conocer cómo se interpreta la información financiera de los entes de gobierno, para tomar decisiones financieras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Analizar la estructura de ingresos y gastos del Municipio de Ciudad Hidalgo: Identificar las fuentes de ingresos y gastos del Municipio. Evaluar la transparencia y responsabilidad en la gestión de las finanzas públicas: Analizar la disponibilidad y accesibilidad de la información financiera del Municipio. Identificar oportunidades de mejora en la gestión de las finanzas públicas: Detectar áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia, eficacia y transparencia en la gestión de las finanzas públicas del Municipio.

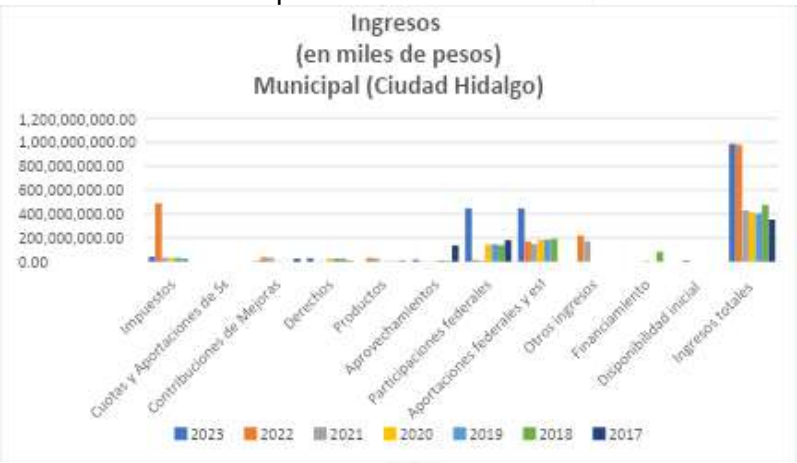
RESULTADOS.



La gráfica indica que los ingresos totales del gobierno federal han aumentado de manera constante a lo largo de los años, con un crecimiento especialmente pronunciado de los años 2017 a 2022. Las categorías que más contribuyen a este aumento incluyen impuestos, cuotas y aportaciones de seguridad social y participaciones. Este incremento podría reflejar una mayor eficiencia en la recaudación de impuestos, un aumento en las contribuciones a la seguridad social, así como una mayor obtención de ingresos por financiamiento.



La gráfica muestra que los ingresos federales han crecido de manera significativa desde 2017 hasta 2023. Este crecimiento ha sido impulsado principalmente por el aumento de los ingresos por impuestos. Los ingresos por cuotas y derechos también han crecido de manera constante, aunque a un ritmo más lento que los ingresos por impuestos. Los ingresos por contribuciones de seguridad social, productos, aprovechamientos, participaciones federales, aportaciones para el retiro y otros ingresos han tenido un crecimiento más variado durante este período.



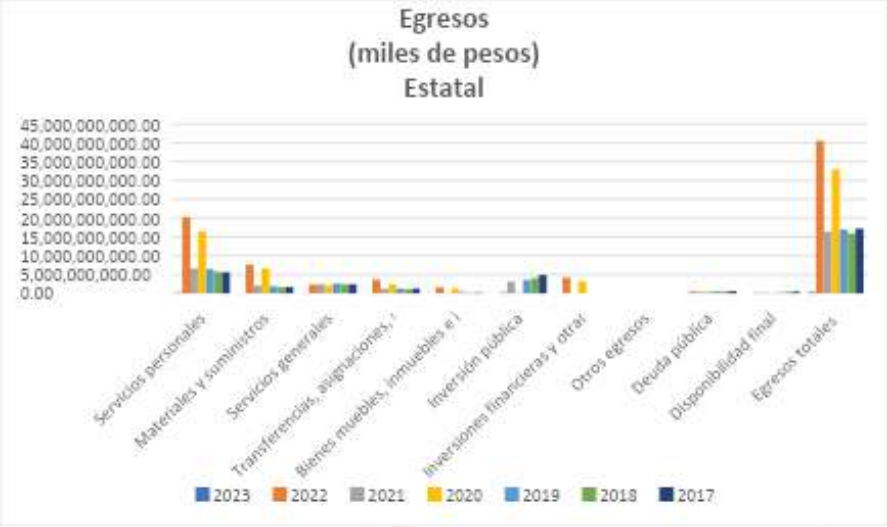
La gráfica muestra los ingresos del gobierno Municipal de Ciudad Hidalgo, medidos en miles de pesos, desde el año 2017 hasta 2023. Cada año se representa con un color específico en una presentación tridimensional:
El municipio de Ciudad Hidalgo ha experimentado un crecimiento sostenido en sus ingresos totales, impulsado principalmente por las participaciones y aportaciones. Las tendencias en las distintas categorías reflejan tanto estabilidad como variabilidad, con ciertas fuentes de ingresos mostrando picos en años específicos.

TABLAS DE COMPARACION DE LOS EGRESOS FEDERALES, ESTATALES Y MUNICIPALES DEL 2017-2023.

La gráfica muestra los egresos federales en diferentes categorías, medidos en miles de pesos, para los años 2017 a 2023.



La gráfica indica que los egresos totales del gobierno federal han aumentado a lo largo del tiempo, con un crecimiento particularmente pronunciado en el año 2020. Las categorías que más contribuyen a este aumento incluyen servicios personales, transferencias y subsidios, deuda pública, y otros gastos. Este aumento podría reflejar una mayor inversión en infraestructura, incrementos en salarios y beneficios de empleados públicos, así como un mayor gasto en programas sociales y pagos de deuda.



En el año 2018 se vio una disminución de los egresos respecto al año 2017, aunque en los bienes muebles hubo un declive en el año 2023 logro aumentar, pero en el 2022 fue cuando hubo mayores egresos totales entre todos los años que se están presentando, en donde se encontró un menor crecimiento fue en los otros egresos y en las inversiones esto en gran medida afecto al resultado final de todos los egresos a nivel estatal.

REFERENCIAS.

1. Hidalgo. (s/f). Data México. Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/hidalgo-16034
2. Gob.mx. Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/381099/Tomo_4_Guia_para_el_Buen_Gobierno_Municipal.pdf

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424125

METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO SUSTENTABLE: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Jessica Nuñez Carvajal[1], Marco Alberto Valenzo Jiménez[2], Arcadio González Samaniego[3]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1823703e@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; marco.valenzo@umich.mx

3Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías; arcadio.gonzalez@umich.mx

Palabras Clave: Administración de la cadena de suministro sustentable, Metodología de la investigación, Análisis Bibliométrico, Web of Science.

RESUMEN. En la actualidad las industrias buscan continuamente transformar sus operaciones en la cadena de suministro (SC, por sus siglas en inglés) con el objetivo de minimizar su impacto en el medio ambiente. Una gestión eficiente de la SC es fundamental para aumentar la competitividad. La incorporación de aspectos sociales y ambientales a la perspectiva económica tradicional da lugar a la administración de la cadena de suministro sustentable (SSCM, por sus siglas en inglés), lo que se ha denominado Triple Bottom Line. No existe un consenso en las técnicas de investigación en esta temática. La pregunta que condujo la presente investigación fue: ¿cuáles son las tendencias en metodologías en la investigación sobre la administración de la cadena de suministro sustentable? Para lograr el objetivo se realizó un análisis bibliométrico de publicaciones sobre la administración de la cadena de suministro sustentable en la base de datos Web of Science, utilizando la palabra clave "Supply Sustainability Chain Management". La temporalidad fue el año 2024. Se encontraron 64 documentos descartándose 21 por los recursos disponibles. Fueron analizados los resúmenes de 43 documentos, identificándose 14 diferentes metodologías, de las cuales cuatro fueron cualitativas, ocho cuantitativas y dos de revisiones de literatura. Se identificó mediante el análisis de las palabras clave que aunado a la Sustentabilidad y a la SSCM, la industria 4.0 y el blockchain son factores que impactan en el desempeño de las empresas. Son necesarias herramientas y metodologías replicables de investigación para robustecer esta área de la ciencia. Existe una creciente necesidad de integrar la sustentabilidad en la administración de la cadena de suministro, equilibrando los objetivos económicos con los ambientales y los sociales.

INTRODUCCIÓN. La creciente demanda de productos y prácticas sostenibles, impulsada por la preocupación ambiental de consumidores y gobiernos, ha manifestado la necesidad crucial de integrar la sustentabilidad en la administración de la cadena de suministro (SCM, por sus siglas en inglés).

ANTECEDENTES. La cadena de suministro (SC, por sus siglas en inglés), analiza al flujo de materiales, información y capital entre empresas, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final al consumidor (Fontana et al., 2024). La SCM

surge como una evolución natural de la necesidad de gestionar eficientemente los procesos dentro de la cadena de suministro, enfocándose en controlar y administrar el flujo de información, materiales y capital a lo largo de toda la cadena, buscando la cooperación entre organizaciones para satisfacer las necesidades de los clientes y las partes interesadas (Gonçalves et al., 2024). Mediante la gestión de las relaciones con clientes y proveedores se fortalece su eficiencia, la optimización de los niveles de intercambio información entre los miembros de la cadena, así como la implementación de estrategias como el aplazamiento (Atstāja & Mukem, 2024). Es objetivo clave de la SCM optimizar el uso de los recursos, reducir costos y mejorar la eficiencia en toda la cadena de suministro (Mahmood et al., 2024).

La administración de la cadena de suministro sustentable (SSCM, por sus siglas en inglés) representa una evolución de la SCM, incorporando consideraciones ambientales, sociales y económicas, logrando así un rendimiento a largo plazo que beneficie a las empresas, la sociedad y el medio ambiente (Sun et al., 2024). Sus tres dimensiones, son:

- Dimensión económica: Busca el retorno de la inversión, el aumento de ventas, la gestión eficiente de los recursos financieros, la rentabilidad, la resiliencia financiera y la estabilidad empresarial a largo plazo (Bello & Mbhele, 2024).
- Dimensión ambiental: Se centra en la eficiencia energética, la reducción del uso de recursos naturales y la minimización del impacto ambiental de las operaciones (Attia & Uddin, 2024).
- Dimensión social: Busca mejorar las condiciones laborales, proteger los derechos humanos, promover la salud y seguridad ocupacional, y contribuir al desarrollo de las comunidades (Huang et al., 2024).

La SSCM se está volviendo cada vez más relevante en el contexto empresarial actual, ya que las empresas buscan ser más competitivas y responsables con su entorno.

OBJETIVO. Identificar y analizar las tendencias de las metodologías en la investigación sobre la administración de la cadena de suministro sustentable en la literatura científica.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un análisis bibliométrico de las publicaciones realizadas sobre la SSCM. La revisión fue hecha en la base de datos Web of Science, reconocida por la calidad de las publicaciones que alberga. La temporalidad fue el año 2024. La palabra clave utilizada fue “Supply Sustentability Chain Management”. Se realizó la búsqueda en el título, resumen y palabras clave, conocido como Topic. Se analizaron los artículos, artículos de revisión y early access. No se restringió el idioma a publicar. Se utilizó el siguiente comando: “"sustainable supply chain management" (Topic) and 2024 (Publication Years) and Article or Early Access or Review Article (Document Types)”.

RESULTADOS. Se encontraron 64 artículos que cumplieron los requisitos marcados. (Tabla 1). No se lograron encontrar 21 documentos con los recursos disponibles, quedando 43 documentos los cuales fueron analizados. Se revisaron los resúmenes de los documentos, identificando las metodologías implementadas. Se encontraron 14 diferentes metodologías, de las cuales cuatro fueron cualitativas, ocho cuantitativas y dos revisiones de literatura.

Tipo de Investigación	Metodología	Descripción	Autores (2024)

Cualitativa	Análisis Cualitativo de Contenido	Examina y resume el contenido de textos, en este caso, artículos de investigación.	(Fontana *et al*.)
	Estudios de Caso Múltiple	Analiza en profundidad un fenómeno en su contexto real mediante múltiples casos de estudio.	(Abbasi *et al*.; Alexander et al.; Najjar et al.)
	Dinámica de Sistemas	Analiza y modelar el comportamiento temporal en entornos complejos.	(Hamed *et al*.)
	Fuzzy Analytical Hierarchy Process (F-AHP)	Evalúa y prioriza problemas complejos de toma de decisiones, permitiendo la inclusión de datos imprecisos o inciertos en el proceso.	(Bello & Mbhele,)
Cuantitativa	*PLS-SEM*	Analiza relaciones entre variables, especia con datos no paramétricos o muestras pequeñas.	(Fayyaz *et al*.; Harouache *et al*.; Huang *et al*.; M. Zhou *et al*.)
	Modelado de Ecuaciones Estructurales *(SEM)*	Permite analizar patrones complejos de relaciones entre variables, realizar comparaciones entre e intragrupos.	(Coşkun & Erturgut,; Mahmood *et al*.; Shebeshe & Sharma,)
	Análisis Econométrico	Examina la relación entre variables económicas.	(Ahmadi-Gh *et al*.; Chen & Li; Madonna *et al*.)
	DEMATEL	Analiza y visualiza las relaciones causa-efecto entre elementos de un sistema complejo.	(Quayson *et al*.)
	Fuzzy Utilities-Additives STAR (UTASTAR	Es un método de toma de decisiones multicriterio compensatorio que permite tener en cuenta la incertidumbre y la vaguedad en las evaluaciones de los proveedores utilizando lógica difusa.	(Hakimi *et al*.)
	Best-Worst Method (BWM)	Método de toma de decisiones que compara criterios por pares para determinar su importancia relativa.	(Gonçalves *et al*.)
	MARCOS	Evalúa y clasifica alternativas utilizando un enfoque de compromiso para encontrar la mejor solución.	(Attia & Uddin; Jayalath *et al*.)

	Metaheurísticas	Algoritmos inspirados en la naturaleza para optimizar sistemas complejos y encontrar soluciones.	(Caramia & Stecca,)
Revisión de Literatura	Análisis Bibliométrico	Analiza la literatura para identificar tendencias de investigación en campos específico.	(Atstāja & Mukem,; Egami,; Osuna-Velarde *et al*.; Srivastava et al.)
	Revisión Sistemática de Literatura	Sintetiza los hallazgos de investigaciones previas sobre un tema en particular.	(Ali,; Anvarjonov *et al*.; Chiang & Chuang,; Davies *et al*.; Galdos-Urbizu *et al*.; Gao; Kumar & Kumar; Patalas-Maliszewska & Łosyk; Sun *et al*.; Sundarakani *et al*.; Tseng *et al*.; Valencia-Payan *et al*.; Vandana *et al*.; Yuan *et al*.; S. Zhou *et al*.)

Tabla 1 *Clasificación de Metodologías por Tipo de Investigación.*

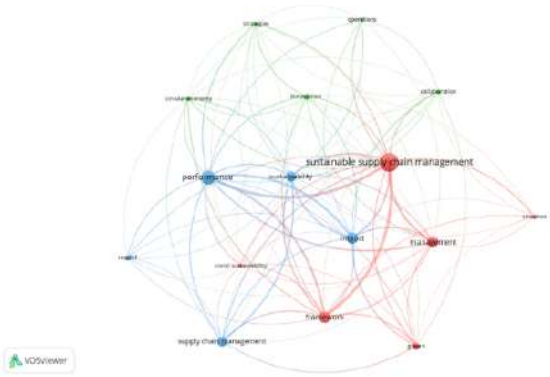
A continuación se analizó la frecuencia o importancia de los términos relacionados con la SSCM (Fig.1). Resalta la palabra *"sustainability"*, indicando el tema central. Otros términos significativos incluyen *"sustainable supply chain"*, *"sustainable development"*, *"circular economy"*, *"triple bottom line"* e *"industry 4.0".* Esto indica un enfoque en la sustentabilidad en el contexto de la SCM, las prácticas industriales y el desempeño económico. Se identificó que aunado a la Sustentabilidad y a la SSCM, la industria 4.0 y el *blockchain* son factores que impactan en el desempeño de las empresas.



Figura 1 *Nube de Palabras Clave.*

Se analizó la coocurrencia de las palabras clave con las 50 más mencionadas, con el programa *VOSviewer.* El mapa muestra una densa interconexión entre términos como *"sustainable supply chain management", "performance", "management*" y *"framework"*, lo que indica que estos son componentes centrales en el discurso sobre las cadenas de suministro sustentables (Fig.2).

Figura 2 *Redes de Palabras Clave.*



CONCLUSIONES. Se requieren herramientas y metodologías robustas y replicables de investigación para apoyar la toma de decisiones en un contexto de incertidumbre y complejidad. Las crecientes preocupaciones ambientales de los consumidores y gobiernos están impulsando la demanda de productos y prácticas sostenibles. Existe una creciente necesidad de integrar la sustentabilidad en la gestión de la cadena de suministro, equilibrando los objetivos económicos con los ambientales.

AGRADECIMIENTO. Se agradece al ICTI por su apoyo para esta investigación.

REFERENCIAS.

1. Ahmadi-Gh, Z., Bello-Pintado, A., Bortolotti, T., & Boscari, S. (2024). Sustainability drivers and national culture in buyer-supplier environmental practices: an institutional perspective. European Business Review, 36(5), 710–724. https://doi.org/10.1108/EBR-06-2023-0183
2. Atstāja, D., & Mukem, K. W. (2024). Sustainable Supply Chain Management in the Oil and Gas Industry in Developing Countries as a Part of the Quadruple Helix Concept: A Systematic Literature Review. In Sustainability (Switzerland) (Vol. 16, Issue 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/su16051776
3. Attia, E. A., & Uddin, M. S. (2024). Hybrid Assessment for Strengthening Supply Chain Resilience and Sustainability: A Comprehensive Analysis. Sustainability (Switzerland) , 16(10). https://doi.org/10.3390/su16104010
4. Bello, A. O., & Mbhele, T. P. (2024). A Fuzzy-AHP Multi-Criteria Decision-Making Approach for a Sustainable Supply Chain of Rice Farming Stakeholders in Edu-Patigi LGA, Kwara State, Nigeria. Sustainability (Switzerland) , 16(5). https://doi.org/10.3390/su16051751
5. Fontana, E., Atif, M., & Sarwar, H. (2024). Pressures for sub-supplier sustainability compliance: The importance of target markets in textile and garment supply chains. Business Strategy and the Environment, 33(5), 3794–3810. https://doi.org/10.1002/bse.3680
6. Gonçalves, H., Magalhães, V. S. M., Ferreira, L. M. D. F., & Arantes, A. (2024). Overcoming Barriers to Sustainable Supply Chain Management in Small and Medium-Sized Enterprises: A Multi-Criteria Decision-Making Approach. Sustainability (Switzerland), 16(2). https://doi.org/10.3390/su16020506
7. Huang, M., Law, K. M. Y., & Ouyang, Z. (2024). Sustainable human resource management practices and corporate sustainable supply chain: the moderating role of firm technology orientation. Enterprise Information Systems, 18(6). https://doi.org/10.1080/17517575.2024.2351862
8. Mahmood, S., Misra, P., Sun, H., Luqman, A., & Papa, A. (2024). Sustainable infrastructure, energy projects, and economic growth: mediating role of sustainable supply chain management. Annals of Operations Research. https://doi.org/10.1007/s10479-023-05777-6
9. Sun, L., Ong, T. S., Teh, B. H., & Di Vaio, A. (2024). Sustainable performance measurement through digital transformation within the sustainable development framework: The mediating effect of supply chain concentration. Sustainable Development. https://doi.org/10.1002/sd.3007

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424129

REVISIÓN Y REESCRITURA DEL ARTÍCULO ACADÉMICO-CIENTÍFICO: UN ENFOQUE ASISTIDO POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Sofía Andrade Juárez[1], Olga López Pérez[2], Karina Cortés Melchor[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2018907c@umich.com
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; olga.lopez@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; karina.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Revisión, Artículo académico-científico.

RESUMEN. En la universidad, las prácticas de lectura y escritura son esenciales para comunicar y construir el conocimiento. Principalmente, la escritura de artículos académico-científicos han mostrado un desafío para los estudiantes, esto a raíz del desconocimiento de la escritura en la disciplina, además de la inexperiencia en la investigación y en posicionarse como autores y profesionistas, entre otros (Corselles et al., 2017). Por su parte, las nuevas tecnologías han optimizado el proceso de enseñanza-aprendizaje, en este sentido, el uso de las Inteligencias Artificiales (IA) han abierto posibilidades para enfrentarlos mediante la revisión personalizada de textos, el acceso a recursos y la eficiencia en el proceso educativo (Vera, 2023). Especialmente, en la revisión de artículos Yuan (2022) y Bartoli et al. (2016) plantean el uso de la IA para la revisión en cuanto a su uso pertinente en la educación superior. En este contexto, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo posicionar las IA como asistentes de apoyo en el proceso de revisión durante la elaboración de artículos académico-científicos en la universidad?. Con el objetivo de promover la reescritura a través de la revisión asistida por la IA se utilizó un diseño cualitativo de alcance descriptivo, organizado en tres momentos; 1) revisión sistemática orientada a la inteligencia artificial y formas de revisión escrita; 2) análisis FODA sobre el Platform for Open Exploration (POE); 3) Diseño de un instrumento de evaluación y orientación enfocado en la escritura. El resultado responde a la creación de una guía para el uso de Platform for Open Exploration (POE) como herramienta de apoyo en la escritura del artículo-académico, enfatizando su uso responsable, así como beneficios, limitaciones para la revisión en cuanto a la estructura gramatical y ortográfica del artículo académico-científico. Los resultados contribuyen al debate teórico sobre el uso y alcance de IA como asistente de la inteligencia humana al posicionarse como recursos prácticos que fomentan la reescritura del género científico.

INTRODUCCIÓN. En la universidad las prácticas de lectura y escritura son esenciales ya que permiten acceder, comunicar y construir el conocimiento, siendo la escritura una herramienta importante para su difusión (Lerner et al., 2010). Especialmente, la escritura de artículos académico-científicos tienen como función ser una herramienta para que el profesionista participe dentro de su comunidad académica, sin embargo, su elaboración ha mostrado diversos desafíos en su escritura, entre ellos por causa del desconocimiento de la escritura en la disciplina, inexperiencia en la investigación y el posicionamiento como

expertos de la disciplina (Corselles et al., 2017). Por otro lado, la revisión de la escritura acompaña y orienta al profesional permitiendo identificar áreas de mejora y propiciar una reflexión respecto a su desempeño. Siendo así que el proceso de revisión requiere un esfuerzo mental indicando los cambios que se debe realizar el autor (Arias-Gundín & García-Sánchez, 2006). En este sentido, el uso de las Inteligencias Artificiales (IA) han sido un motivo de reflexión en su función para los procesos de enseñanza-aprendizaje (Sánchez & Carbajal, 2023). Al mismo tiempo, se han generado diversas investigaciones sobre su uso y aplicación, siendo enfocadas como un recurso de aprendizaje, acompañamiento, autorregulación, entre otros (Gallent-Torres et al., 2023) y a su vez como una herramienta para proporcionar revisiones personalizadas de textos, accesos a recursos, eficacia y eficiencia en el proceso educativo (Vera, 2023). Especialmente, en la revisión de artículos Yuan et al. (2021) y Bartoli et al. (2016) plantean el uso de la IA para la revisión en cuanto a su uso pertinente en la educación superior. Por lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo posicionar las IA como asistente de apoyo en el proceso de revisión durante la elaboración de artículos académico-científicos en la universidad?

MATERIALES Y MÉTODOS. El objetivo principal de este trabajo responde a promover la reescritura a través de la revisión asistida por la IA. Se utilizó un enfoque cualitativo de tipo descriptivo,organizado en cuatro momentos; 1) revisión sistemática orientada a la inteligencia artificial y formas de revisión escrita; 2) análisis FODA de Platform for Open Exploration (POE); 3) Diseño de un instrumento de evaluación y orientación enfocado en la escritura; 4; Elaboración de una guía para el uso del chatbot. Añadiendo el análisis FODA como una herramienta de planificación que permite una mejor la toma de decisiones estratégicas (Jiménez et al., 2023) a partir de cuatro puntos clave: 1) Fortalezas; 2) Debilidades; 3) Oportunidades; 4) Amenazas, esta estrategia para evaluar la plataforma POE, permite obtener resultados confiables para valorarlo como asistente complementario para la revisión del artículo, en especial, sobre si esta plataforma permite la interacción fluida entre diversos chatbots.

RESULTADOS. En los resultados obtenidos de la revisión sistemática se lograron identificar que existen diversos desafíos en torno al momento de realizar la revisión de la escritura, como la destacando principalmente la falta de información para realizarla y falta de tiempo (Carless y Winstone, 2020), estas dificultades afectan directamente la calidad de la revisión, especialmente en la escritura científica, donde la precisión y el rigor son fundamentales, al igual se identifica que existe un desconocimiento de las formas para proporcionar revisiones, dejándolo en su mayoría con marcas gráficas o líneas, sin embargo, los beneficios que se identificaron al proporcionar una revisión, es que los estudiantes obtienen la oportunidad de reflexión a partir de las revisiones ya que les permite enfocarse en las áreas de mejora y se motivan.

Por el contrario también se identificaron beneficios del uso de la IA en la revisión como la tutoría personalizada, aprendizaje colaborativo, eficiencia y eficacia (Luckin et al., 2019; Vera 2023). Posteriormente se proponen el uso de POE (véase Figura 1) para complementar el proceso de revisión del artículo académico-científico para el uso como asistente virtual en la revisión gramatical y ortográfica. Asimismo, con el análisis FODA se observaron los beneficios y limitaciones de la plataforma para el uso de revisión de la escritura del artículo académico-científico (véase Figura 2).



Fig. 1 *Página central de Platform for Open Exploration (POE)*



Fig. 2 Análisis FODA de la plataforma POE

Así, del análisis FODA se destacan los siguientes beneficios: tiene una correcta revisión en cuanto a la coherencia, gramática y ortografía, es personalizable y da la opción de dar comentarios y revisiones positivas, señalando el cambio, más no haciéndolo. Entre sus limitaciones se encontró que mantiene sesgos en la información, no distingue la escritura de la disciplina, citas y referencias inexistentes o manipula ciertos datos de la información y el uso ético.

De acuerdo a lo identificado en el análisis FODA se diseñó una de una guía para el uso de la plataforma como herramientas de apoyo en la escritura del artículo-académico, enfatizando su uso responsable, capacidades para la revisión en cuanto a la estructura gramatical y ortográfica. Por lo tanto, los resultados contribuyen al debate teórico sobre el uso y alcance de IA como asistente de la inteligencia humana al posicionarse como recursos prácticos que fomentan la reescritura del género científico.

CONCLUSIONES. Para finalizar, cabe destacar que el uso de una plataforma como POE y la IA como asistente virtual para la revisión del artículo académico-científico, ofrece la oportunidad de optimizar el proceso de escritura, siendo un apoyo para el estudiante

dándole la posibilidad de mejora desde lo individual haciendo las correcciones necesarias para su reescritura, así como obtener el beneficio de la revisión personalizada. Por su parte para los docentes, resulta un apoyo para la revisión de la gramática, ortografía y estructura, permitiéndoles enfocar las revisiones principalmente al contenido escrito. Sin embargo, es esencial tomar en cuenta las limitaciones, sesgos y faltas de precisión dentro del contenido disciplinar. Por lo tanto, es necesario hacer un uso responsable y consciente de la IA y verlo como una herramienta para la inteligencia humana. Por todo lo anterior y en continuación con la investigación, se propone como segunda acción la realización de un curso-taller especializado en el uso de la plataforma tanto para docentes y estudiantes, enfocado en la revisión y retroalimentación, beneficios y limitaciones de la IA y la práctica en su uso ético, dentro de las plataformas como POE y las IA.

REFERENCIAS.

1. Arias-Gundín, O., y García-Sánchez, J.-N. (2006). El papel de la revisión en los modelos de escritura. Aula Abierta, 88, 37-51.
2. Bartoli, A., De Lorenzo, A., Medvet, E., & Tarlao, F. (2016). Your paper has been accepted, rejected, or whatever: Automatic generation of scientific paper reviews. In International Conference on Availability, Reliability, and Security, pp. 19–28. Springer.
3. Carless, D., & Winstone, N. (2020). Teacher feedback literacy and its interplay with student feedback literacy. Teaching In Higher Education, 28(1). https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1782372
4. Corcelles, M., Cano, M., Mayoral, P., y Castelló, M. (2017). Enseñar a escribir un artículo de investigación mediante la revisión colaborativa: Percepciones de los estudiantes. Revista Signos, 50(95), 337-360. https://doi.org/10.4067/s0718-09342017000300337.
5. Gallent-Torres, C., Zapata-González, A., y Ortego-Hernando, J. L. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en la educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. https://www.redalyc.org/journal/916/91676028011/html/
6. Jiménez, L., López-Gómez, J. A., Martín-Baos, J. A., Romero, F., & Serrano-Guerrero, J. (2023). ChatGPT: reflexiones sobre la irrupción de la inteligencia artificial generativa en la docencia universitaria. Actas de las Jenui, 8. https://aenui.org/actas/pdf/JENUI_2023_014.pdf
7. Lerner, D; A. Larramendy; K. Benchimol (2010). Tensiones de la escritura en el contexto escolar. Análisis desde una investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de contenidos históricos. En Vázquez A.; M. Novo; I. Jakob; L. Pelliza (Comps.). Lectura, escritura y aprendizaje disciplinar. Río Cuarto, Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto, 41-86.
8. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence unleashed: an argument for AI in education. In Pearson Education (p. 60). https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/global/Files/about-pearson/innovation/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf.
9. Sánchez Mendiola, M., & Carbajal Degante, E. (2023). La inteligencia artificial generativa y la educación universitaria¿Salió el genio de la lámpara? Perfiles Educativos, 45. https://perfileseducativos.unam.mx/iisue_pe/index.php/perfiles/article/view/61692
10. Vera, F. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la educación superior: Desafíos y oportunidades. Transformar, 4(1). https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/84
11. Yuan, Y. P., Wei-Han Tan, G., Ooi, K. B., & Lim, W. L. (2021). Can COVID-19 pandemic influence experience response in mobile learning? Telematics and Informatics, 64. https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101676.

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424131**

NIVEL DE ANSIEDAD EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE LA FACULTAD DE PSICOLOGÍA DE LA UMSNH DE 18 A 24 AÑOS

Ana Paola Corona Pineda[1], Sairam Cervantes Vargas[2], Luisa Lizeth Hernandez Guerrero, Johny López Estrada, Alberto Israel Rojas Munguia y Salvador Ortega Munguía.

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2019163j@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1729169b@umich.mx

Palabras Clave: Ansiedad, Beck, clases, estudiantes, inventario y universitarios.

RESUMEN. La ansiedad es una emoción que todo estudiante ha experimentado al enfrentar situaciones estresantes, como hablar en público, realizar exámenes o la práctica de relaciones sociales, con síntomas físicos que se manifiestan en forma de tensión muscular, inquietud o palpitaciones aceleradas. La investigación tuvo como objetivo medir, conocer y comparar el nivel de ansiedad en estudiantes universitarios de la facultad de psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de entre 18 a 24 años, la medición se llevó a cabo con una muestra de 300 estudiantes, entre ellos alumnos del turno vespertino y matutino, incluyendo a estudiantes foráneos y locales de nacionalidad mexicana. Los instrumentos de medición utilizados fueron inventario de ansiedad de Beck (BAI). Se planteó una metodología no experimental, con un enfoque cuantitativo, de alcance comparativo un diseño fenomenológico, aplicando un estudio transversal.

INTRODUCCIÓN. Según la Real Academia Española (2020), “la ansiedad se define como “Estado de agitación, inquietud o zozobra del ánimo lo cual provoca angustia que suele ser acompañada de muchas enfermedades, en particular las neurosis, y que no permite sosiego a los enfermos.”

Este problema trasciende a nivel mundial y es materia de preocupación de gobernantes, de empresarios, intelectuales, académicos, y de expertos en salud (Mamani, 2021). Seguido a esto, la misma ansiedad como reacción especifica de los seres humanos puede repercutir tanto en la parte física como la mental, nos pone en un estado de alerta y activa nuestros sistemas de defensa ante situaciones amenazantes. Otro aspecto importante según Furlan, Ferrero y Gallart (2014) es la ansiedad ante los exámenes e igualmente el procrastinar en las múltiples labores escolares, sumado a esto, el afrontar desafíos presentados en su carrera, obliga a los estudiantes a desarrollar distintas competencias las cuales les permitan estudiar, elaborar proyectos y hacer tareas de forma más eficiente, algo que igualmente genera estrés e inseguridad sino se hace de una manera práctica. Los estudiantes universitarios presentan con mayor frecuencia este tipo de riesgos, y constituyen uno de los grupos de mayor interés para el estudio de la ansiedad, debido a sus exigencias psicológicas, sociales y académicas, aunadas a los altos niveles de estrés que, en conjunto, conllevan a problemas de salud mental. (Sime Navarro, 2019, p. 2). Existen diversos instrumentos para medir la ansiedad, entre estos se encuentra el inventario de ansiedad de Beck (BAI), creado en 1955 con 21 ítems, básicamente el BAI se desarrolló para cubrir la

necesidad que había de un instrumento que pudiera discriminar de manera fiable la ansiedad de la depresión al igual que mostrar validez (Beck et al., 1988).

ANTECEDENTES. En la universidad Industrial de Santander (UIS) se reportó en el 2004, que uno de los trastornos que más fue diagnosticado fue el trastorno de ansiedad, sufriéndolo un 9% de la población en la universidad. (UIS, 2005, como se citó en Vélez, 2008). De igual manera, en la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga (UPB), fue registrado entre los meses de junio y julio de 2005 que el 17% de la población en la universidad la cual fue consultada fue diagnosticada con rasgos ansiosos, y de ese mismo porcentaje, un 75% correspondía a estudiantes de la carrera en psicología. (UPB, 2005, como se citó en Vélez, 2008).

OBJETIVOS. El presente estudio tiene la finalidad de comparar los niveles de ansiedad de los estudiantes de la facultad de psicología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de 18 a 20 y de 21 a 24 años de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Participante. La presente investigación tiene un diseño no experimental de tipo comparativo de diseño transversal, para recabar la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia quedando conformada la muestra total por 300 participantes de la facultad de psicología de la U.M.S.N.H cede Morelia Michoacán, 56 personas de 18 años de edad (19%), 89 personas de 19 años (30%), 69 personas de 20 años (23%), 48 personas de 21 años (16%), 20 personas de 22 años (7%), 7 personas de 23 años (2%) y 11 personas de 24 años (4%), quienes han participado voluntariamente, el rango oscila entre los 18 a 24 años, con una media de 21 años. Todos los participantes son de nacionalidad mexicana, con escolaridad de preparatoria que actualmente cursan la licenciatura en psicología en la U.M.S.N.H.

Instrumentos. Se utilizó el inventario de ansiedad de Beck (BAI). El test está constituido por 21 ítems en forma de afirmación, con formato de respuesta de 4 opciones: en absoluto, levemente, moderadamente y severamente, con puntuaciones de o a 3, cuenta con un alfa de Cronbach de 0.90, el test fue aplicado de manera presencial en hojas de papel, por secciones, dentro de las aulas de la institución al inicio o al final de la clase en un horario de 11:00 a.m a 1:00 p.m, el tiempo aproximado de a aplicación fue de 10 minutos. Para la aplicación de las pruebas primeramente, nos dividimos en grupo de 3 personas y 2 personas para ir a cada aula, pedimos autorización al docente en turno y a los alumnos para la aplicación, posteriormente dimos instrucciones generales sobre el test, en seguida, los estudiantes contestaron el cuestionario y los entregaron para su posterior análisis.

Procedimiento. El test fue aplicado de manera presencial en hojas de papel, por secciones, dentro de las aulas de la institución al inicio o al final de la clase en un horario de 11:00 a.m. a 1:00 p.m., el tiempo aproximado de a aplicación fue de 10 minutos. Para la aplicación de las pruebas, primeramente, nos dividimos en grupo de 3 y 2 personas para ir a cada aula, pedimos autorización al docente en turno y a los alumnos para la aplicación, posteriormente dimos instrucciones generales sobre el test, en seguida, los estudiantes contestaron el cuestionario y los entregaron para su posterior análisis.

Análisis de datos. Para el análisis estadístico se utilizó Excel 2021 versión 2106, se calcularon frecuencias y porcentajes para la descripción de los participantes por edades, la mediana de edades y la prueba t de Student para la comparación de datos con el propósito

de identificar la diferencia entre el nivel de ansiedad de los alumnos de 18 a 20 años y los alumnos de 21 a 24 años.

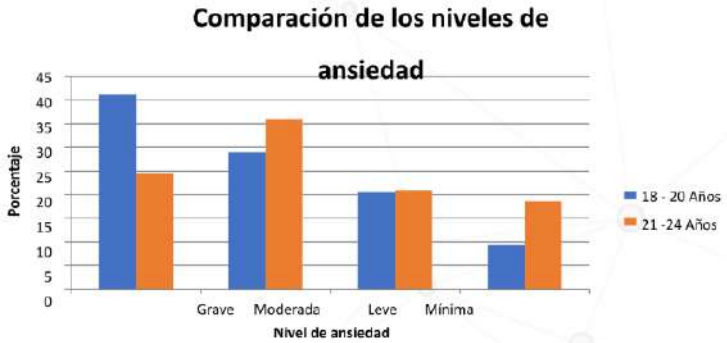
RESULTADOS.

Análisis descriptivo. Las pruebas se realizaron con participantes de nacionalidad mexicana, con escolaridad de preparatoria que actualmente cursan la licenciatura en psicología en la U.M.S.N.H. Los resultados obtenidos de los estudiantes de 18 a 20 años con una muestra de 214 estudiantes, el 41.12% presento ansiedad grave, mientras que el 28.97% ansiedad moderada, el 20.56% ansiedad leve y el 9.35% ansiedad mínima. Por otro lado, los resultados de la muestra de 86 estudiantes de 21 a 24 años el 24.42% presento ansiedad grave, el 36.05% mostro ansiedad moderada, el 20.93% ansiedad leve mientras que el 18.60% ansiedad mínima.

Resultados de los niveles de ansiedad de los estudiantes dividida por niveles de ansiedad.

	Número de casos 18 - 20 Años	Porcentajes de 18 a 20 años	Número de casos 21 -24 Años	Porcentajes de 21 a 24 años
Grave	88	41.12%	21	24.42%
Moderada	62	28.97%	31	36.05%
Leve	44	20.56%	18	20.93%
Mínima	20	9.35%	16	18.60%
Total de casos	214	100%	86	100%

Tabla 1. *Número de casos evaluados, porcentajes y niveles de ansiedad*



Grafica 1. *Comparación de los niveles de ansiedad*

Análisis inferencial. El nivel de ansiedad fue mayor en los estudiantes de 18 a 20 años (m=53.5, s=28.7) en comparación con los estudiantes de 21 a 24 años (m=21.5, s=6.7), se analizaron los datos con una prueba T de student de dos colas para medidas independientes, las diferencias fueron estadísticamente significativas (t= 2.2, g.l.=3, p<.05). Estos resultados apoyan la hipótesis de que los alumnos de 18 a 20 años tienen más ansiedad a comparación de los alumnos de 21 a 24 años.

CONCLUSIONES. Los niveles de ansiedad varían por las edades, y las diferencias son estadísticamente significativas, por lo tanto los niveles de ansiedad de los estudiantes la facultad de psicología de la U.M.S.N.H. de 18 a 20 años de edad son mayores en comparación con los alumnos de 21 a 24 años de edad.

REFERENCIAS.

1. Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: Psychometric properties. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 56(6), 893–897. https://doi.org/10.1037/0022- 006X.56.6.893
2. Furlan, L., Ferrero, M., Gallart, G. (2014). Ansiedad ante los Exámenes, Procrastinación y Síntomas Mentales en Estudiantes Universitarios. Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento, 6 (3), 31-39. https://www.redalyc.org/pdf/3334/333432764005.pdf
3. Mamani Tuni, R. J. (2021). Asociación entre ciberadicción y trastorno de ansiedad en adolescentes de la Institución Educativa Jorge Basadre Grohmann 40038, Arequipa 2021.http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20500.12773/12392/MCmaturj.pdf?sequence=1
4. Real Academia Española. (20 de mayo de 2020). Ansiedad. https://dle.rae.es/ansiedad
5. Sime Navarro, B. C. (2019). Efectividad de un programa educativo de Enfermería en la disminución de los niveles de ansiedad en el periodo de exámenes en estudiantes de Enfermería [Tesis de Maestría, Universidad Señor de Sipán Chiclayo-Lambayeque].http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11596/Sime_nb.pdf?sequence=3
6. Vélez, D. M. A., Garzón, C. P. C., & Ortíz, D. L. S. (2008). Características de ansiedad y depresión en estudiantes universitarios. International journal of psychological research, 1(1), 34-39. file:///C:/Users/israe/Downloads/Dialnet- CaracteristicasDeAnsiedadYDepresionEnEstudiantesUn-2875674%20(2).pdf

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424132**

LIBROS PEQUEÑOS, GRANDES DESCUBRIMIENTOS: ITINERARIO LECTOR DE EMOCIONES E INCLUSIÓN

Fernanda Sarahi Cuevas Dominguez[1], Olga Lopez Perez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Facultad de Psicología; 1826233c@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Facultad de Psicología; olga.lopez@umich.mx

Palabras Clave: Lectura, selección, lectura compartida, itinerario lector.

RESUMEN. La lectura en la primera infancia no se limita a ser una herramienta para desarrollar competencias básicas para el éxito académico o el quehacer profesional. No obstante, un aspecto potencial del desarrollo, en los primeros años, está ligado al desarrollo emocional y a los vínculos afectivos que se establecen en el ámbito familiar y escolar. Así, tanto la familia como la escuela tienen un rol crucial en la intervención educativa para que el niño desarrolle conocimientos y su práctica lectora desde los primeros años de vida, esto a partir de promover la lectura como actividad placentera, sin limitarse a ser un medio instrumental para fines de la educación formal. En este contexto, con el objetivo de promover la lectura compartida entre adultos y niños, se presenta un itinerario lector que es resultado de 1. la revisión sistemática enfocada a la estrategia del itinerario lector, 2. el análisis del material bibliográfico proporcionado por la Secretaría de Educación Pública para la conformación de las bibliotecas escolares y 3. la planificación de recursos pedagógicos. El itinerario lector se diseña considerando las características del Centros de Atención Infantil (CAI) espacio educativo que brinda atención, cuidado y desarrollo integral desde los 43 días de nacidos hasta los 3 años. El itinerario integra la tecnología para ampliar la accesibilidad a los recursos; la secuencia temática refiere a las emociones y se desarrolla a través de un recorrido de 5 cuentos, cada uno acompañado de la descripción de una estrategia de lectura compartida que orienta la participación de padres y educadoras. Promover la lectura compartida resulta pertinente y posible para el desarrollo del lenguaje y la práctica de lectura con sentido.

INTRODUCCIÓN. La lectura no se limita a una habilidad secuencial, sino que refiere a un proceso complejo de diálogo entre autor, texto y lector, donde influyen las experiencias previas y el contexto cultural del lector. Así, los niños, desde sus primeros años, participan activamente en la construcción de sentido del mundo que los rodea, es decir, como sujetos de aprendizaje, las interacciones tempranas de los niños con sus padres promueve en ellos el aprendizaje del lenguaje y la cultura. De tal manera, la lectura es una actividad vinculada al desarrollo emocional y al fortalecimiento de los vínculos afectivos de las y los niños, tanto en el hogar como en la escuela. Al respecto, Reyes (2005) y Carrasco (2018) reconocen la relevancia de que las madres y los padres como adultos acompañen a las y los niños durante su desarrollo hasta que aprendan a leer y a posicionarse como lectores autónomos. Es entonces que resulta crucial fomentar el hábito de leer como actividad placentera desde los primeros años de vida, para que las y los niños comprendan su entorno personal y social. Asimismo, Brice-Head (1983) afirma que el aprendizaje de la lectura y escritura es

una práctica social que inicia en la familia y continúa en la escuela, por lo que el constructivismo social, resulta relevante para comprender la importancia del contexto cultural y las interacciones sociales para el desarrollo lingüístico y social. En México, los Centros de Atención Infantil (CAI) surgen orientados al desarrollo de los tres primeros años de vida, así, se brindan servicios para la atención, cuidado y desarrollo integral, en un marco que promueve el pleno ejercicio de los derechos de niñas y niños desde los 43 días de nacidos hasta los 3 años, así, estos centros se diferencian de las instituciones de educación formal, en donde se emprende el proceso de alfabetización inicial, teniendo como base las primeras interacciones lingüísticas del seno familiar, hasta su ingreso en la escuela formal donde se involucra en actividades de alfabetización para el aprendizaje del sistema de escritura y sus convenciones lingüísticas (Stahl & Yaden, 2004). Para el socioconstructivismo, el aprendizaje es relevante la interacción social, en especial con la escritura, por ejemplo, las interacciones tempranas en el seno de la familia permiten al niño descubrir las prácticas letradas, por ello, según Teberosky (2003), estas prácticas consisten en actividades compartidas entre adulto y niño, donde el adulto asume la función de agente mediador entre el texto y el niño, que todavía no es lector, ni escritor autónomo. Así, la educación formal comienza a partir de los 3 años, bajo la premisa de que a esa edad los niños han logrado un desarrollo cognitivo que posibilita el aprendizaje de los contenidos escolares. Sin embargo, el constructivismo ha puesto de manifiesto que cuando se comienza a leer a los niños desde recién nacidos, se promueve la comprensión del lenguaje y de las prácticas de lenguaje, especialmente a través de la lectura de cuentos. Lerner (2001), menciona que aceptar el desafío de formar lectores “deseosos” de adentrarse en el mundo de la literatura, significa abandonar las actividades mecánicas y desprovistas de sentido que llevan a los niños a alejarse de la lectura por considerarla sólo una obligación escolar. Ahora bien, en Michoacán, el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación ha implementado un programa de lectura científica que tiene como objetivo fortalecer el aprendizaje y propiciar la apropiación social de las ciencias en niñas y niños, esto a través del fomento a la lectura de textos de divulgación científica y el fortalecimiento de la cultura científica y tecnológica en estudiantes de educación básica y media superior (de 6 a 18 años). Este programa es un aporte significativo a las acciones que se enfocan al desarrollo cognitivo y social de las y los niños, sin embargo, el desarrollo de actividades de lectura no se enfoca ni integra a la población infantil de 0 a 5 años, limitando y postergando fomentar el aprendizaje de la ciencia de forma intencional desde y en etapas tempranas. Para aportar a la reflexión teórica, conceptual y práctica sobre el alcance de la perspectiva constructivista en el desarrollo del lenguaje, así como al de la educación, en especial mediante la lectura como práctica social en niñas y niños de 0 a 5 años en Michoacán, se presenta la estrategia de itinerario lector.

OBJETIVOS. Fomentar el desarrollo personal, social y cognitivo en niñas y niños de 0 a 5 años con la estrategia de itinerario lector, como práctica de lectura compartida entre niñas, niños, padres y docentes.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Establecer criterios organizativos para la selección y clasificación de recursos literarios necesarios en el diseño y desarrollo de un itinerario lector para niños de 0 a 5 años. Diseñar un itinerario lector enfocado al desarrollo personal y social para niños de 0 a 5 años incluyendo una variedad de libros y actividades que estimulen el desarrollo de lenguaje a través de la lectura. Desarrollar recursos visuales y auditivos en un

sitio web que orienten a padres y docentes sobre cómo utilizar el itinerario lector de manera efectiva.

MATERIALES Y MÉTODOS. La presente investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo para la creación de itinerarios lectores como herramienta educativa para promover la lectura como práctica social.

RESULTADOS. El proceso de diseño e implementación de toda estrategia educativa, requiere de una planeación detallada, sobre todo cuando implica la lectura como práctica social porque implica la selección de recursos literarios y el diseño de situaciones didácticas. En cuanto a la estrategia de itinerario lector, se localizan experiencias diversas en Guajardo (2017), Jaunarena (2021) y Carrasco (2018) que en su conjunto, enfatizan la importancia de la selección cuidadosa de lecturas, por lo que en esta caso se optó por desarrollar dos itinerarios lectores, uno enfocado a las emociones y otro a la inclusión educativa, cada uno conformado por cinco cuentos. El primer itinerario enfocado al reconocimiento y manejo de las emociones, se orienta a que las y los niños fortalezcan el desarrollo del lenguaje relacionado a emociones, los adultos, que aprendan a identificar y comprender sus sentimientos a través de la narrativa de historias que incluyen emociones básicas como lo son la alegría, tristeza, enojo y miedo. El segundo está dedicado al tema de la inclusión, con el objetivo de promover prácticas de reconocimiento a la diversidad con base en la aceptación de las diferencias personales, introduciendo conceptos básicos de manera lúdica y accesible. Las orientaciones y recursos para su implementación, se encuentran disponibles en un sitio web de acceso libre, donde los padres y maestros encontrarán no solo los libros en formato digital, audio o vídeo, sino también materiales imprimibles, propuesta de actividades complementarias para realizar al finalizar cada cuento y recursos diversos.

Selección de lecturas para el desarrollo de un itinerario lector. El itinerario ha sido utilizado en diversas ocasiones, para promover el desarrollo de los niños, algunas experiencias refieren a que el uso de esta estrategia, fomenta la formación de lectores con pensamiento crítico y el gusto por leer (Guajardo, 2017). Con el desarrollo del itinerario las personas tienen la oportunidad de participar en prácticas de lectura compartida con autonomía porque su participación implica la selección de recursos, basándose en el tema o personaje que les refiera un sentido personal (Jaunarena, 2021). Así, desarrollar un itinerario lector requiere de ciertas características para su planificación (Tabla 1), entre las cuales destacan:

Característica	Itinerario lector 1 (Emociones)	Itinerario lector 2 (Inclusión)
Establecer un propósito de lectura personal y compartido.	Fomentar el desarrollo de la inteligencia emocional en niños de 0 a 3 años a través de la lectura compartida de cuentos, promoviendo la identificación y expresión de emociones, el fortalecimiento del vínculo	Comprender la diversidad en base a la aceptación de las diferencias personales, fomentando valores como la empatía, solidaridad, etc.

	afectivo y el desarrollo del lenguaje.	
Selección de recursos literarios • Edad de desarrollo • Tema o historia • Historias con objetos y personajes acordes al ambiente natural y social del niño y niña así como del adulto mediador • Recursos de libre acceso • Recursos con lenguaje natural propio al desarrollo cognitivo del niño	-Abecemociones. (Susanna Isern, Editorial Bruño) -El libro de la felicidad. (Anne Wilson, Editorial Capicua) -Mi elefante azul. (Melinda Szymanik, Editorial Akal) -Vaya rabieta. (Mireille d'Allancé, Editorial Corimbo) -Osito preocupón. (Jayneen Sanders, Editorial Trillas)	-¡Eres único!. (Maria Mañeru, Editorial AMS libros) -El señor tigre se vuelve salvaje. (Peter Brown. Editorial Oceano) -Hugo. (Mia Nilsson, Editorial Loqueleo) -Ricitos de oso. (Stéphane Servant, Editorial Juventud) -¡Tú puedes!. (Jennifer Moore-Mallinos, Editorial Dreams art)
Incorporación de canciones (Rondas infantiles)	La familia dedo de emociones https://youtu.be/106_Mv1ZF5E	Todos somos diferentes https://www.youtube.com/watch?v=HgeTnFkpSIM
Creación de materiales imprimibles	Dibujos, tarjetas didácticas y guías de actividades.	Dibujos, tarjetas didácticas y guías de actividades.
Situaciones sociales con diversas actividades para el desarrollo social	Actividades grupales planteadas para el fortalecimiento de lo visto en el cuento.	Actividades grupales planteadas para el fortalecimiento de lo visto en el cuento.
Incorporación de recursos con formato digitales de audio y video	Cuentos en formato digital, audio y video; material imprimible, canciones, etc.	Cuentos en formato digital, audio y video; material imprimible, canciones, etc.

Tabla 1. *Características para la planificación de un itinerario lector*
Nota. Elaboración propia

Aunado a lo anterior, el análisis para el diseño de la estrategia de itinerario, propone el uso de la telaraña literaria (Figura 1), nombradas así metafóricamente por ser utilizada para

representar diferentes vínculos o redes que los niños irán descubriendo entre un cuento y otro, lo cual permite establecer y valorar el alcance del objetivo y propósito lector, en este caso hacia el desarrollo social, cognitivo y, por tanto, lenguaje con base en dos áreas temáticas (emociones e inclusión).

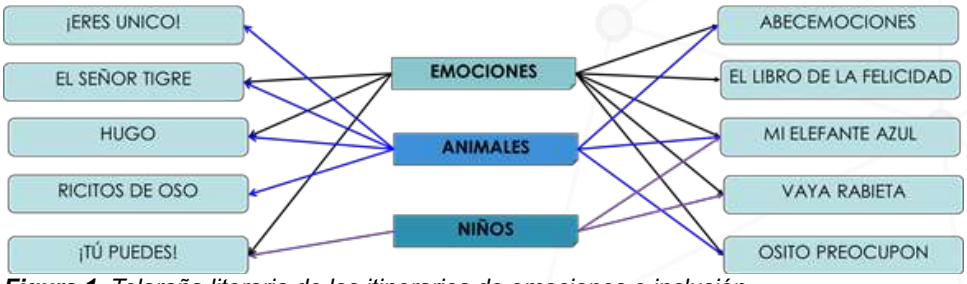


Figura 1. *Telaraña literaria de los itinerarios de emociones e inclusión.*
Nota. Elaboración propia

Recursos digitales e itinerario lector. La implementación de recursos digitales en situaciones educativas enfocadas a promover el desarrollo social y cognitivo, requiere de la selección y creación de contenidos creativos y situados a las personas que participan en las situaciones de lectura. Así, diversificar los materiales (Tabla. 2) que están al alcance de niños, padres y docentes, además de propiciar la accesibilidad, busca promover el acercamiento a la lectura en contextos diversos como casa y la comunidad. Asimismo, fortalece la participación y/o la lectura compartida, por lo que, en este trabajo se diseñaron e integran recursos complementarios a cada cuento.

Recurso	Alcance en el desarrollo
Videos	El uso de videos introduce a los niños a nuevas palabras, sonidos y ritmos del lenguaje de manera entretenida (Garcia, 2014).
Material complementario	A través de actividades basadas en la lectura, los niños pueden interactuar de manera creativa con las historias, fortaleciendo su pensamiento abstracto y simbólico (Serrano, 2024).
Sitio web	Facilita el acceso a una amplia gama de materiales de lectura, en múltiples formatos, lo que permite a los niños explorar diferentes historias y actividades (UNAD, 2021).

Tabla 2. *Beneficios en el desarrollo por medio de la digitalización de itinerarios lectores.* Nota. Elaboración propia

Cada uno de los recursos, así como las orientaciones sobre la aplicación del itinerario lector, se caracterizan por ser de acceso libre, decisión por la que se colocan en un sitio web enfocado a orientar a padres y docentes en la planificación de un itinerario al igual que al acceso a la propuesta de implementación de los dos itinerarios desarrollados.

CONCLUSIONES. El itinerario lector, como estrategia educativa para promover el desarrollo de las y los niños, propicia la participación del adulto en la lectura compartida de una secuencia planificada de cuentos que se organiza con el propósito de acompañar a los lectores a participar, ya sea mediante la escucha o la interacción directa, en temas, géneros o enfoques específicos orientados a su desarrollo y el descubrir el mundo natural y social. De tal manera, la implementación de la digitalidad, permite tanto a padres y docentes tener libre acceso a orientaciones y recursos para emprender la experiencia de lectura y fortalecer el desarrollo cognitivo y social a través de la lectura compartida, a su vez, pueden ser utilizados como recurso para fomentar la colaboración entre docentes y padres para posicionar la lectura de libros pequeños con grandes descubrimientos sobre emociones e inclusión.

Le invitamos a promover la implementación del itinerario lector como estrategia educativa para potenciar el desarrollo del lenguaje en niños.

REFERENCIAS.

1. Carrasco, A. (2018). Primera infancia y literacidad. Leer con los bebés es indispensable y es posible. Leer, Escribir y Descubrir. Vol. 1, 3(4)
2. Brice-Head, S. (1983). Ways with words: Language, life, and work in communities and classrooms, Cambridge: Cambridge University Press.
3. García, M. (2014). Uso instruccional del video didáctico. Revista de Investigación , 38 (81), 43-67.
4. Guajardo, M. (2017). Itinerarios lectores: Propuesta didáctica para el uso de la biblioteca.
5. Jaunarena, C. (2021). Itinerario lector en torno a un personaje prototípico. La biblioteca escolar como puente para la formación de niños y familias como lectores literarios. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
6. Lerner, D. (2001). Leer y escribir en la escuela: Lo real, lo posible y lo necesario. Fondo de Cultura Económica.
7. Reyes, Y. (2005). La lectura en la primera infancia. Bogotá: CERLALC
8. Stahl, S., & Yaden, Jr. (2004). The Development of literacy in preschool and primary grades. Work by the center for the improvement of early reading achievement. Elementary School Journal, 105 (2), 141-165.
9. Serrano, E. (2024). Potenciando la Creatividad Infantil mediante la Lectura en Primaria. https://ceipfelixplaza.es/potenciando-la-creatividad-a-traves-de-la-lectura-en-ninos-de-primaria/
10. Teberosky, A. (2003). Alfabetización inicial: aportes y limitaciones. CUADERNOS DE PEDAGOGÍA MONOGRÁFICO N.º 330
11. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2021). Recursos educativos digitales: una nueva forma de aprender y consumir contenido. https://recla.org/blog/recursos-educativos-digitales-una-nueva-forma-de-aprender-y-consumir-contenido/

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424133**

LIBRERO DIGITAL PARA PEQUEÑOS Y GRANDES LECTORES DEL MUNDO Y LA CIENCIA

Itzaery Ashley Heredia[1], Olga López Pérez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; 2109166g@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; olga.lopez@umich.mx

Palabras Clave: Librero digital, Lectura, Cuentos digitales.

RESUMEN. La lectura es una práctica social a lo largo de la vida, por lo que resulta necesario promover la función social de los adultos en el aprendizaje de los niños, tanto de la práctica como del contenido. Ahora bien, los cuentos son herramientas esenciales para estimular la imaginación y creatividad infantil y, con los avances tecnológicos, la experiencia de lectura se favorece, especialmente para la lectura compartida mediante actividades que integren medios y objetivos que posicionen a la biblioteca como un referente en la comunidad. Con el objetivo de promover la lectura compartida de adultos y niños a lo largo de la vida, se presenta un librero digital que se conformó a partir de 1. la revisión sistemática de experiencias reportadas en publicaciones realizadas en idioma español en los últimos 10 años, especialmente en latino américa y 2. la revisión del material bibliográfico que se integra en materiales de la Secretaría de Educación Pública y bibliotecas escolares de la lectura desde la infancia; y 3. El análisis de la clasificación de áreas del programa de lectura de investigación científica. Los resultados aportan a promover la lectura a lo largo de la vida, facilitando el acceso a recursos educativos organizados a través de categorías que se apegan al programa de lectura científica de Michoacán, asimismo, la estructura del librero presenta una estrategia educativa que propone involucrar a padres y educadores como promotores activos del desarrollo del lenguaje del niño, especialmente mediante la lectura con sentido, por lo que, no solo la lectura es posible y necesaria en los primeros años de vida, sino que, además es posible realizarse a través de estrategias y recursos que se integren la lectura de ciencia para contar con un programa de lectura que no se reduzca a los años de escolarización formal.

INTRODUCCIÓN. Las bibliotecas infantiles son un modelo de centros de lectura activos, donde tanto los espacios como los servicios se actualizan para ajustarse a las necesidades e intereses de un grupo de usuarios que incluye a niños, padres, profesores y adultos. En los últimos años, las bibliotecas se han adaptado, transformado e integrado al ámbito digital (Gomez & Garcia, 2017 como se citó a Gómez, et al., 2016). De la misma manera, con la creación y adaptación de relatos en formato digital, se ha buscado propiciar que las personas participen en situaciones de aprendizaje en donde se construya el conocimiento a partir de diversos formato de contenido que cumplen la función de herramientas educativas que integran imagen, voz, texto y sonidos para fortalecer las competencias comunicativas y digitales (Hernández, 2015), buscando así que, las personas participen en prácticas de escritura y lectura, propias de su cultura y comunidad social y académica.

Bajo el mismo orden de ideas, con la digitalidad, los niños pueden explorar diversos recursos con los que acceden al conocimiento, al tiempo que lo construyen. Así, las bibliotecas centran su atención en actividades como la selección de documentos, la realización de actividades y la atención de sus visitantes. En el caso de los niños, la participación del adulto es esencial, tanto para aprender y conocer las prácticas sociales de lectura y escritura, como para integrarse a las oportunidades de aprendizaje que ofrecen las bibliotecas. Por lo que, la lectura por placer, resulta posible a partir de que, desde los primeros años de vida, se integre a los niños en situaciones que le presenten la oportunidad de leer para conocer el mundo, para responder preguntas, entre otros propósitos (Patte, 2011). Es entonces que, leer y seleccionar cuentos, en formato impreso o digital, debe de responder a propósitos acordes al desarrollo de los niños, así como a propiciar su participación en actividades que representen una experiencia de lectura con sentido, así, hoy en día resulta necesario y posible, integrar la lectura de libros y recursos digitales con elementos visuales y auditivos como animaciones y sonidos que mejoran la comprensión narrativa y apoyan el aprendizaje de las y los niños (Gobierno de España, 2021). Al respecto, Siro (1999) menciona que los padres y docentes suelen seleccionar los libros guiándose por una razón personal que deja de lado diversas posibilidades; si bien la sola presencia de libros no garantiza la expansión de gustos literarios, es preciso tomar en cuenta que la interacción diaria influye en un cambio significativo especialmente en la competencia comunicativa de la persona, así como en su capacidad de razonamiento crítico porque accede al conocimiento y se posiciona desde la lectura de su entorno y la experiencia. De hecho, los Centros de Asistencia Infantil (CAI) son espacios en donde se brinda atención y cuidado para el desarrollo integral infantil en un marco de ejercicio pleno de los derechos de niñas y niños, esto desde los 43 días de nacido hasta los seis años (Magos, 2022), estos espacios han integrado espacios y actividades de lectura. Así mismo, en Morelia, se ha desarrollado el programa de Lectura Científica como una actividad dirigida a estudiantes de Educación Básica (especial, primaria, secundaria e indígena) y Educación Media Superior, con el objetivo de fortalecer el aprendizaje de las ciencias a través del fomento a la lectura y el desarrollo de una cultura científica y tecnológica en nuestro estado (Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2018). Por lo tanto, resulta necesario motivar al adulto a seleccionar cuentos que se acompañen de la lectura compartida y de actividades en conjunto para que las y los niños construyan el conocimiento de su entorno social y natural. Así, este trabajo responde a contribuir a fomentar la lectura desde los primeros años de vida, así como a la lectura de cuentos relacionados al desarrollo cognitivo, con énfasis en el entorno natural relacionado a la ciencia y al desarrollo personal. Esto a través de recursos digitales, organizados en un librero que describe el alcance de cada historia, así como con actividades que promueven la participación de la familia como parte de las acciones que se emprenden desde instancias educativas, es decir, brindar a la educación recursos con los que los padres y la familia se integre a leer en conjunto para la construcción del conocimiento y el fortalecimiento de la convivencia familia.

OBJETIVO. Promover el desarrollo personal, cognitivo y lingüístico, así como el pensamiento científico, mediante la animación a la lectura compartida en los primeros años de vida.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Establecer criterios organizativos para la selección y clasificación de recursos literarios, con énfasis en niños de 0 a 5 años. Organizar un librero

digital con recursos literarios dirigidos al desarrollo personal, cognitivo y lingüístico, así como el pensamiento científico en niños de 0 a 5 años. Proponer/diseñar actividades de lectura compartida entre niños de 0 a 5 años y un adulto mediador. Integrar diversos recursos multimedia para fortalecer la lectura compartida mediante la interacción entre niños y un adulto mediador.

MATERIALES Y MÉTODOS. El diseño metodológico responde a un enfoque cualitativo desde la perspectiva de Taylor y Bogdan (1984), quién reconoce que el análisis de datos descriptivos vincula teoría y práctica educativa, en este caso, en especial para el desarrollo, implementación y evaluación de un librero digital con recursos para los primeros años de vida.

FASES DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Fase 1: Revisión y análisis documental sobre las características de recursos literarios integrados a la biblioteca infantil, en especial en formato digital.

Fase 2: Análisis y selección de cuentos como recursos literarios para la animación a la lectura científica y del desarrollo personal para promover la lectura en la etapa inicial del desarrollo.

Fase 3: Organización y clasificación de los cuentos a partir de establecer enfoques de organización narrativa en un librero digital.

Fase 4: Desarrollo de actividades y recursos acordes a la clasificación y el librero digital en base a la clasificación de los cuentos que se gusten reforzar.

RESULTADOS. El diseño e implementación de un librero digital, se llevó a cabo en cuanto a una planificación detallada específicamente en la selección de recursos literarios y la clasificación de los mismos. Se encuentran experiencias de esta estrategia en Tramullas (2002), quien afirma que la biblioteca digital, es algo que no puede limitarse, sino que está en continuo cambio y que va más allá de una colección digitalizada puesta a disposición de una comunidad de usuarios. Por lo tanto, un librero digital facilita el acceso rápido y organiza documentos, apoya la enseñanza y ofrece contenido gratuito o de bajo costo para el desarrollo infantil. Ya que combina tecnología con la participación de familiares o profesionales, brindando una amplia colección de cuentos. En este librero, se ha integrado un espacio para la ciencia, un área que no ha sido impulsada en los primeros años. El Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI) en Morelia ha desarrollado un programa de lectura para niños de 6 a 18 años, organizado en 12 ejes temáticos (Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2024). Aunque el programa se interesa en el fomento de la lectura, ha dejado de lado a los niños de 0 a 5 años. Por lo que, para esta población, se seleccionan los ejes de Matemáticas, Ecología y Biología, y Astronomía para la lectura científica, junto con los subejes de Familia, Emociones y Valores, adaptando el enfoque para fomentar su desarrollo personal (Tabla 1). De manera que, con base en Escoriza (2015) se logre el acercamiento a la literatura, empieza antes de la escolaridad una vez aquí, debemos valorar los conocimientos que ya tienen los infantes, de modo que podamos adaptar los manuales a sus capacidades, necesidades e intereses, con el objetivo de desarrollar hábitos lectores que les inciten a leer de manera autónoma.

Clasificación	Descripción	Subclasificación	Ejemplificación bibliográfica
Desarrollo Personal	Busca incentivar áreas en los niños por medio de la lectura como la inteligencia y gestión emocional, fomentar y dar a conocer los valores necesarios para la vida cotidiana para la convivencia con la comunidad y reforzar los lazos familiares a través de las historias seleccionadas.	**Emociones**	Ahora no, Bernardo Autor: David mckee
		Familia	Choco encuentra una mamá Autor: Keiko Kasza
		Valores	El explorador de nubes Autor: Tom Mclaughlin
Científica	Facilitar la comprensión de temas considerados complejos para la población de 0 a 5 años, como son las matemáticas, la astronomía y la biología y ecología, a través de historias fascinantes y narraciones a través de videos y actividades lúdicas.	**Matemáticas**	¡Vaya apetito tiene el zorrito! Autor: Claudia Rueda
		Ecología y Biología	Alejandra come la lluvia Autor:Federico Navarrete y Rocío Mireles
		Astronomía	¿A qué sabe la luna? Autor: Michael Grejniec

Tabla 1. Clasificación y organización de los cuentos.
Nota. Elaboración propia

Es a partir de lo anterior que, como Gutiérrez (2015) reconoce, los niños que emplean libros electrónicos muestran un notable avance en sus habilidades de alfabetización emergente. Este progreso sugiere que el formato digital no solo atrajo su atención, sino que también promovió el aprendizaje de conceptos clave de lectura y escritura de forma más eficiente. La digitalidad diversifica los recursos y mejora la accesibilidad, permitiendo la lectura en contextos como casa, escuela y comunidad, y fomentando la lectura compartida. (Nonguez, 2010).

CONCLUSIONES. El uso de libros electrónicos por parte de niños de 0 a 5 años ha demostrado tener un impacto positivo significativo en el desarrollo de habilidades de alfabetización emergente. La interacción con estos formatos digitales no solo aumenta el interés y el compromiso de los niños, sino que también facilita el aprendizaje de conceptos clave de lectura y escritura de manera más efectiva. Además, al presentar la literatura infantil como una serie de vivencias y experiencias en lugar de contenidos meramente

académicos, los libros electrónicos contribuyen a una formación integral que va más allá de la memorización y el enfoque puramente racional. Esto destaca la importancia de los libreros digitales en la educación temprana, proporcionando herramientas que fomentan un aprendizaje significativo y enriquecedor.

Conoce el librero digital, descubre una variedad de historias, narraciones y actividades las cuales incentiven a la lectura en pequeños y grandes lectores.

REFERENCIAS.

1. Castedo, M. (Comp.) (1999). Enseñar y aprender a leer: Jardín de infantes y primer ciclo de la educación básica. Buenos Aires: Novedades Educativas. [Memoria Académica].
2. Escoriza, M. (2015) La biblioteca escolar y su importancia dentro del aula de Educación Infantil [Tesis de licenciatura, Universidad de Alicante].
3. Gutiérrez, F. (26 de marzo de 2015). Los niños de edad preescolar se alfabetizan mejor con libros electrónicos. Infotecarios. https://www.infotecarios.com/los-ninos-de-edad-preescolar-se-alfabetizan-mejor-con-libros-electronicos/
4. Gobierno de España (08 de agosto de 2021). Beneficios del adecuado diseño de cuentos digitales. Subdirección General de Cooperación Territorial e Innovación Educativa.https://www.educacionfpydeportes.gob.es/mc/sgctie/comunicacion/blog/2021/junio2021/cuentos.html
5. Gomez, R. & Garcia, A. (24 de septiembre de 2017) Lectura en papel y digital en la biblioteca infantil: una convivencia necesaria. [Universidad Nacional de la Plata, Argentina].
6. Hernández, N. (2015) Fortalecimiento de habilidades del lenguaje oral en preescolar a través de la narrativa digital. [Universidad de la Sabana Bogotá, Colombia].
7. Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (2018). Guía docente [Archivo PDF].
8. Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (2024). PROGRAMA DE LECTURA CIENTÍFICA 2024 – 2025 [Archivo PDF].
9. Magos, R. (2022) Secretaría de educación. Centros de Atención Infantil. https://www.primerainfanciaqueretaro.gob.mx/CAIs_qro
10. Noguez, A. (22 de septiembre de 2010) Evaluación de las bibliotecas digitales: su teoría y modelos. Scielo. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2010000300005
11. Patte, G. (2011). ¿Qué los hace leer así?. Los niños, la lectura y las bibliotecas. Fondo de Cultura Económica.
12. Taylor S. J. & Bogdan, R. (1984) Introducción a los métodos cualitativos de investigación. Ediciones Paidos.
13. Tramullas. J. (2002). Propuesta de concepto y definición de biblioteca digital. Recuperado de http://eprints.rclis.org/15118/1/04_2002.pdf

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424136**

LAS REPERCUSIONES EN EL EJERCICIO DE LA MATERNIDAD ANTE UN HIJO CON CÁNCER

Jesus Ramos García[1], Maria Del Carmen Manzo Chavez[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; jesusramossgarcia@gmail.com
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; maria.manzo@umich.mx

Palabras Clave: Cáncer, maternidad, repercusiones.

RESUMEN. Por mucho tiempo se ha estudiado al cáncer como una enfermedad aislada que solo afecta al portador de la misma, se han creado tratamientos y medicinas para combatirla, sin embargo se han dejado a un lado los efectos que esta provoca alrededor del sujeto enfermo, es decir, en aquellos que conviven, ayudan y lo acompañan durante todo el proceso, siendo la madre del mismo quien funge como cuidadora primaria y por ende se convierte en portadora de las consecuencias, de tener un hijo/a con cáncer. Esta investigación busca conocer la experiencia de las madres con un hijo con cáncer y las repercusiones de esto en el ejercicio de su maternidad, a través de un estudio que describe las vivencias que experimentan durante el diagnóstico y tratamiento de sus hijos. Por lo anterior, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo afecta en el ejercicio de la maternidad el tener un hijo con cáncer?. El estudio tiene un enfoque cualitativo, con un paradigma interpretativo, de tipo descriptivo, la entrevista fue la técnica principal en cuanto a la recolección de datos. Se trabajó con 2 participantes, que eran madres de hijos con cáncer infantil. La madre “A” de 35 años con un hijo de 4 años con leucemia y la madre “B” de 28 años de edad con un hijo de 14 años con leucemia y parálisis cerebral, quienes participaron de manera voluntaria. El escenario fue un centro de atención para niños con cáncer y sus familias en Morelia, Michoacán. Los datos obtenidos se categorizaron y se elaboraron matrices de categorías para su análisis. Una vez aplicadas las entrevistas se conocieron las repercusiones de tener un hijo con cáncer en él ejercicio de la maternidad, que van desde afectaciones en la economía, la situación laboral y educativa, así como en la rutina de las participantes, su higiene, alimentación, entre otras. En conclusión, si existen repercusiones negativas que pareciera han sido desplazadas e ignoradas por él deseo de cuidar y ayudar a sus hijos.

INTRODUCCIÓN. La maternidad es un concepto abstracto lleno de interpretaciones propias de cada sujeto y de cada madre, su significado cambia conforme a quien lo esté describiendo creando así una inmensidad de conceptos de la misma creando así distintos tipos de maternidades. La maternidad históricamente ha estado asociada a la fecundación, fertilidad, en clara similitud con las propiedades de la tierra. Así mismo se le vincula con la protección, afecto, conservación, cuidado, incondicionalidad, sacrificio, al orden biológico, natural, instintual. Por otra parte la relación con lo genérico ubica lo maternal con él eterno femenino, con lo inmutable, universal y a la vez con lo enigmático, misterioso (Arvelo, 2004). Se coloca a la madre como un sujeto dador de vida, una eterna protectora que cumple con él papel de criar y cuidar. Simone De Beauvoir fue la primera feminista en señaralr la

maternidad como atadura para las mujeres, al intentar separarla de la idealizacion que colabora a mantenerla como unico destino femenino, niega la existencia del instinto maternal y propone situar las conductas maternales en él campo de la cultural (Lorena, 2008). Lo anterior nos coloca entre dos polos opuestos donde en uno se ve a la madre como única fecundadora, creadora y cuidadora del hijo y en él otro se le ve como una atadura a un concepto cultural donde la mujer no es más que madre y por lo cual resulta esclava de la crianza y él cuidado del hijo sin importar las consecuencias que esto trae a su desarrollo personal. Al cuarto trimestre de 2022, en México residían 56 millones de mujeres de 12 años y más. De ellas, 67% (38 millones) eran madres (Instituto Nacional De Estadistica Geografica e Informatica, INEGI, 2023). Lo cual indica él reforzamiento de esta idea de que la mujer no es mujer si no es madre, ya que al menos en nuestro país más de la mitad de ellas ya son madres desde muy corta edad, lo cual impide que se puedan desarrollar no solo mentalmente, académicamente o económicamente, si no que también físicamente ya que al ser madres a corta edad interrumpen él pleno desarrollo de su cuerpo. No obstante con las repercusiones que conlleva el ser madre, existen ciertas situaciones donde esto se vuelve más complicado, cómo ser madre de un hijo con alguna enfermedad crónica siendo una de estas el cáncer.

ANTECEDENTES. Moreira y Angelo (2008), en su artículo titulado “Ser madre de un niño con cáncer: construyendo la relación”, tuvieron como objetivo principal comprender la experiencia de ser madre de un niño con cáncer, tomando en cuenta todas las vicisitudes que se presentan día a día y la capacidad de las madres por afrontar las mismas. La metodología utilizada en este trabajo es de tipo cualitativa, empleando el interaccionismo simbólico, la recolección de datos por él método biográfico mediante una entrevista de tipo semiestructurada. La población estudiada fueron siete madres de niños en tratamiento oncológico, de entre 24 y 41 años, siendo ellas las acompañantes principales de los niños durante él proceso de tratamiento en São Paulo, Brasil. Los resultados obtenidos por Moreira y Angelo (2008), al intentar comprender la experiencia de ser madre de un niño con cáncer, permitió identificar dos temas “Vivir él tiempo de la enfermedad”, compuesto por los siguientes subtemas, “Descubrirse madre de un niño con cáncer” y “Arriesgarse con él tratamiento” y, “Vivir un tiempo de lucha por la vida del niño”, que se compone por los subtemas, “Prepararse para un tiempo de batalla”, y “Luchar por la vida del niño”, los cuales revelan un diálogo de la madre consigo misma en él cual comienza a aceptarse como madre de un hijo con cáncer, con la incertidumbre inherente de la propia enfermedad, tratando de comprender su papel después del diagnóstico y todos los cambios que llegan con él, aceptando la amenaza de la enfermedad hacia su hijo y la idea de la muerte. González-Arratia (2011) en su artículo “Resiliencia en madres e hijos con cáncer”, tuvo como objetivo identificar las características de resiliencia entre madres y sus respectivos hijos estos últimos con diagnóstico de cáncer, debido a los retos que se presentan durante el transcurso de la enfermedad. A través de un muestreo no probabilístico de tipo intencional, la muestra estuvo formada por un total de 60 participantes, de los cuales 30 son niños de ambos sexos, que están siendo sometidos a tratamiento en un hospital público infantil en la ciudad de Toluca Estado de México, entre los 8 y 17 años de edad, y las 30 madres de los niños, de entre 28 y 60 años de edad, a los se les aplicaron él Cuestionario de Resiliencia desarrollado en México y la Escala de Resiliencia (fuerza y seguridad personal), para adultos de González - Arratia (2011), donde se busca medir la seguridad personal, la autoestima, la afiliación, él altruismo y la familia, con la intención de conocer la resiliencia

de las madres ante la enfermedad de sus hijos y de los hijos ante la enfermedad. Los resultados obtenidos por González-Arratia et al. (2011), indicaron alta resilencia en los niños en las tres dimensiones (factores protectores internos, externos y empatía), la resiliencia materna muestra ser alta en la dimensión de altruismo, seguida de un nivel de resiliencia moderada en las dimensiones de: autoestima, familia, seguridad y afiliación.

OBJETIVOS. Conocer cuáles son las repercusiones de tener un hijo con cáncer en el ejercicio de la maternidad.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Conocer la experiencia de la maternidad con un hijo con cáncer
Describir los cambios y ajustes en la dinámica maternal a partir del diagnóstico de un hijo con cáncer. Identificar las redes de apoyo en las madres con hijos con cáncer.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para llevar a cabo este estudio se utilizó un enfoque cualitativo, con un paradigma interpretativo, el tipo de estudio es descriptivo, y la entrevista fue la técnica principal en cuanto a la recolección de datos. Se trabajó con 2 participantes, que eran madres de hijos con cáncer infantil. La madre “A” de 35 años con un hijo de 4 años con leucemia y la madre “B” de 28 años de edad con un hijo de 14 años con leucemia y parálisis cerebral, quienes participaron de manera voluntaria. El escenario fue un centro de atención para niños con cáncer y sus familias en Morelia, Michoacán. Los datos obtenidos se categorizaron y se elaboraron matrices de categorías para su análisis bajo confidencialidad y anonimato. Este estudio se realizó con él consentimiento informado de las participantes y con él permiso de “La Asociación Mexicana de Ayuda a Niños con Cáncer” AMANC para usar sus instalaciones, esto con la aprobación de la “Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH”.

RESULTADOS. La enfermedad en México es una realidad que se vive a diario en todos los sectores del país, sin discriminar género, nivel socioeconómico, edad, etc. En México, el cáncer es la segunda causa más frecuente de mortalidad infantil en niños con edades entre 1 a 14 años. Las cifras oficiales del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) reportan 2.650 muertes de niños con cáncer en 2005 (González-Arratia et al., 2011). Estas cifras nos muestran una cara de la enfermedad, pero deja a un lado la realidad que se vive detrás de ella, ya que no se consideran a los cuidadores primarios que experimentan la enfermedad de su niño, desde el inicio hasta él final, y nos debemos preguntar, ¿quiénes son estos cuidadores?. La cultura, la historia y la costumbre, le han impuesto a la mujer en específico a las madres, la carga eterna de los miembros de su familia, en mayor medida la de sus hijos, por lo que cuando se presenta la enfermedad son ellas las que se convierten en responsables indiscutibles del cuidado de los hijos, sin que se consideren las consecuencias que esto implica para ellas. Por lo que en este estudio se trató de conocer estas consecuencias tomando en cuenta categorías como, la experiencia de la maternidad, la experiencia de la maternidad con un hijo con cáncer, cambios y ajustes en el ejercicio de la maternidad a partir del diagnóstico, redes de apoyo, redes de apoyo entre madres y las repercusiones de tener un hijo con cáncer, llegando a los siguientes resultados: En cuanto a la categoría, **“La experiencia de la maternidad”** se pudo conocer la vida de las madres previa al diagnóstico de sus hijos, donde hablan de un cambio físico, personal y económico, acompañado de dicha y felicidad por ser madres, lo que de cierta forma crea una especie de antifaz que les impide ver las afectaciones que

esto provoca en su vida personal. **"La experiencia de la maternidad con un hijo con cáncer"**, como categoría resulta un total contraste con la categoría previa, ya que el amor y la dicha de ser madre, se ven ensombrecidas por el miedo, la angustia y el dolor de observar a sus hijos en una situación donde no pueden ser ellas quienes les curen y les sanen, por lo que la experiencia se vuelve más complicada y se complica conforme aumentan las enfermedades, como en el caso de una de las participantes donde no solo es el cáncer si no también la parálisis cerebral de su hijo lo que complica su experiencia como madre por lo que las visitas al médico, los tratamientos, las quimioterapias reemplazan cualquier rutina previa, provocando inestabilidad, económica, social, y emocional en las madres que se ven forzadas a dejar su vida de un lado para luchar por la de sus hijos. Tomando en cuenta la categoría **"Cambios y ajustes en el ejercicio de la maternidad a partir del diagnóstico",** las madres abandona sus hogares, así como a los demás miembros de la familia, para acompañar a su hijo enfermo hasta donde sea necesario, no importan las distancias ni el tiempo a invertir, por lo que existe una especie de ruptura con los demás miembros que provoca conflictos derivados del sentimiento de abandono debido a la ausencia de la madre, en muchos casos se presentan rupturas de matrimonios, abandono del hogar de los otros hijos, lo que deja a las mujeres solas con su hijo enfermo, luchando día a día para lograr la recuperación del mismo, enfrentando así mismo los conflictos del exterior que complican su recuperación. En cuanto a las categorías **"Redes de apoyo y Redes de apoyo entre madres",** se llega a la conclusión y tomando en cuenta el discurso de las participantes que en su mayoría se encuentran solas ante la enfermedad, cargan ellas solas el peso del cuidado del hijo y al final del día no tienen un lugar o una persona en quien apoyarse, viven estas consecuencias en soledad y en silencio, la carga es demasiado pesada para cualquier otro miembro de la familia, los gastos y los cuidados recaen en su mayoría sobre las madres, en mínimas ocasiones los padres sirven como apoyo, en general solo económico, sin intervenir en el cuidado del hijo enfermo y de ninguno de los demás si es él caso, por lo que las madres no sólo son responsables de acompañar al hijo enfermo si no también de los que están en casa lejos de ella. Por lo que aquellas madres que están experimentando el mismo proceso, se vuelven el único soporte, guía y compañía a la que pueden acceder, es entre ellas que se comparte él conocimiento sobre lo que deben hacer y no en el tratamiento de sus hijos, son ellas las que se vuelen consejeras, amigas y confidentes. Solo entre ellas es que se sostienen cuando ya no pueden más, y solo entre ellas se brindan esperanza y fe para seguir adelante. Como parte de las redes de apoyo y atendiendo al discurso de las madres participantes, tenemos a **"La Asociación Mexicana de Ayuda a Niños con Cáncer"**, AMANC que busca a través de apoyos asistenciales y una atención psicosocial, ayudar a niñas, niños y adolescentes con cáncer y sus familias en todo el proceso de la enfermedad: antes, durante y después del tratamiento. Proporcionando ayuda tanto económica, psicológica, nutricional, etc, en respuesta a las deficiencias hospitalarias y asistenciales que enfrentaban los niños diagnosticados con cáncer y sus familias. En méxico existen varias asociaciones civiles como **"GRUPO RETO A.C", "RESPIRANDO CON VALOR A.C", "FUNDACIÓN LUIS PASTEUR I.A.P", "LA CASA DE LOS MIL COLORES A.C"**, por mencionar algunas que atienden a las necesidades de las personas enfermas de cáncer y sus familias, con apoyos económicos, psicológicos y de asesoramiento legal. Todas estas organizaciones atienden a las deficiencias del sistema de salud de nuestro país el cual se encuentra sobrepasado por el creciente aumento de diagnosticos de cancer, por lo que se vuelve indispensable aperturar este tipo de asociaciones que sirvan como red de apoyo a los enfermos de cáncer y sus familias, que tiene que abandonar sus vidas, hogares y seres queridos para comenzar

la lucha contra el cáncer. En la última categoría, **"Las repercusiones de tener un hijo con cáncer"**, y como conclusión general, se ven englobadas las anteriores, concluyendo que si existen repercusiones de tener un hijo con cáncer, que van desde un cambio en el estado anímico, en la alimentación, la higiene, el sueño, la dinámica familiar se ve afectada lo que tiene un impacto negativo en la relación de las madres con sus demás hijos, así como con sus parejas, provocando conflicto e incertidumbre. La vida social de las madres se ve interrumpida, las aspiraciones, sueños y metas se abandonan y se colocan a ellas en segundo plano, entregando todo él tiempo, fuerza, espacio y dedicación a su hijo enfermo. Todas estas repercusiones, los problemas, las dificultades, el dolor, la tristeza, el llanto, el miedo y la incertidumbre, parecieran perder importancia ante el deseo por ver sanos a sus hijos y su amor por ellos puede más que cualquier carga y responsabilidad.

REFERENCIAS.

1. González-Arratia, N. I., Nieto, D., & Valdéz, J. L. C. (2011b). Resiliencia en madres e hijos con cáncer. Psicooncología (Pozuelo de Alarcón), 8(1). DOI: https://doi.org/10.5209/rev_psic.2011.v8.n1.9
2. Moreira, P. L., & Angelo, M. (2008). Becoming a mother of a child with cancer: Building Motherhood. Revista Latino-americana De Enfermagem, 16(3), 355-361. DOI: https://doi.org/10.1590/s0104-11692008000300004

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0424137

ESTUDIO DE INSATISFACCIÓN DE LA IMAGEN CORPORAL Y EL IMC EN ESTUDIANTES DE LA UMSNH

Vanessa Monserrat Almanza Vázquez[1], Andrea Estefanía Serrano Carmona[2], Frida Daniela García López[3], Sergio Rodríguez Espiritu[4], Yeliztli Román Huijón[5], Karina Cortés Melchor[6], María Magdalena Lozano Zúñiga[7]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209632e@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1912234e@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1825846f@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1612427e@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011221d@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; karina.cortes@umich.mx

7 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; maria.lozano@umich.mx

Palabras Clave: Bienestar, Dismorfia corporal, Salud, Universitarios.

RESUMEN. El estudio de la Insatisfacción con la Imagen Corporal (IIC) resulta crucial por el impacto en los cuerpos y vidas de quienes la experimentan, así como en sus familias. Esta insatisfacción es una consecuencia de la difusión cultural de un ideal de cuerpo único y aceptable, lo cual puede generar descontento con el propio cuerpo, especialmente en individuos con escasos recursos psicológicos. En ese contexto, es esencial considerar el Índice de Masa Corporal (IMC) como un factor relevante en este problema y evaluarlo en conjunto. El objetivo de la investigación es establecer la relación entre la IIC y el IMC en universitarios de la UMSNH. Se empleó una metodología cuantitativa con un diseño no experimental, con alcance descriptivo-correlacional y de corte transversal. Se realizó un muestreo por conveniencia, aplicando el cuestionario Body Shape Questionnaire 18 (BSQ-18) y una hoja de datos con información sobre peso y altura a 287 estudiantes de la UMSNH. Los resultados mostraron que el 5.2% de los participantes se encuentra en la categoría de bajo peso, 62.7% en peso normal, 4.2% con obesidad y 27.9% con sobrepeso. Además, uno de cada dos participantes expresó preocupación por su imagen corporal (36.20% de manera leve, 33.40% moderada y 32.80% alta); se encontró una relación directamente proporcional baja con el IMC [Rho(287) = 0.337, $p<0.05$]. En conclusión, la IIC puede desencadenar problemas mentales, emocionales y médicos; por lo tanto, es fundamental implementar acciones que consideren factores cognitivos y emocionales para gestionar intervenciones multidisciplinarias.

INTRODUCCIÓN. La imagen corporal desempeña un rol crucial en la salud mental, ya que una percepción positiva de la misma se asocia con un mayor bienestar psicológico y un desarrollo personal óptimo (Valles et al., 2020). Por tanto, la Insatisfacción con la Imagen Corporal (IIC) afecta diversas dimensiones de la vida, incluyendo los aspectos físicos, emocionales, sociales y cognitivos (Blanco et al., 2021). De acuerdo a esto, los estándares estéticos y las normativas culturales influyen significativamente en la autopercepción del cuerpo, particularmente durante la adolescencia y el inicio de la adultez, cuando la identidad

se estabiliza (Peinado et al., 2021). Siguiendo esta línea, se puede observar que las diferencias en la IIC entre géneros son notables, ya que mientras las mujeres universitarias tienden a aspirar a una figura más delgada, los hombres buscan desarrollar una apariencia más musculosa (Blanco et al., 2023), por tanto, el Índice de Masa Corporal (IMC) resulta importante. En ese sentido, Pineda et al. (2020) mencionan que el IIC se cuantifica frecuentemente utilizando el IMC, el cual se obtiene a partir de la evaluación entre el peso y la altura. Es importante destacar que, en el contexto mexicano la obesidad y el sobrepeso presentan una alta prevalencia, con un 24% en hombres y un 26% en mujeres de entre 20 y 29 años. En la región central del país, la prevalencia de obesidad alcanza el 33% y la de sobrepeso el 40% en adultos, siendo la segunda región con mayores tasas después de la Ciudad de México (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020). Sumando lo anterior, los jóvenes universitarios que viven de manera independiente a menudo adoptan hábitos alimenticios poco saludables, lo que puede resultar en problemas significativos como enfermedades crónicas y trastornos de la conducta alimentaria. Estos trastornos están asociados con la aparición de depresión, autolesiones y otras afecciones graves (Blanco et al., 2021; Solis et al., 2022). Es así, como el estudio de la presencia de insatisfacción de la imagen corporal permite entender la magnitud y las causas que contribuyen a su desarrollo, ya que con base en estos datos se pueden diseñar estrategias de intervención que promuevan acciones tanto de promoción de la salud física y mental; así como la elaboración de programas que contribuyan a disminuir y/o erradicar este problema, partiendo desde el análisis de los estándares culturales y sociales de la belleza y salud.

ANTECEDENTES. De acuerdo con lo anterior, resulta pertinente abordar estudios sobre este problema: Por un lado, Robledo (2020) realizó una investigación en 294 mujeres y hombres mexicanos del Estado de México, cuyas edades oscilaban entre los 12 a los 31 años; los resultados arrojaron que en el caso de las mujeres la insatisfacción corporal se centra en la sub-escala de condición física y preocupación por el peso; mientras que en los hombres se muestra que la insatisfacción corporal está centrada en la subescala de atractivo físico y sexual. Asimismo, Marin et al. (2023) confirmaron la existencia de una relación entre la insatisfacción corporal y las relaciones personales. Por otro lado, los principales hallazgos de la investigación de Morán et al. (2023) demostraron que poco más de la mitad de mujeres presentan cierto grado de insatisfacción con su cuerpo, mientras que en hombres solo la cuarta parte presenta algún tipo de insatisfacción, también se pudo concluir que a mayor IMC mayor insatisfacción corporal, lo que afectaba también la autoestima; y en relación con la depresión se encontró que a mayor índices de depresión menor autoestima, lo que influye en la generación de un mayor grado de IIC.

OBJETIVOS. Establecer la relación entre el nivel de IIC con el IMC en los estudiantes de la UMSNH.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Describir las características sociodemográficas de los participantes.
Determinar el IMC de los participantes. Establecer el nivel general IIC de los participantes. Identificar la relación entre IIC e IMC de los participantes.

MATERIALES Y MÉTODOS. La investigación utilizó una metodología cuantitativa con un diseño no experimental, descriptivo-correlacional y de corte transversal. Se empleó un muestreo no probabilístico, seleccionado por conveniencia. La muestra estuvo compuesta por 287 estudiantes de la UMSNH, a quienes se les administró el Body Shape Questionnaire 18 (BSQ-18), el cual incluye 18 preguntas con seis opciones de respuesta en una escala Likert, además de una hoja de datos que registraba peso y altura. El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando SPSS, versión 25.

RESULTADOS. La confiabilidad del instrumento se estimó mediante el alfa de Cronbach, obteniendo una puntuación de .963 para Body Shape Questionnaire 18, lo que indica que es confiable para aplicarse en población de jóvenes universitarios michoacanos. En primera instancia, y con base en datos proporcionados por 287 estudiantes de dieciséis licenciaturas, se recabó la siguiente información: el 61.7% son mujeres y el resto son hombres; 86.3% reside actualmente en Morelia mientras el 13.7% en otras entidades (Tabla 1).

Aspecto		***%***
Edad		
	17-21 años	62
	22-26 años	37.3
	27-29 años	0.6
Sexo		
	Hombre	38.3
	Mujer	61.7
Nivel socioeconómico		
	Bajo	14.7
	Medio	82.2
	Alto	3.1
Género		
	Masculino	36.4
	Femenino	60.8
	Fluido	2.1
	No binario	0.7
Lugar de residencia		
	Morelia	86.3
	Otras entidades	13.7
Turno		
	Matutino	40.8
	Vespertino	59.2
Estatus estudiantil		
	Local	60.3
	Foráneo	39.7

Tabla 1*. Datos sociodemográficos de los participantes.*

En segunda instancia, en relación con el IMC se encontró que un 5.2% de la muestra se sitúa en la categoría de bajo peso, 62.7% muestra un peso normal, predominantemente representado por mujeres; 4.2% muestra obesidad, siendo mayoritariamente hombres; y un 27.9% manifiesta sobrepeso, el cual se presenta más en las mujeres (Figura 1).

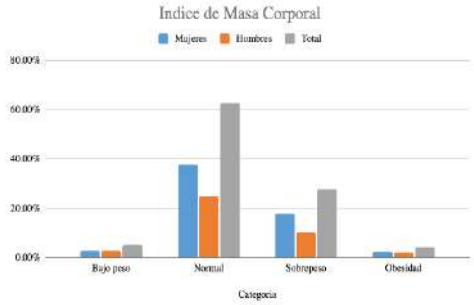


Figura 1. *Índice de masa corporal de la muestra.*

De la misma forma, en la Figura 2 se muestra que el 48.80% de los estudiantes a presentan una nula preocupación por el peso y la forma corporal, el 18.10% lo hace de forma leve, 16.70% moderado y 16.40% de manera alta; asimismo, el 66.15% de las mujeres mostraron algún grado de IIC, mientras que los hombres solo un 33.63%.

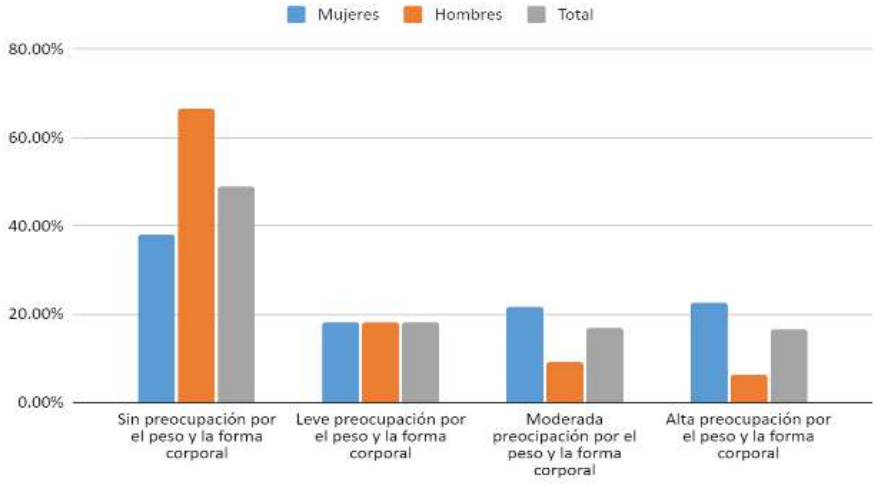


Figura 2. *Niveles de insatisfacción corporal*

Una vez realizado lo anterior, se encontró que el IIC tiene una relación directamente proporcional baja con el IMC [$Rho_{(287)}$= .337, p<0.05]. Posteriormente, se realizaron otras pruebas donde se encontró lo siguiente: la IIC se relaciona de forma directamente proporcional baja con la complexión y muy baja con el peso; mientras que se relaciona inversamente proporcional y muy bajo con la estatura. Finalmente se identificó dependencia de la variable con padecer una enfermedad; el tipo de enfermedad; si ha utilizado y el tipo de tratamiento hormonal, cirugía o procedimiento; con el uso de métodos anticonceptivos; preocupación por la ingesta de alimento, preocupación por subir de peso y con la asistencia a terapia.

CONCLUSIONES. La IIC es un fenómeno complejo que involucra cómo las personas perciben y evalúan su propio cuerpo en relación con ideales culturales y sociales. En otras palabras, el estudio de esta insatisfacción subraya la complejidad de cómo la percepción del propio cuerpo puede estar influenciada por factores físicos, psicológicos y sociales; es decir, esta disconformidad puede afectar tanto a individuos con un IMC dentro de los

parámetros considerados normales como a aquellos con sobrepeso u obesidad. En conclusión, la IIC no afecta únicamente a la percepción corporal de una persona, sino que está puede ser el desencadenante de una serie de problemas de tipo mental, emocional y médico; por ello, es importante realizar acciones que tomen en cuenta el factor cognitivo y emocional para gestionar intervenciones multidisciplinares que promuevan una visión más saludable y equilibrada del cuerpo, e inclusive desde el contexto escolar se pueden implementar programas de este tipo.

REFERENCIAS.

1. Blanco, J. R., Jurado, P. J., Blanco, L. H., Ornelas M., & Solano-Pinto, N. (2021). ¿Qué predice la realización de dietas? Dietas, grasa corporal e insatisfacción corporal en un modelo de ecuaciones estructurales. Terapia psicológica, 39(1), 81-102. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-48082021000100081
2. Blanco, J. R., Rangel-Ledezma, Y. S., Jurado-García, P. J., Aguirre, S. I., Contreras, M. O., Benavides, E. V., & Vega, H. B. (2023). Actividad física, imagen corporal y bienestar psicológico en universitarios mexicanos. Retos, 47, 720-728. https://doi.org/10.47197/retos.v47.93828
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Estadísticas a propósito del día mundial contra la obesidad [Comunicado de prensa]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/EAP_Obesidad20.pdf
4. Marín, R. (2023). Relación de la insatisfacción corporal y la identificación grupal en hombres y mujeres universitarios durante el Covid19. Journal of Behavior, Health & Social Issues, 15(2), 47–54. https://doi.org/10.22201/fesi.20070780e.2023.15.2.81311
5. Morán, C., Victoriano, M., Parra, J., Ibacache, X., Pérez, R., Sánchez, J., Sáez, K., & Mosso, C. (2024). Insatisfacción corporal, autoestima, sintomatología depresiva y estado nutricional en adolescentes. Andes pediátrica, 95(1), 69-76. https://dx.doi.org/10.32641/andespediatr.v95i1.4779
6. Peinado, J. E., Blanco, H., Ornelas, M., Aguirre, S. I. & Solano, N. (2021). El Papel de Variables Biopsicosociales en la Predicción del Factor Comportamental de la Insatisfacción Corporal. Un Modelo de Ecuaciones Estructurales. Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación, 59(2), 69. https://doi.org/10.21865/RIDEP59.2.0
7. Pineda, G., Martínez, C., Gómez, G., & Platas, S. (2020). Imagen y peso corporal en universitarios: Estudio comparativo México-España. Revista mexicana de trastornos alimentarios, 10(3), 298-305. https://doi.org/10.22201/fesi.20071523e.2020.3.582
8. Robledo, B. (2020). Relación entre estima corporal, autoestima, depresión e insatisfacción corporal, de acuerdo al sexo e índice de masa corporal [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional RI. http://hdl.handle.net/20.500.11799/106166
9. Solis, M., Mancilla, J. M., & Vázquez, R. (2022). Suicidio: autolesión e insatisfacción corporal en adolescentes. Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología, 22(1), 1-15. https://doi.org/10.18270/chps..v22i1.4037
10. Valles, G., Hernández, E., Baños, R., Moncada-Jiménez, J., & Rentería, I. (2020). Distorsión de la imagen corporal y trastornos alimentarios en adolescentes gimnastas respecto a un grupo control de adolescentes no gimnastas con un IMC similar. Retos, 37, 297-302, 297–302. https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.67090-

Área 4: Ciencias Sociales y Humanidades. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424138**

APLICACIÓN DE ACELERADORES MECÁNICOS PARA LA ENSEÑANZA

Grecia Itzel Colín González[1], Jennifer López Chacón[2], Alfredo Raya Montaño[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2014865a@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jennifer.lopez@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alfredo.raya@umich.mx

Palabras Clave: Enseñanza, Acelerador, Educación, Tracker, Innovación, Física.

RESUMEN. Este proyecto plantea una metodología para la enseñanza de la física, utilizando aceleradores mecánicos como herramientas didácticas para explicar conceptos tanto básicos como avanzados. La propuesta se basa en crear un método basado en la experimentación, donde los estudiantes pueden visualizar y analizar fenómenos físicos de forma tangible para mejorar la comprensión, desarrollar técnicas de análisis y, al mismo tiempo, adaptable para su aplicación en escuelas, laboratorios y en talleres divulgativos, promoviendo la educación científica y tecnológica de calidad en Michoacán, y favoreciendo el desarrollo educativo, tecnológico, económico y social. Esta metodología se ha implementado en una fase piloto durante la Olimpiada Michoacana de Física, logrando buenos resultados y un significativo aprendizaje.

INTRODUCCIÓN. Es esencial fortalecer la educación, ya que una educación de calidad no solo genera empleo e incrementa los ingresos, apoyando al desarrollo económico de la zona, sino que también fomenta avances tecnológicos y facilitas colaboraciones en campos de vanguardia. Sin embargo, como destaca Robles, “la educación sigue siendo un espacio exclusivo, particularmente en el nivel superior” (Robles, 2022, p. 82). Además, el analfabetismo ha evolucionado, como menciona Ballestero, “el analfabetismo ya no se reduce a no saber leer y escribir; ahora también se tienen en cuenta otros tipos, como el funcional, el tecnológico y el digital” (Ballestero, 2002, p. 45). En este contexto, es crucial implementar estrategias que mejoren la educación en Michoacán para reducir desigualdades y potenciar las oportunidades. Un enfoque educativo sólido puede transformar el panorama regional, ofreciendo oportunidades equitativas y de calidad. La Agenda 2030 de la ONU establece la necesidad de aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos con competencias necesarias para acceder al empleo, al trabajo decente y al emprendimiento (ONU, 2015). Esto destaca la importancia de la creación de más espacios divulgativos a los que ya se tienen, pues puede ser un primer paso hacia la democratización del conocimiento científico y además puede acercar la educación científica a comunidades rurales o distantes de la capital, fomentando la innovación y generando mejores oportunidades para el desarrollo tecnológico, social y educativo en Michoacán, motivando a jóvenes y capacitando a maestros de manera efectiva. Los grandes aceleradores de partículas, son inaccesibles para muchos estudiantes debido a su complejidad y exclusividad. Sin embargo, los pequeños aceleradores de partículas pueden desempeñar un papel crucial en la enseñanza experimental, permitiendo a los jóvenes

comprender principios que gobiernan los grandes aceleradores. Esto podría motivar a los estudiantes a generar propuestas innovadoras y posicionar a Michoacán, e incluso a México, en un lugar destacado en el campo de la ciencia moderna. Instituciones como la UNAM y el Cinvestav ya dedican tiempo a temas relacionados con altas energías y física de partículas. Michoacán también puede generar innovación en este campo.

ANTECEDENTES. A nivel global, varias instituciones científicas han lanzado iniciativas con el propósito de acercar la ciencia moderna a los estudiantes, como el programa Beamline for Schools (BL4S) del CERN, una competencia internacional dirigida a estudiantes de nivel preparatoria. Las tres mejores propuestas ganan un viaje a CERN, en Suiza, o a DESY, en Alemania. Esta misma institución también organiza anualmente diversos programas de desarrollo profesional para maestros, brindándoles la oportunidad de llevar a sus aulas conocimientos actualizados y fortalecer la enseñanza de la ciencia de manera innovadora. Varias empresas como Thames & Kosmos, Science4you y Buki France, entre otros, desarrollan kits comerciales, diseñados específicamente para acercar conceptos científicos a niños y adolescentes de una manera accesible y práctica. Si bien estos kits, que incluyen desde circuitos eléctricos hasta pequeños aceleradores de partículas, son herramientas útiles, su verdadero potencial depende de cómo se integren en un plan pedagógico bien estructurado. Aunque están diseñados para un público infantil, estos kits de aceleradores de partículas cuando se complementan con herramientas educativas como el software Tracker, son extremadamente valiosos en la educación a nivel medio superior y superior.

OBJETIVOS. El objetivo principal de este proyecto es analizar y desarrollar un método para aplicar pequeños aceleradores de partículas como herramientas educativas en la enseñanza de la física, permitiendo abordar diversos temas de física experimental, y técnicas modernas de análisis de datos, con el fin de mejorar la comprensión teórica y práctica de los estudiantes de nivel medio superior y superior. Como objetivos específicos se tienen:
Analizar los temas de física que se pueden explicar, para integrarlos eficazmente.
Realizar experimentos y análisis con el software Tracker, para evaluar la viabilidad de su uso en el análisis de aceleradores y determinar qué aspectos del comportamiento físico pueden explicarse con esta herramienta.
Desarrollar un método educativo completo que abarque un temario bien estructurado de física experimental, integrando el uso de aceleradores y software como Tracker, de modo que pueda ser utilizado en talleres, clases o programas de divulgación, de forma que permita una enseñanza interactiva, motivadora y de calidad.
Evaluar la viabilidad de este método educativo en diferentes contextos (educativos y de divulgación)

MATERIALES Y MÉTODOS.
Aceleradores de partículas: Se analizaron dos tipos de aceleradores, uno lineal con 2 bobinas y un acelerador circular con 6 bobinas. Software Tracker, equipo de captura y procesamiento de datos: Se usó un celular con cámara para grabar el movimiento de las partículas, y una computadora para ejecutar el software Tracker y procesar los datos obtenidos.
Material educativo complementario: Diversos libros y guías sobre física experimental y educación superior en México.

a). Estudio de los aceleradores: Se realizaron pruebas con los 2 tipos de aceleradores. Cada uno fue evaluado para determinar todos los principios físicos que podían explicarse a partir de su funcionamiento.
b). Uso de Software Tracker: Se identificó la cantidad de fenómenos físicos que se podían estudiar, asimismo, se analizó la accesibilidad del software y los posibles desafíos que podrían enfrentar los estudiantes al utilizarlo.
c). Análisis de Temarios de Física: Se hizo una revisión de temarios enfocados en la educación superior en México.
d). Fase Piloto: Se implementó con estudiantes que participan en la Olimpiada Michoacana de Física.
e). Desarrollo de un Taller Divulgativo: Se analizó la viabilidad de transportar los aceleradores, las limitaciones en cuanto a los conceptos que se podían explicar, y los recursos adicionales necesarios para adaptar el taller a diferentes contextos educativos.

RESULTADOS.

a) Se realizaron pruebas exhaustivas, se ajustaron diversos parámetros como el voltaje y la disposición de las bobinas para observar los efectos en las partículas aceleradas.
b) Se realizó un análisis detallado de los movimientos de las partículas fotograma a fotograma, este enfoque permitió obtener gráficas precisas facilitando el análisis visual y cuantitativo de los fenómenos, como se muestra en la Fig. 1



Figura 1. *Análisis del acelerador de partículas utilizando el software Tracker*

c) El siguiente temario propone una estructura que abarca los conceptos que se pueden enseñar utilizando aceleradores, combinando su uso con el software Tracker, basado en los programas de estudio de la SEP, temarios de las preparatorias de la UMSNH, y en el contenido de la Olimpiada Mexicana de Física, organizada por la Sociedad Mexicana de Física:

- Historia de la Física y Aceleradores de Partículas. Introducción a los principales hitos de la física desde la antigüedad hasta la era moderna. Funcionamiento básico de aceleradores de partículas y comparación con los aceleradores experimentales utilizados.
- Cinemática. Movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA). Estudio de trayectorias, velocidad, y aceleración. Uso de los aceleradores y Tracker para observar el movimiento de la partícula en diferentes regímenes, graficar posición, velocidad y aceleración a partir del análisis fotograma a fotograma.

- Movimiento Circular. Movimiento circular uniforme y acelerado. Velocidad angular, aceleración angular, y fuerzas centrípetas. Aplicación de los aceleradores para visualizar el movimiento circular de la partícula, midiendo velocidad angular y lineal con Tracker.
- Magnitudes y Vectores. Análisis de magnitudes escalares y vectoriales, su representación gráfica. Aplicación experimental al analizar el movimiento de las partículas y el registro de sus vectores de velocidad y aceleración.
- Energía y Conservación. Estudio de la energía cinética, potencial y conservación de la energía.
- Electromagnetismo. Campos eléctricos y magnéticos, Ley de Coulomb, Ley de ohm y Ley de Ampère. Introducción a la interacción entre cargas y campos electromagnéticos.
- Ley de Ohm y Circuitos Eléctricos. Introducción a circuitos eléctricos simples, ley de Ohm, corriente y resistencia. Se puede vincular el uso de las bobinas en el acelerador con la ley de Ohm.
- Ley de Gravitación Universal. Relación entre la ley de Coulomb y la ley de gravitación universal. Comparación conceptual entre ambas fuerzas.
- Análisis de Datos y Mínimos Cuadrados. Estudio del ajuste de datos experimentales mediante el método de mínimos cuadrados. Uso del software Tracker para obtener datos de velocidad, posición y energía, y aplicar técnicas de ajuste para analizarlos.

d) Los alumnos mostraron gran interés y entusiasmo al utilizar los aceleradores, sugiriendo experimentos adicionales. Una de las partes importantes a trabajar y mejorar es la comprensión de las diferencias entre pequeños aceleradores y grandes aceleradores como el LHC.

e) A partir de los resultados obtenidos en la fase piloto, se empezó a evaluar la factibilidad de usar aceleradores para un taller divulgativo bien elaborado, destacando la facilidad de transporte de los aceleradores y la accesibilidad de los recursos tecnológicos necesarios, como el software Tracker.

CONCLUSIONES. Los aceleradores mecánicos han demostrado ser herramientas educativas valiosas, capaces de transformar la enseñanza de la física a través de la experimentación práctica. El uso de Tracker facilitó un análisis detallado y enriquecedor de los fenómenos físicos, mejorando la comprensión de conceptos complejos. La fase piloto reveló un entusiasmo notable entre los estudiantes, que se involucraron activamente en la experimentación, sugiriendo nuevos experimentos. Este enfoque práctico y participativo es efectivo para motivar y educar, demostrando que los aceleradores mecánicos pueden tener un impacto significativo en la enseñanza de la física.

La facilidad de transporte de los aceleradores y la ausencia de equipos adicionales necesarios para el taller aseguran que se puede ofrecer una experiencia educativa de alta calidad con recursos mínimos. En resumen, la combinación de aceleradores mecánicos y herramientas como Tracker promete mejorar la educación en física, inspirar a los estudiantes y avanzar en la enseñanza científica.

REFERENCIAS.

1. Ballestero, F. (2002). La brecha digital: el riesgo de exclusión en la sociedad de la información. Fundación Retevisión.
2. Robles, N. D. (2022). Somos granos de maíz que vamos construyendo nuestra mazorca: identidad, formación universitaria y nuevos espacios de lucha. En Y. Santana (coord.) (2022). Caminares comunitarios y académicos. Narrativas de profesionistas indígenas que tensionan imaginarios. Universidad Iberoamericana.
3. Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución adoptada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015.
4. Secretaría de Educación Pública (SEP). (2022). Plan y programas de estudio de secundaria en Ciencias II (énfasis en Física).
5. Sociedad Mexicana de Física. (s.f.). Olimpiada Nacional de Física: Temario. https://smf.mx/programas/olimpiada-nacional-de-fisica/temario/

Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0424139**

MEDIACIÓN LECTORA EN CONTEXTOS FAMILIARES Y EDUCATIVOS

Fátima Valeria Villa Navarro[1], Olga López Perez[2]
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; 1828630h@umich.mx
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Psicología; olga.lopez@umich.mx.

Palabras Clave: Mediación lectora, Decálogo de mediación, Literatura infantil, Primera Infancia.

RESUMEN. La lectura es una herramienta fundamental para el desarrollo cognitivo, lingüístico y social de los niños, y constituye un acto social, es decir, no se reduce a ser un objeto o medio exclusivo de la escuela y la educación. Así, en la niñez, la mediación lectora enriquece el proceso de construcción de conocimientos y fomenta el desarrollo social y emocional, por lo que la presencia de un adulto que acompañe la experiencia lectora es fundamental para establecer una relación entre las y los niños con la lectura y, de hecho, la lectura compartida y la participación de un mediador (ya sea un padre, cuidador o educador) promueve la apropiación de la lectura con sentido desde los primeros años de vida. El objetivo de este trabajo es fomentar la participación de los adultos para realizar situaciones de mediación lectora y lectura compartida como prácticas sociales orientadas a niñas y niños de 0 a 3 años, de tal manera, la meta se orientó a la creación de un decálogo de mediación lectora para orientar a los adultos a propiciar situaciones de lectura compartida en contextos familiares y educativos, como los Centros de Asistencia Infantil (CAI). La metodología utilizada consistió en una revisión documental de literatura existente sobre prácticas de lectura compartida. Se priorizaron aquellos enfocados a la mediación lectora, enfoque en la primera infancia y el uso de las tecnologías para la lectura. A partir de la literatura revisada, el análisis permite establecer un decálogo para la mediación lectora. Actualmente, en México existen diversas iniciativas de fomento de lectura y este trabajo aporta a los esfuerzos e iniciativas para diversificar la experiencia de lectura en la primera infancia, en especial a través de orientar la participación del adulto mediador.

INTRODUCCIÓN. La lectura es una herramienta esencial para el desarrollo cognitivo, emocional y social de los niños. Más allá de ser una habilidad técnica, Lerner (2001) reconoce la lectura como una práctica social y cultural que fomenta lectores críticos, capaces de construir sentido en interacción con otros. Sin embargo, en México, los niveles de lectura son bajos, especialmente en la infancia. Según el informe PLANEA (2015), el 75.4% de los alumnos de primaria tiene un nivel insuficiente o básico en lectura, lo que pone de manifiesto la necesidad de estrategias efectivas para transformar esta situación y la perspectiva social, aporta la medición lectora como una función clave para el desarrollo y el aprendizaje. De tal manera, la mediación lectora, entendida como la participación del adulto en situaciones de lectura compartida, favorece la experiencia de lectura del niño, es decir, juega un papel crucial en el desarrollo de la autonomía para leer con propósito (Uribe & Hernández, 2022). Es entonces que, el mediador lector fortalece la formación de lectores críticos y reflexivos en la primera infancia (Carrasco, 2016). Diseñar situaciones de lectura

para aprender a leer y leer para aprender, implica desafíos, en esencial en contextos familiares y educativos, sin embargo, a medida que la tecnología evoluciona, los formatos de lectura también cambian y brindan nuevas oportunidades de acceso a prácticas lectoras diversas. Según Ferreiro (2002), los niños y las niñas participan en situaciones de lectura antes de aprender a leer formal y convencionalmente, lo que resalta la importancia del ambiente alfabetizador y la mediación lectora a lo largo de la vida. Asimismo, los portadores del lenguaje escrito se han diversificado integrando formatos gráficos interactivos con o sin audio, e incluso en videos, los cuales conozcan a la atención de las y los niños, siendo de mayor interés para participar en situaciones de lectura diversas (Londoño et al., 2010), lo que sugiere que la promoción de la lectura debe adaptarse a las características e intereses de las nuevas generaciones. En especial, la mediación lectora fortalece el desarrollo cognitivo y social de las personas que participan en situaciones de lectura compartida, sin embargo, el mediador requiere propiciar la lectura mediante interacciones en tres momentos: antes, durante y después de la lectura.

OBJETIVOS. Promover la mediación lectora en contextos familiares y educativos para la lectura compartida como práctica social con niños de 0 a 5 años.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Revisión de diversas estrategias e iniciativas de lectura compartida con la participación de adultos como mediadores de lectura en diferentes contextos. Analizar las experiencias de mediación lectora para niños de 0 a 5 años a partir de una perspectiva socioconstructivista. Establecer los principios de la mediación lectora como actividad de fortalecimiento para el desarrollo social y cognitivo mediante la interacción como comunidad de lectores con niños de 0 a 5 años. Orientar la participación de adultos mediadores en contexto de casa y escuela con el uso de la digitalidad como estrategia de fácil acceso.

MATERIALES Y MÉTODOS. En el presente estudio se ha adoptado un enfoque cualitativo debido a su capacidad para explorar en profundidad las dinámicas y contextos socioculturales que subyacen a la mediación lectora en la primera infancia. Este enfoque teórico es particularmente relevante en el estudio de la mediación lectora, en especial con base en Hernández et al. (2014), quienes reconocen que la investigación cualitativa permite explorar aspectos de la realidad que no son fácilmente cuantificables, proporcionando una visión detallada y real de los fenómenos estudiados.

DISEÑO. Se realizó un diseño de investigación cualitativo y descriptivo organizado en fases:
Fase 1: Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la mediación lectora en los primeros años de vida y las ventajas de la lectura compartida en diferentes contextos para el desarrollo y aprendizaje como práctica social. La revisión incluyó estudios previos, artículos académicos y libros que abordan la promoción de la lectura en edades tempranas, preferentemente estudios realizados en México
Fase 2: Se enfoca a definir orientaciones principales para la participación de los adultos como mediadores de lectura con y sin el uso de la digitalidad. Las categorías de análisis construidas responden a la perspectiva socioconstructivista, por lo que implica propósito lector y condiciones didácticas.

RESULTADOS. A partir de los criterios de selección, los estudios sobre mediación lectora en México se clasificaron en varios enfoques: 1) El ABC de la mediación en México, 2) Beneficios de la lectura compartida de libros, 3) Promoción de la lectura en México, 4) Primera infancia y literacidad: Leer con los bebés, 5) Experiencia de alfabetización inicial y 6) Leer y escribir para transformar desde una perspectiva constructivista. Al analizar estos estudios, se identifican puntos en común: la mediación como herramienta de vínculo emocional, el desarrollo de habilidades cognitivas y lingüísticas, y la lectura como práctica social y cultural en México. A partir de esta revisión, se propone un decálogo que organiza en diez principios claves la mediación lectora, basado en la teoría, y que se ejemplifica para su aplicación práctica en contextos educativos y familiares. El decálogo de mediación lectora resalta la importancia del acompañamiento adulto en la primera infancia para el desarrollo cognitivo, lingüístico y social. Autores como Lerner (2001) y Uribe & Hernández (2022) subrayan que la lectura es una práctica social, más que técnica, que permite a los niños construir significado e interactuar con otros. El decálogo no solo estructura esta intervención, sino que también facilita la creación de espacios de lectura compartida donde se fomente el desarrollo integral del niño. Figura 1.

Principio	Sustento teórico	Ejemplificación
Leer diariamente con el niño	Lerner (2001) establece que la lectura diaria fomenta el desarrollo cognitivo, emocional y social, ayudando a los niños a convertirse en lectores críticos a través de la interacción continua con los textos y otras personas.	Establece una rutina diaria de lectura donde cada día se lea un libro diferente o en su defecto una parte o capítulo del libro.
Leer en un espacio de lectura cómodo	Según García (2020), la creación de un ambiente de lectura adecuado y accesible no solo mejora la concentración de los niños, sino que también les permite asociar la lectura con experiencias positivas y placenteras.	Define un espacio en casa o institución especialmente para la lectura donde equipes cojines, tenga buena iluminación y un acceso fácil a los libros.
Conocer la literatura infantil	Ferreiro (2002) destaca que los mediadores deben estar familiarizados con la literatura infantil para seleccionar materiales adecuados y motivar a los niños a participar en la lectura, favoreciendo así su desarrollo lingüístico desde una edad temprana.	Comienza leyendo cuentos infantiles, relaciónate con el material de autores y/o ilustradores reconocidos y mantente actualizado con nuevas publicaciones.
Elaboración de material de apoyo	Londoño et al. (2010) sugieren que el uso de recursos visuales y materiales interactivos, como títeres y tarjetas, capta la atención de los niños y facilita su inmersión en la historia, reforzando su comprensión lectora.	Deja volar tu imaginación, crea materiales que te ayuden a contar la historia, como títeres, tarjetas con imágenes, inclusive puedes experimentar con materiales de diferentes texturas.

Principio	Sustento teórico	Ejemplificación
Utilizar entonación y lenguaje corporal	Uribe & Hernández (2022) subrayan que el uso de la entonación y el lenguaje corporal en la lectura en voz alta ayuda a los niños a conectar con las emociones de los personajes, mejorando su capacidad de empatía y comprensión emocional.	Cambia los tonos de la voz para representar a diferentes personajes. Usa gestos para enfatizar acciones y emociones durante la lectura
Hacer preguntas durante la lectura	Carrasco (2016) explica que la formulación de preguntas durante la lectura activa el pensamiento crítico de los niños, alentándolos a reflexionar sobre el contenido del texto y a desarrollar habilidades de anticipación y análisis.	Dependiendo de la edad del infante es la pregunta que realizamos, los niños más pequeños pueden responder a "¿De qué color es?". Mientras que los más grandes pueden responder a preguntas como "¿Qué crees que pasará después?" o "¿Cómo crees que se siente el personaje en este momento?"
Realizar actividades después de la lectura	Maldonado & Ruiz (2017) sugieren que las actividades post-lectura, como dibujos o juegos, ayudan a los niños a asimilar lo leído de manera creativa y a expresar sus ideas y emociones relacionadas con la historia.	Después de leer un cuento sobre animales, organiza una actividad donde los niños dibujen sus animales favoritos, este tipo de actividades se prestan mucho para experimentar con diferentes materiales y texturas
Fomentar relaciones sanas	Goikoetxea & Martínez (2015) señalan que el respeto por las preferencias de lectura de los niños refuerza su confianza en la toma de decisiones y su independencia, promoviendo una relación positiva con los libros.	Mostrar entusiasmo por los libros y respetar los gustos y preferencias del niño en la selección de lecturas. Es importante saber que los libros deben usarse y no recomendamos limitar el acceso a los niños por miedo a que los dañen.
Modelar el amor por la lectura	García-Aldeco & Uribe (2020) enfatizan que cuando los adultos leen en presencia de los niños, estos imitan ese comportamiento, lo que fomenta una cultura de lectura en casa y un mayor interés por los libros.	Lee tus propios libros en presencia del niño y comparte lo que te gusta de ellos.
Fomenta la autonomía del lector	Ferreiro (2002) también menciona que permitir a los niños elegir sus propios libros en bibliotecas o librerías fomenta su sentido de autonomía y les permite desarrollar una relación más significativa y personal con la lectura.	Lleva a los niños a la biblioteca y permitirles elegir algunos libros por sí mismos

Figura 1. *Decálogo del mediador*

CONCLUSIONES. Actualmente, en México existen diversas iniciativas que fomentan la lectura mediante plataformas de acceso libre, integrando cuentos infantiles. Este trabajo complementa esos esfuerzos al orientar la participación del adulto mediador en la lectura compartida a través de recursos digitales, diversificando la experiencia lectora en la primera infancia. El decálogo digital se presenta como una herramienta accesible para padres y maestros en contextos educativos y familiares. Aunque uno de los desafíos es el acceso desigual a la tecnología, se planea la revisión del decálogo por expertos y el lanzamiento de una página web dedicada a la alfabetización inicial, con ejemplos prácticos que facilitarán su implementación.

REFERENCIAS.

1. Carrasco, A. (2016) El mediador lector: prácticas y posibilidades. Ediciones SM. [Archivo PDF Privado]
2. Carrasco, A., Macias, V. & Lopez, G. (2017) Una experiencia de alfabetización inicial: metodología, diseño didáctico y evaluación docente. Congreso Nacional de Investigación Educativa - COMIE. 2228.pdf (comie.org.mx)
3. Carrasco, A. (2018). Primera infancia y literacidad. Leer con los bebés es indispensable y es posible. Revista electrónica Leer, Escribir y Descubrir. Primera infancia y literacidad. Leer con los bebés es indispensable y es posible. (fiu.edu)
4. Ferreiro, E. (2002). La lectura compartida. Siglo XXI Editores.https://ia801607.us.archive.org/26/items/ferreiro-e.-alfabetizacion-teoria-y-practica/Ferreiro%2C%20E.%20Alfabetizacio%CC%81n%20Teori%CC%81a%20y%20Pra%CC%81ctica_text.pdf
5. García-Aldeco, A., & Uribe Zaraín, V. (2020). Leer y escribir para transformar: Alfabetización inicial desde la perspectiva constructivista. El Colegio de México. https://www.colmex.mx
6. Goikoetxea, E. & Martinez, N. (2015) Los beneficios de la lectura compartida de libros: Breve revisión. Educación XXI. Universidad de Educación a Distancia. LOS BENEFICIOS DE LA LECTURA COMPARTIDA DE LIBROS: BREVE REVISIÓN (redalyc.org)
7. González, M. (2020). Integración de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje: un estudio en la institución educativa [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico Superior de Japón]. https://dspace.itsjapon.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3447/1/ART-INTEGRACI%C3%93N%20DE%20LA%20TECNL.pdf
8. González Martin, N. (2014). El ABC de la mediación en México. Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. https://www.asadip.org/v2/wp-content/uploads/2013/12/3-El-ABC-de-la-mediacion-en-M%C7%B8xico-NURIA-GONZALEZ-MARTIN.pdf
9. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Investigación cualitativa: Fundamentos epistemológicos, teóricos y metodológicos. Revista de Investigación en Psicología. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-25162019000100008
10. Lerner, D. (2001). Leer y escribir en la escuela: Lo real, lo posible y lo necesario. Fondo de Cultura Económica. [Archivo PDF privado]
11. Londoño, M., Parra, M. & Sánchez, D. (2010). La literatura infantil y juvenil en la era digital: Entre la tradición y la innovación. https://www.redalyc.org/pdf/277/27729940010.pdf
12. Maldonado, C., & Ruiz, C. (2017). Aprendizaje y lectura en la educación infantil: una revisión de estudios. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud, 15(1), 47-58. https://www.redalyc.org/pdf/277/27701101.pdf
13. Secretaría de Educación Pública. (2015). Resultados de la prueba PLANEA 2015. https://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2015/difusion_resultados/1_Resultados
14. Uribe, R., & Hernández, D. (2022). La lectura compartida como práctica de interacción y fortalecimiento de capacidades humanas. Revista Palobra "palabra que obra", 22(1), 61-75. https://doi.org/10.32997/2346-2884-vol.22-num.1-2022-4095

Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524101**

PROPUESTA DE IDENTIFICACIÓN PRESUNTIVA DE PÁTOGENOS OPORTUNISTAS EMERGENTES DE GÉNERO Candida spp

Katia Sarahi Soto-Zarate[1], José Vidal Ortiz-Flores[1], Rafael Ortiz-Alvarado[1]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología; 1629571x@umich.mx

Palabras Clave: Patógenos Oportunista, C. albicans, Antimicóticos.

RESUMEN. Los patógenos oportunistas, han cobrado un interés médico, por la identificación más fina de microorganismos, permitiendo identificar no solo géneros, sino especies, que anteriormente no se identificaban en muestras y casos clínicos, las especies del género Candida, que han sido aisladas y relacionadas con procesos infecciosos en pacientes inmunocomprometidos y enfermedades mal tratadas, como la diabetes mellitus, corresponden a C. glabrata, C. cruzei y C. tropicallis, las cuales son patógenos oportunistas emergentes. Sin embargo, la identificación temprana y adecuada de, C. cruzei y C. tropicallis, queda mayormente dependiente del aislamiento y la caracterización bioquímica de estas especies de Candida, por lo que el estudio presuntivo y fidedigno sigue siendo necesario en los laboratorios de microbiología clínica, que son fundamentales, para establecer una identificación discriminativa entre Candida albicans y las Candidas anteriormente mencionadas, como parte esencial del diagnóstico y un tratamiento especifico en pacientes con pronóstico reservado. El presente trabajo de investigación propone una prueba presuntiva, fidedigna y confiable que permita identificar de manera adecuada a C. glabrata, C. cruzei y C. tropicallis de la mayormente aislada e identificada de C. albicans. Los Materiales utilizados fueron los medios de cultivo específicos y selectivos para las especies del género Candida, como medio Biggy, APD y Cromoagar y las cepas de referencia ATCC, para C. glabrata, C. cruzei y C. tropicallis y C. albicans, estableciendo parámetros de desarrollo diferencial con tasa de crecimiento diferencial frente a Polimixyna B, donde el modelo de densidad óptica a 600 nm en espectrofotómetro, permite identificar invariablemente a C. cruzei y C. tropicallis, diferenciándolas de C. albicans la cual es resistente a este antimicribiano; por lo que los presentes resultados permiten proponer una prueba presuntiva para implementarse en los laboratorios de microbiología clínica, para poder identificar en un menor tiempo a especies patógenas oportunistas emergentes del género Candida.

INTRODUCCIÓN. Las infecciones por el género Candida representan un desafío creciente en el ámbito clínico, especialmente en pacientes inmunocomprometidos. La identificación precisa de especies como C. glabrata, C. cruzei y C. tropicalis es fundamental para guiar el tratamiento antimicótico. Este estudio evaluó la utilidad de la polimixina B como marcador fenotípico para diferenciar estas especies de C. albicans. Al comparar la tasa de crecimiento de estas levaduras en presencia de este antimicrobiano, se propone un método rápido y sencillo para la identificación presuntiva en el laboratorio clínico. Los resultados obtenidos sugieren que esta prueba puede ser una herramienta valiosa para mejorar la gestión de las infecciones por Cándida.

ANTECEDENTES. Las especies del género Candida, muestran una diversidad de fenotipos, que les permite ser identificadas a través de métodos, como son la reacción a agares cromogenicos, aunque se siguen utilizando de manera habitual en los laboratorios clínicos de microbiología, para identificación de especies aisladas de muestras clínicas, es necesario, contar, con técnicas, presuntivas, que permitan correr a la par que las moleculares, técnicas fenotípicas que diferencien entre las especies de Candida, que tienen una importancia clínica. Por lo tanto, el presente trabajo ofrece las pruebas necesarias, para la identificación presuntiva, por discriminación de comportamiento a antimicrobianos entre especies de C. albicans, C. kruzie y C. tropicallis, de importancia clínica, como una estrategia de tipo diagnostica y la implementación de tratamiento específico, que límite la resistencia a antifúngicos.

OBJETIVO. Desarrollar una prueba presuntiva para diferenciar C. glabrata, C. cruzei y C. tropicallis de C. albicans.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Medio de cultivo: *Medio Líquido YPG (extracto de levadura, peptona de gelatina, glucosa).* ***Microorganismos*** utilizados son cepas de referencia del ceparío de la Facultad de QFB, correspondientes a *C. albicans, C. kruzei, C. tropicallis.*
Condiciones de cultivo fueron, incubación a 28°C, durante 12 horas de crecimiento en agitación constante de 80 rpm. Las lecturas en espectrofotómetro se realizaron a 600 nm, cada 2 horas y la molécula antimicrobiana, fue polimixina B.

RESULTADOS.

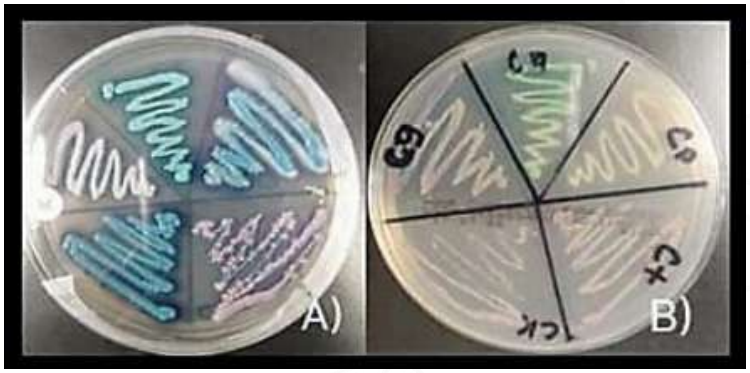


Figura 1. de los cinco géneros de *Cándida en chromagar* A) vista frontal, B) vista trasera.

Tabla No.1 curva control de crecimiento de *Cándida tropicalis control, inhibición de polimixina B (pB) a 150* ***µg y*** *300* ***µg***

Candida glabrata

TIEMPO 300 **µg**

0

Control	150 **µg**
0.00	0.00
0.027	0.009

0.039	0.001
0.027	0.015
0.029	0.022
0.018	0.09
0.104	0.19
0.232	0.397
0.244	0.548

1 0.00 **2** 0.067 **3** 0.048 **4** 0.06 **5** 0.076 **6** 0.118 **7** 0.162 **8** 0.268 **8.5** 0.394

Aunque existen antimicrobianos que permiten eliminar, procesos infecciosos fúngicos, de manera selectiva, sigue siendo una prioridad, poder identificar la especie del género implicado en el proceso infeccioso, debido a que las especies de un mismo género, presentan diferente susceptibilidad a antimicrobianos (1,2). La polimixina B, tiene contraindicaciones, para su aplicación de manera enteral y paraenteral, en pacientes (3,4), sin embargo, el uso de la polimixina B, en un protocolo de identificación de especies de patógenos oportunistas del género *Cándida*, ofrece posibilidades de confirmar aislados identificados a través del chromagar (5,6).

CONCLUSIONES. La identificación de patógenos, pertenecientes al género Cándida, diferentes de C. albicans, es primordial, para la confirmación de patógenos oportunistas, como C. kruzei, C. tropicallis, C. glabrata, entre otros, denominados patógeno oportunistas emergentes, debido a la mayor prevalencia de enfermedades con comorbilidades como DM-2, pacientes oncológicos y pacientes con compromiso del sistema inmunológico que presenten este tipo de agentes infecciosos y que aunque existen las herramientas moleculares de identificación, sigue siendo esencial, contar con técnicas presuntivas que apoyen a los medios de identificación convencional como son el cromo-agar.

REFERENCIAS.

1. Duggan, S. y Usher, J. (2023). Candida glabrata: una potencia de resistencia. Patógenos PLoS , 19 (10), e1011651.
2. Pristov, KE y Ghannoum, MA (2019). Resistencia de Candida a azoles y equinocandinas en todo el mundo. Microbiología clínica e infecciones: publicación oficial de la Sociedad Europea de Microbiología Clínica y Enfermedades Infecciosas, 25 (7), 792–798.
3. Vigezzi, C., Riera, FO, Icely, PA, Miró, MS, Fig, CM, Caeiro, JP y Sotomayor, CE (2021). Candidiasis invasora: un enfoque a la infección en el sistema nervioso central. Revista Argentina de Microbiología , 53 (2), 11–20.
4. Tapia P, C. (2008). Candida glabrata. Revista Chilena de Infectología: Organo Oficial de La Sociedad Chilena de Infectología , 25 (4), 293–293.
5. de Bedout, C., & Gómez, BL (2010). Candida y candidiasis invasora: un reto continuo para su diagnóstico temprano. Infectio: revista de la Asociación Colombiana de Infectología , 14 , s159–s171.
6. Nang, SC, Azad, MAK, Velkov, T., Zhou, Q. (tony) y Li, J. (2021). Rescatando las polimixinas de última línea: Logros y desafíos. Reseñas farmacológicas, 73 (2), 679–728.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524102**

AUTOEXPLORACIÓN DE CAVIDAD ORAL COMO ESTRATEGIA DE DIAGNOSTICO OPORTUNO CÁNCER ORAL

Valeria Gómez Gómez[1], Perla Jacaranda De Dienheim Barriguete[2]
Universidad Latina de América; ggvaleriagg@hotmaill.com
Universidad Latina de América; perladb7@yahoo.com.mx

Palabras Clave: Autoexploracion, autocuidado, cáncer oral.

RESUMEN. Introducción: Del total de los canceres aproximadamente el 4% son localizados en la boca y la faringe, de estos el 50% se diagnóstica en etapas avanzadas (Tarragó,2005). El autocuidado es parte de un estilo de vida de la persona, entendido como patrones de conducta que reflejan la forma de interactuar de los individuos con su medio social (Monsalves y et. Al., 2010); sin embargo, existe una falta de este en la población en general ya que casi nadie se da a la tarea de destinar tiempo para realizar una autoexploración de cabeza y cuello debido a la falta de información que existe, por lo que, si se pusiera en práctica el autocuidado, se detectarían lesiones pre malignas y malignas a tiempo, debido a que la mayoría de las veces estas son detectadas tardíamente. Objetivo: Identificar el grado de conocimiento de los pacientes acerca de la detección oportuna del cáncer oral. Método: Se realizó un estudio descriptivo y transversal en un grupo de 252 pacientes odontológicos, a través de una encuesta de 13 preguntas cerradas. Las variables de estudio fueron: género, edad, factores de riesgo a desarrollar cancer, Signos de alarma o sospecha del cancer oral y la autoexploración. con la finalidad de identificar el grado de conocimiento acerca del autodiagnóstico del cáncer oral, así como su interés en capacitarse en la detección oportuna del cáncer oral. Resultados: El género predominante en la encuesta fue el femenino con 75.39 %, Mientras que en cuanto a los grupos de edad 40% fueron menores de 29 años. Se encuentra que el 70.6% desconocen la existencia de lesiones potencialmente cancerígenas. Al evaluar el conocimiento sobre cómo realizar la autoexploración para la detección de lesiones cancerosas y precancerosas de cabeza y cuello se encontró que el 76.6% no conoce este método de prevención. Conclusiones: Existe una enorme falta de información en la población sobre el autoexamen de cabeza y cuello por lo que es importante concientizar a la comunidad brindando la información necesaria para que esta práctica sea integrada a la rutina diaria.

INTRODUCCIÓN. El cáncer oral constituye una de las principales causas de mortalidad relacionada con el cáncer a nivel mundial, y es particularmente prevalente en países en vías de desarrollo. A pesar de los avances en el diagnóstico y tratamiento, la tasa de supervivencia del cáncer oral sigue siendo baja, debido principalmente a que la mayoría de los casos se diagnostican en etapas avanzadas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las tasas de supervivencia a cinco años para el cáncer oral son del 85% cuando se detecta temprano, pero caen al 40% en estadios avanzados (Miranda, 2005). El diagnóstico tardío es un problema recurrente que afecta tanto a países desarrollados como a aquellos en vías de desarrollo, lo que subraya la importancia de estrategias preventivas que incluyan

la educación sobre autoexploración oral y la promoción de hábitos saludables. En este contexto, el presente trabajo analiza la autoexploración de la cavidad oral como una herramienta clave para la detección temprana del cáncer oral, y plantea propuestas para su integración en programas de salud pública.

ANTECEDENTES. El cáncer oral puede desarrollarse en cualquier parte de la boca, afectando principalmente los labios, lengua, encías, paladar y las paredes internas de las mejillas. Este tipo de cáncer está fuertemente asociado a factores de riesgo como el consumo de tabaco, alcohol, infecciones por el virus del papiloma humano (VPH) y la exposición prolongada al sol (para los cánceres de labio) (Argueta, 2021). A nivel global, la OMS reporta que el cáncer oral tiene una incidencia de entre 7 y 20 casos por cada 100,000 habitantes, siendo más común en regiones como el sudeste asiático, donde se practican hábitos nocivos como la masticación de la nuez de betel(Abascal,2024). En México, aunque no existen cifras epidemiológicas precisas sobre el cáncer oral, los datos disponibles sugieren que su incidencia ha ido en aumento en los últimos años, lo que pone de manifiesto la necesidad de reforzar las estrategias de prevención y diagnóstico temprano (Gallegos,2012). Históricamente, se ha dado más atención a la prevención primaria del cáncer oral (reducción del consumo de tabaco y alcohol), mientras que la prevención secundaria, centrada en la detección temprana mediante autoexploración y revisiones odontológicas regulares, ha recibido menos atención. Sin embargo, diversos estudios sugieren que la autoexploración de la cavidad oral podría ser una estrategia eficaz para reducir la mortalidad asociada al cáncer oral (Rivera, Romero & Flores,2011).

OBJETIVOS. Evaluar la importancia de la autoexploración de la cavidad oral como herramienta de detección temprana del cáncer oral. Analizar los factores de riesgo asociados con el cáncer oral, como el consumo de tabaco, alcohol y las infecciones por VPH.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un estudio descriptivo y transversal en un grupo de pacientes odontológicos, sobre el conocimiento que tenían, sobre las medidas de prevención y factores de riesgo del cáncer oral. La metodología incluyó la evaluación de 252 encuestas sobre el nivel de conocimiento de la población acerca de la autoexploración y los signos tempranos del cáncer oral, así como la frecuencia con la que los pacientes realizan autoexámenes de la cavidad oral.

RESULTADOS. El género predominante en la encuesta fue el femenino con 75.39 %, Mientras que en cuanto a los grupos de edad 40% fueron menores de 29 años. El 70.6% desconocen los signos tempranos del cáncer oral, como llagas que no sanan, manchas blancas o rojas en la boca, y bultos en la lengua o las encías (Fig 1) y 70% no están familiarizados con la técnica de autoexploración de la cavidad oral (Fig. 2).

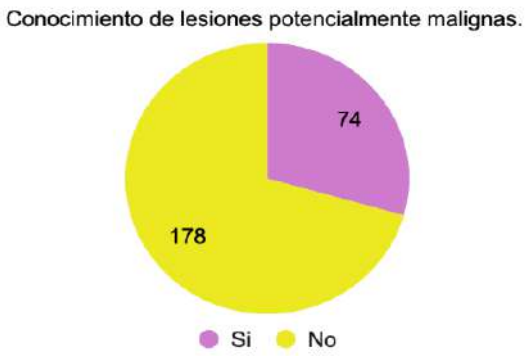


Figura 1: *Conocimientos sobre lesiones en el Ca oral. Autoría propia*

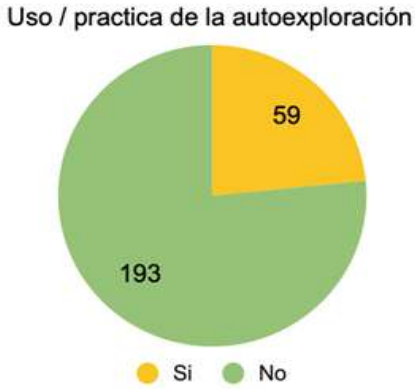


Figura 2. *Práctica de autoexploración. Autoría propia*

Por lo que se observó que, solo el 30% de los pacientes habían sido sometidos a un examen completo de la cavidad oral en su última visita al dentista, y menos del 25% conocía como realizar autoexploraciones (Fig.3).



Figura 3. *Conocimiento de cómo se realiza una autoexploración. Autoría propia*

Se pone en consideración los factores de riesgo para desarrollar Cáncer oral, pudiendo los encuestados elegir entre varias opciones, de las que afirman: el 19.5 % lo atribuye al consumo tabaco y vapes o cigarros electrónicos.

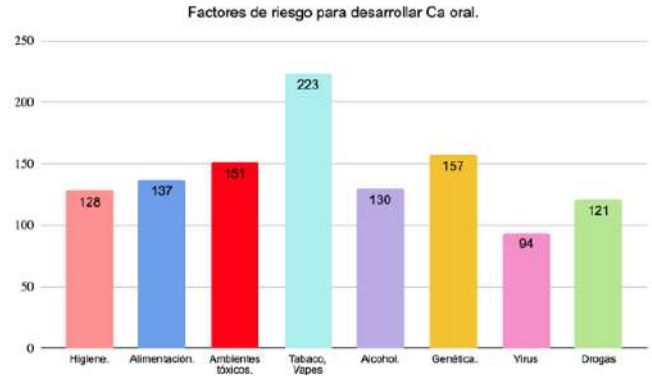


Figura 4. Factores de riesgo para el desarrollo de ca oral. Autoría propia.

La prevalencia del VPH en cánceres orales y oro faríngeos también ha aumentado en los últimos años, lo que subraya la necesidad de incluir la prevención de infecciones por este virus en las estrategias de salud pública.

La autoexploración de la cavidad oral es una herramienta poderosa y subutilizada en la prevención secundaria del cáncer oral. A pesar de que es una técnica sencilla que no requiere de equipamiento especializado, su aplicación es limitada debido al desconocimiento de la población sobre su utilidad (Gallegos,2012). Es esencial que los profesionales de la salud, especialmente los odontólogos, eduquen a sus pacientes sobre la importancia de la autoexploración y les enseñen cómo llevarla a cabo correctamente (Itriago., Silva, & Cortes, 2013). Un enfoque integral que incluya la promoción de la autoexploración, junto con medidas de prevención primaria como la reducción del consumo de tabaco y alcohol, podría reducir significativamente la incidencia y mortalidad del cáncer oral (Argueta,2021). Asimismo, es fundamental mejorar la formación de los profesionales de la salud para que puedan detectar precozmente las lesiones precancerosas y referir a los pacientes para el tratamiento adecuado (Suárez, et all, 2021).

CONCLUSIONES. El cáncer oral sigue siendo una enfermedad con altas tasas de mortalidad debido a su diagnóstico tardío. La autoexploración de la cavidad oral es una herramienta crucial en la prevención secundaria y debería formar parte de las campañas de salud pública orientadas a reducir la prevalencia de esta enfermedad. El rol del odontólogo es esencial, y su capacitación para realizar diagnósticos oportunos y educar a los pacientes debe ser una prioridad en los sistemas de salud.

REFERENCIAS.

1. Abascal, D. L. I. (n.d.). Honorable Congreso del. GobMx. Recuperado el 26 de junio de 2024, de http://congresomich.gob.mx/file/Gaceta-008-XXVIII-A-bis-11-11-2021-1.pdf
2. Ábalos Cerda, V., Astorga Aguirre, J., & Reyes Soto, A. (n.d.). Trauma crónico oral como factor predisponente de cáncer oral: Una revisión sistemática exploratoria. Universidad de Valparaíso, Chile.
3. Almeida, F., Picón, M., Pezzi, M., Sánchez-Jaúregui, E., Carrillo, R., & Martínez-Lage, J. L. (s.f.). Nodular fascitis of the maxillofacial region: Two case reports and a review of the literature. Isciii.es. Recuperado el 5 de julio de 2024, de https://scielo.isciii.es/pdf/maxi/v29n1/caso1.pdf
4. Antón, M. S., & Somacarrera Pérez, M. L. (2015). Cáncer oral: Genética, prevención, diagnóstico y tratamiento. Revisión de la literatura. Avances en Odontoestomatología, 31(4), 247–259.

5. Argueta-Figueroa, L. (2021). Epidemiología reportada de cáncer de labio, cavidad oral y orofaringe en México. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, 58. https://doi.org/10.24875/rmimss.m20000074
6. Boada, L. D. (n.d.). Principios generales de carcinogénesis: Carcinogénesis química y hormonal. Sld.pe. Recuperado el 1 de julio de 2024, de http://www.inen.sld.pe/portal/documentos/pdf/educacion/01102014_CARCINOGENESIS_III.pdf
7. Cárcamo, M. (2018). Epidemiología y generalidades del tumor de cabeza y cuello. Revista Médica Clínica Las Condes, 29, 388–396. https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2018.06.009
8. Gallegos-Hernández, J. F. (2012). Cáncer de la cavidad oral. Un reto para la salud de la población mexicana en la próxima década. Gaceta Mexicana de Oncología, 11(2), 65–133.
9. García-García, V., & Bascones Martínez, A. (2009). Cáncer oral: Puesta al día. Avances en Odontoestomatología, 25, 239–248.
10. Itriago, L., Silva, N., & Cortes, G. (2013). Cáncer en Chile y el mundo: Una mirada epidemiológica, presente y futuro. Revista Médica Clínica Las Condes, 24, 531–552. https://doi.org/10.1016/s0716-8640(13)70195-0
11. Miranda, J. S. (2018). Consecuencias orales en pacientes tratados con quimioterapia y radioterapia 2. Morelia, Michoacán: Universidad Latina de América.
12. Miranda Tarragó, J. D. (2005). El programa de detección de cáncer bucal en la Facultad de Estomatología de La Habana de 1999 a 2005. VII Congreso Virtual Hispanoamericano de Anatomía Patológica, Cuba. Vista impresión, 8.
13. Monsalves, M. J., Aravena, P., & Sanhueza, A. (2010). Frecuencia de autoexamen y nivel de conocimiento de los pacientes en relación a las lesiones de la mucosa oral en Temuco, Chile. International Journal of Odontostomatology, 4(1), 13–18.
14. Organización Mundial de la Salud. (2022). Recuperado de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer
15. Pérez-Salcedo, L., & Bascones Martínez, A. (2010). Tumores benignos de la mucosa oral. Avances en Odontoestomatología, 26. https://doi.org/10.4321/s0213-12852010000100002
16. Rivera, J. C., Nacif, E. S., Romero, M. G. G., & Flores, M. R. R. (2011). Cáncer oral en México: Revisión bibliográfica y presentación de caso clínico. Revista Mexicana de Cirugía Bucal y Maxilofacial, 7(3), 104–108.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524103**

CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA DE INSATISFACCIÓN CORPORAL EN JÓVENES UNIVERSITARIOS

Angelica Milán Mascote[1], Andrea Estefanía Serrano Carmona[2], Vanessa Monserrat Almanza Vázquez[3], Frida Daniela García López[4], Ángel David Bejarano Muñoz[5], Yeliztli Román Huijón[6], Diana Garcidueñas Gallegos[7]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209649g@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1912234e@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209632e@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1825846f@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2209917f@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2011221d@umich.mx

7Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; diana.garciduenas@umich.mx

Palabras Clave: Insatisfacción corporal, propiedades psicométricas, jóvenes universitarios.

RESUMEN. La insatisfacción corporal se define como el malestar con la apariencia física, lo cual puede conducir a conductas nocivas y problemas de salud mental, identificándose un aumento, principalmente, en adolescentes y jóvenes adultos. La medición de la insatisfacción corporal es crucial para identificar a personas en riesgo y para desarrollar intervenciones efectivas, por lo que se requiere disponer de instrumentos actualizados, acordes al contexto, que sean válidos y confiables para evaluar este constructo. El objetivo del presente trabajo es desarrollar una escala para evaluar la insatisfacción con la imagen corporal en jóvenes universitarios. Se crearon 55 reactivos basados en la literatura existente y se validaron mediante revisión de expertos y no expertos; posteriormente, se realizó un piloteo, obteniendo una escala con 34 reactivos y 6 opciones de respuesta. Participaron voluntariamente, mediante un muestreo por conveniencia, 300 estudiantes de las facultades de Odontología, Psicología, Enfermería y Derecho, 68.7% fueron mujeres, 84.3% se dedicaban exclusivamente a sus estudios y 88.7% solteros. Se realizó el análisis descriptivo de reactivos, análisis factorial exploratorio y análisis de correlación entre factores. La Escala de Insatisfacción Corporal mostró dos factores: Preocupación e incomodidad corporal (15 reactivos, α= .947) y Modificación corporal (7 reactivos, α=.873), con un total de 22 reactivos (α= .953) que explican el 54.812% de varianza. Con base en esto, se obtuvo una escala corta y de fácil administración cuyos índices de confiabilidad y validez son satisfactorios para evaluar la insatisfacción corporal en jóvenes universitarios.

INTRODUCCIÓN. El propósito del presente trabajo fue desarrollar una escala para evaluar el nivel de insatisfacción corporal en jóvenes universitarios, definida como el malestar que una persona experimenta hacia su apariencia física o una parte específica de su cuerpo, lo que la lleva a realizar conductas nocivas para su salud con el fin de modificar su imagen corporal (Devlin & Zhu, 2001 como se citó en Amaya et al. 2016). La insatisfacción corporal se relaciona con el constructo de autocrítica, la cual se refiere a la visión negativa de uno

mismo basada en estándares internos difíciles de alcanzar (Thompson & Zuroff, 2004, citado en Varaona, 2022). Esta autocrítica puede alterar la conducta alimentaria, explicada como el conjunto de acciones relacionadas con la alimentación, influenciada por factores sociales, culturales, familiares y la autopercepción (Osorio et al. 2002). Esto puede llevar al deseo de cambiar características físicas según los ideales impuestos por la sociedad, los medios y las redes sociales. Además de las redes sociales, los mensajes verbales tienen un impacto en la percepción de la imagen corporal. Las investigaciones recientes resaltan un aumento en la insatisfacción corporal, relacionada con la autoestima, la depresión, la ansiedad y los trastornos alimentarios (Cruz et al., 2016; Doumit et al., 2017; Berengüi et al., 2016, como se citó en Gómez et al. 2019), subrayando la importancia de medirla para identificar a jóvenes en riesgo y crear intervenciones.

ANTECEDENTES. En primera instancia, se encontró la escala llamada Body Catexhis Scale (BCS), que fue creada en 1953 por Secord y Jourard, los cuales desarrollaron un método para evaluar los sentimientos que tiene la persona hacia su cuerpo. La BCS es una escala unidimensional que cuenta con 40 reactivos y 5 opciones de respuesta (1 = muy satisfecho y 5 = no del todo satisfecho). Puntuaciones altas indican menor satisfacción con las partes o funciones del cuerpo (Robledo, 2020). Así mismo, Andrés et al (2023), validaron la escala Body Esteem Scale for Adolescents and Adults (BESAA-LA) en población latinoamericana, para ello trabajaron con una muestra de 525 adultos colombianos. De ello se obtuvo una escala de 24 reactivos divididos en tres factores: apariencia negativa, apariencia positiva y peso. Finalmente, se demostró validez y confiabilidad para medir insatisfacción corporal en hombres y mujeres colombianos y nicaragüenses. Finalmente, Rangel et al. (2020) validaron el cuestionario de Actitudes Socioculturales hacia la Apariencia (SATAQ-3), en estudiantes hombres mexicanos, de dicha validación se obtuvo un cuestionario de 30 reactivos, divididos en 4 factores: presión, información, atlético internalizado e internalización general. Contó con una consistencia interna satisfactoria (α= .81), demostrando ser un instrumento apropiado para medir la internalización de los ideales estéticos y la aceptación de los mismos.

OBJETIVOS. Desarrollar y validar una escala para evaluar la insatisfacción con la imagen corporal en jóvenes universitarios, proporcionando una herramienta confiable y válida que pueda ser utilizada en futuras investigaciones para comprender mejor los factores que contribuyen al desarrollo de la misma, así como su impacto en la salud mental y el bienestar de los jóvenes universitarios.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Participantes. La muestra estuvo integrada por 300 jóvenes universitarios de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) campus Morelia, entre los 18 y los 24 años de edad; el 68.7 % eran mujeres, 29.7 % hombres y 0.3% identificado como otro.

Instrumento. A partir del análisis de otras escalas que medían el constructo, se elaboraron 55 reactivos para las 5 dimensiones propuestas. Estos reactivos fueron revisados por expertos, quienes evaluaron el cumplimiento de los criterios psicométricos de elaboración de reactivos. Para evaluar la validez de contenido, se pidió a un grupo de expertos que indicarán para cada reactivo qué tan coherente y claro era respecto de la definición teórica. Para cada dimensión se conservaron los reactivos a los que los jueces otorgaron los

puntajes más altos de coherencia y claridad. De esta revisión resultaron 8 reactivos para dimensión de autocrítica, 5 para la dimensión de conducta alimentaria, 10 para la dimensión de redes sociales e internet, 7 para la dimensión de modificaciones corporales y 4 para la dimensión de la influencia de los mensajes verbales. Las opciones utilizadas para responder la escala fueron: Totalmente en desacuerdo (1), Muy en desacuerdo (2), En desacuerdo (3), De acuerdo (4), Muy de acuerdo (5), Totalmente de acuerdo (6).

Procedimiento. Se efectuó una aplicación piloto de la escala a 8 participantes con características similares a la muestra blanco. Con la información obtenida se realizaron ajustes en la redacción y se eliminaron un par de reactivos. Para su aplicación final, la batería se elaboró en formato papel y lápiz.

Análisis de datos. Se empleó el programa SPSS, versión 20. Se identificaron los valores, se eliminaron cuatro folios por tener más del 5% de valores perdidos, y se imputó el reactivo 18 mediante el método interpolación lineal. Se realizó la discriminación de reactivos (distribución de frecuencias, puntajes de sesgo, índices de correlación puntaje total) y para probar la estructura teórica se efectuó el Análisis Factorial Exploratorio (AFE) con el método de factorización de ejes principales y rotación (Oblimin). Con el propósito de obtener la confiabilidad de consistencia interna de la escala y las subescalas se calcularon coeficientes alfa de Cronbach. Finalmente, se efectuaron análisis de correlación de Pearson entre las subescalas del instrumento.

RESULTADOS. Al efectuar los procedimientos de discriminación de reactivos algunos reactivos tuvieron que ser eliminados. El porcentaje más alto en una de las opciones fue 61.3%. Los valores de sesgo oscilaron entre -.245 y 1.462. Las correlaciones reactivo-puntaje total resultaron >.35 (los índices fueron de .334 a .800).

En el AFE, se obtuvo un valor de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de .949; la significancia de la prueba de esfericidad de Bartlett fue $p < 0.001$, ambos satisfactorios. El AFE arrojó dos factores teóricos propuestos en la literatura: Preocupación e incomodidad corporal y Modificación corporal (Tabla 1). El porcentaje de varianza explicada por cada uno de los factores fue de 49.195 y 5.617, ambas explicaron el 54.81% de la varianza total.

El índice de consistencia interna obtenido para la escala total fue $\alpha = .953$, para la subescala de Preocupación e incomodidad corporal $\alpha = .947$ y para la subescala de Modificación corporal $\alpha = .873$. Para ninguno de los reactivos el “alfa si se elimina el elemento” resultó mayor que el obtenido para la escala total.

La correlación entre los dos factores resultantes fue de $r= .745$; $p<.001$.

CONCLUSIONES. Los resultados obtenidos mediante la escala mostraron que se evalúan los componentes teóricos expuestos en la literatura, es decir, aspectos que se involucran y dan lugar a la insatisfacción corporal. El primer factor Preocupación e incomodidad corporal, corresponde a actitudes asociadas a los estándares de belleza, referente a la percepción y comparación negativa de sí mismo/a con estándares internos, conformado por 15 ítems. El segundo factor, Modificación corporal, se vincula a conductas ejecutadas con el propósito de cambiar o manipular los aspectos corporales, conformado por 7 ítems. Dentro del campo de estudio de la insatisfacción corporal existen menor cantidad de escalas que midan el nivel de este constructo en hombres, esto puede ser debido a que las mujeres son más estrictas y críticas con su imagen y su peso corporal por cuestiones socioculturales, entre otros factores (Sánchez, 2018, como se citó en Lameiras et al. 2003, p.4). En conclusión,

la presente investigación proporciona una herramienta confiable y válida para medir la insatisfacción corporal en jóvenes universitarios, destacando su estructura multidimensional y aplicabilidad, siendo un instrumento adecuado tanto para la investigación académica como para la práctica profesional. Esto permite visibilizar la insatisfacción corporal también en los hombres, ampliando el análisis del tema. La insatisfacción corporal, asociada a diversas patologías, es un fenómeno complejo y de alto riesgo, especialmente entre los jóvenes. Finalmente, es crucial seguir investigando este constructo en contextos universitarios para comprender mejor su impacto en la salud mental y física.

	Actitudes asociadas a los estándares de belleza	Preocupación por la apariencia
7. Subo pocas fotos a redes sociales por temor a que mi físico sea criticado	.835	
6. Me siento incómodo/a subiendo fotos de cuerpo completo	.834	
11. Evito las situaciones en las que siento que mi cuerpo está expuesto (por ejemplo, albercas)	.808	
28. Mis pensamientos respecto a mi cuerpo afectan a mi participación en eventos sociales (fiestas, reuniones)	.765	
29. Siento incomodidad cuando se habla de medidas o estereotipos corporales porque pienso que no los tengo	.704	
23. Estar desnudo/a me hace sentir incomodo/a mi cuerpo	.701	
12. Siento presión externa de las personas y/o medios de comunicación para alcanzar ciertos estándares corporales	.611	
26. Hago lo necesario para que mi ropa cubra alguna parte de mi cuerpo que me desagrada	.572	
20. Me salto comidas con la intención de tener el cuerpo que me gustaría tener	.521	
10. He llorado por la apariencia de mi cuerpo	.507	
30. La idea de comer cosas que puedan hacerme subir de peso me genera ansiedad	.498	
21. Comparó desfavorablemente mi aspecto físico con el de otras personas en redes sociales	.476	
3. Al comer demasiado siento que dejare de ser atractivo/a	.467	
17. Al recibir comentarios negativos sobre mi cuerpo mi ánimo baja	.435	
1. Me preocupa que las personas noten mis "llantitas o "gorditos" alrededor de mi cuerpo	.408	
32. Me he planteado la idea de realizarme alguna cirugía estética para mejorar mi cuerpo		.778
34. Me gustaría modificar el aspecto de las partes de mi cuerpo que me desagradan		.735

33. Uso aplicaciones y/o filtros para mejorar mi aspecto en una foto	.703
16. Me tomo muchas fotos hasta obtener una donde "salga bien"	.652
22. Tiendo a adoptar poses específicas en fotos debido a que no me gusta cómo me veo	.545
31. Si alguien sube una foto que me desfavorece pido que la eliminen	.496
5. Practico poses frente al espejo para esconder el ángulo desfavorecedor de mi cuerpo	.487

Tabla 1. *Resultados del análisis factorial exploratorio de la escala de insatisfacción corporal.*

REFERENCIAS.

1. Amaya, A., Alvarez, G., Ortega, M., & Mancilla, J. M. (2017). Influencia de pares en preadolescentes y adolescentes: Un predictor de la insatisfacción corporal y las conductas alimentarias anómalas. Revista mexicana de trastornos alimentarios, 8(1), 31-39.
2. Andres, F., Thrnborrow, T., Bowie, W., Chamorro, A., De la Rosa, G., Evans, E., Fontalvo, L., Kolar, D., Mebarak, M., Tovar, J., & Boothroyd, L. (2023). Validation of a Latin-American Spanish version of the Body Esteem Scale for Adolescents and Adults (BESAA-LA) in Colombian and Nicaraguan adults. Journal of Eating Disorders, 11 (219). https://doi.org/10.1186/s40337-023-00942-5.
3. Medina-Gómez, M. B., Martínez-Martín, M. A., Escolar-Llamazares, M. C., González-Alonso, Y., & Mercado-Val, E. (2019). Ansiedad e insatisfacción corporal en universitarios. Acta Colombiana de Psicología, 22(1), 13-21. https://doi.org/10.14718/ACP.2019.22.1.2
4. Rangel, I., Solano, S., Prieto, P., Rodriguez, A., & Sepulveda, A. (2020). Validación mexicana del Cuestionario de Actitudes Socioculturales hacia la Apariencia (SATAQ-3) en estudiantes universitarios varones. Revista Mexicana de Trastornos alimentarios, 10(2). DOI: https://doi.org/10.22201/fesi.20071523e.2019.2.566.
5. Robledo, B. (2020). Relación entre estima corporal, autoestima, depresión e insatisfacción corporal, de acuerdo al sexo e índice de masa corporal. Universidad Autónoma del Estado de México. http://hdl.handle.net/20.500.11799/106166
6. Osorio E., Weisstaub N., & Castillo D. (2002). Desarrollo de la conducta alimentaria en la infancia y sus alteraciones. Revista chilena de nutrición, 29(3), 280-285. https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182002000300002
7. Varaona, A. (2022). Relación entre el uso de Instagram y la Autocompasión, Autocrítica e Insatisfacción Corporal.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524104**

LA DEPLECIÓN DE LA MICROBIOTA EN COMBINACIÓN CON EL ENRIQUECIMIENTO AMBIENTAL AUMENTA LA ACTIVACIÓN MICROGLIAL EN LA CORTEZA DE RATAS JUVENILES SOMETIDAS A UNA LESIÓN CEREBRAL TRAUMÁTICA

Samantha Cacari-Cristobal[1], Alexandra Vargas[2], Jonathan Josué Zamudio-Flores[3], Naima Lajud[4], Angelica Roque [5]

1Instituto de investigaciones sobre los recursos naturales-UMNSH; 2011099c@umich.mx

2Centro de Investigación Biomédica de Michoacán-IMSS; 1907864e@umich.mx

3Centro de Investigación Biomédica de Michoacán-IMSS; jonnyzam9878@gmail.com

4Centro de Investigación Biomédica de Michoacán-IMSS; naimalajud@yahoo.com.mx

5Instituto de investigaciones sobre los recursos naturales-UMNSH; roque_galicia@yahoo.com

Palabras Clave: Neurotrauma, Iba-1, neurorehabilitación.

RESUMEN. Las alteraciones en la microbiota intestinal (MI) están vinculadas a modificaciones en la conducta. Las lesiones cerebrales traumáticas (TBI) alteran la MI, provocando inflamación crónica. El enriquecimiento ambiental (EE) mejora la recuperación tras una TBI. Sin embargo, los efectos de la depleción de la microbiota intestinal (AIMD) combinada con el EE después de una TBI sobre la inflamación cerebral no han sido estudiados. Utilizamos ratas Sprague-Dawley de 25 días de edad que se sometieron a una TBI (2.6 mm, 4 m/s) o sin lesión (SHAM). Los grupos se asignaron aleatoriamente a condiciones de bioterio (STD) o EE, y se depleto la microbiota. Analizamos la activación de células microgliales en la corteza parietal (ipsilateral y contralateral). La ANOVA mostró un efecto significativo de activación microgrial en la corteza del lado ipsilateral y contralateral. El grupo AIMD+TBI+EE tuvo un aumento en el porcentaje de activación microglíal comparado con AIMD+TBI+STD y SHAM+STD. En el análisis del radio, se observó un efecto significativo en el lado ipsilateral y contralateral. El grupo AIMD+TBI+EE disminuyó el radio en comparación con AIMD+TBI+STD y SHAM+STD en la corteza. Estos datos sugieren que el EE no revierte los efectos de la TBI sobre la activación microglíal en la corteza en animales con AIMD.

INTRODUCCIÓN. Las lesiones cerebrales traumáticas (TBI) son comunes en la población infantil mundial, lo que representa un grave problema de salud pública (Dewan et al., 2016). A pesar de la gravedad de las TBI en la pediatría, la investigación preclínica es limitada y las opciones terapéuticas disponibles son escasas (Kochanek et al., 2017).Las TBI no solo generan daños en el cerebro, sino que también alteran el eje intestino-cerebro, lo que puede conducir a secuelas como disfunción gastrointestinal crónica e inflamación sistémica (Patterson et al., 2019). La microglía, que se activa tras una TBI, juega un papel crucial en la fase aguda al facilitar la limpieza celular y la reparación tisular, aunque su activación prolongada puede ser perjudicial (Hanscom et al., 2021). Además, los pacientes con TBI son particularmente vulnerables a alteraciones en la microbiota intestinal debido al uso frecuente de antibióticos y la hospitalización prolongada (Celorrio et al., 2021).

ANTECEDENTES. El enriquecimiento ambiental (EE) ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la función cognitiva y motora después de una TBI (Young et al., 2015). Estudios previos han demostrado que el EE mejora la recuperación funcional tras una TBI en ratas pediátricas (Zamudio, 2022). Además, se ha observado que la disbiosis intestinal amplifica la respuesta inflamatoria microglial en lesiones cerebrales graves (Kumar et al., 2021). Sin embargo, la combinación de depleción de la microbiota (AIMD) y EE después de una TBI y su impacto en la activación microglial, especialmente en la corteza no ha sido explorada.

OBJETIVO. Analizar la morfología microglial en la corteza parietal del lado contralateral (no lesionado) e ipsilateral (lesionado), así como en las regiones hilus y CA1, en ratas juveniles sometidas a depleción de la microbiota intestinal y enriquecimiento ambiental tras una lesión cerebral traumática.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron ratas Sprague-Dawley de 25 días de edad, mantenidas en condiciones controladas de temperatura (22°C) y un ciclo de luz/oscuridad de 12 horas. Los animales del grupo TBI recibieron una lesión cerebral traumática mediante un impacto cortical controlado (CCI) con un impactador a 2.6 mm de profundidad y 4 m/s, bajo anestesia con isoflurano. El grupo SHAM recibió los mismos procedimientos quirúrgicos, pero sin impacto. Los animales fueron asignados aleatoriamente a tres grupos experimentales: ambiente enriquecido (EE), condiciones estándar de bioterio (STD) y depleción de microbiota intestinal (AIMD) inducida con una mezcla de antibióticos (ampicilina 1 g/L, neomicina 1 g/L, vancomicina 500 mg/L y metronidazol 1 g/L) administrados en el agua de beber. Un grupo adicional de animales se mantuvo en condiciones de EE y se les administró el mismo cóctel de antibióticos. Los animales del grupo de EE fueron alojados en una caja de dos pisos (75 x 75 x 155 cm) equipada con toboganes y diversos tipos de juguetes para proporcionar estímulos, mientras que los del grupo de control estándar (STD) se mantuvieron en cajas estándar de bioterio. Al final del experimento, se realizó la eutanasia con pentobarbital sódico y perfusión con solución salina y paraformaldehído al 4%. Los cerebros fueron extraídos, fijados y preservados hasta su procesamiento. Se obtuvieron cortes coronales de 40 µm de grosor, posteriormente, las secciones se incubaron en un anticuerpo primario anti-Iba1 (1:2000) para detectar microglía. Luego, se incubaron en un anticuerpo secundario biotinilado (anti-rabbit 1:750) y se revelaron con el kit Ni-DAB. Las secciones fueron montadas y cubiertas con cubreobjetos. Se analizó la microglía de la corteza, y en el hipocampo en el cuerno de Amón 1 (CA1) y el hilus, en el lado ipsilateral y contralateral. Se evaluó el área del soma y el área de cobertura (CEA) usando el software ZEISS ZEN lite. Los datos permitieron calcular la relación CEA/SOMA y clasificar las células como residentes o activadas. Se realizó un análisis de ANOVA para comparar el porcentaje de células activadas y el radio CEA/SOMA.

RESULTADOS.

El EE y la AIMD aumentan la activación microglial en la corteza. El análisis de ANOVA mostró un efecto significativo de los tratamientos en la activación microglial en el lado ipsilateral ($F(3,19) = 6.7$, $p < 0.01$) y contralateral ($F(3, 19) = 5.6$, $p<0.01$). En las comparaciones múltiples en el lado ipsilateral se observó una diferencia mayor del grupo AIMD+TBI+EE comparado con el grupo SHAM+STD ($p<0.01$) y AIMD+TBI+STD ($p<0.01$,

Fig. 1B-C). Mientras que, en el lado contralateral, las comparaciones múltiples mostraron un aumento significativo en la activación microglial en el grupo AIMD+TBI+EE en comparación con el grupo AIMD+TBI+STD ($p<0.01$). En el análisis de radio CEA/SOMA también se observaron diferencias significativas en el lado ipsilateral (Kruskal-Wallis, $p<0.05$) y contralateral (ANOVA, $F(3, 19) = 5.090$, $p<0.01$, Fig. 1D-E). En las comparaciones múltiples, se observó una disminución significativa en el radio CEA/SOMA de las células microgliales en el grupo AIMD+TBI+EE en el lado ipsilateral en comparación con los grupos SHAM+STD ($p < 0.05$) y AIMD+TBI+STD ($p < 0.05$). En el lado contralateral, el grupo AIMD+TBI+EE mostró un radio CEA/SOMA significativamente menor en comparación con el grupo AIMD+TBI+STD ($p < 0.01$).

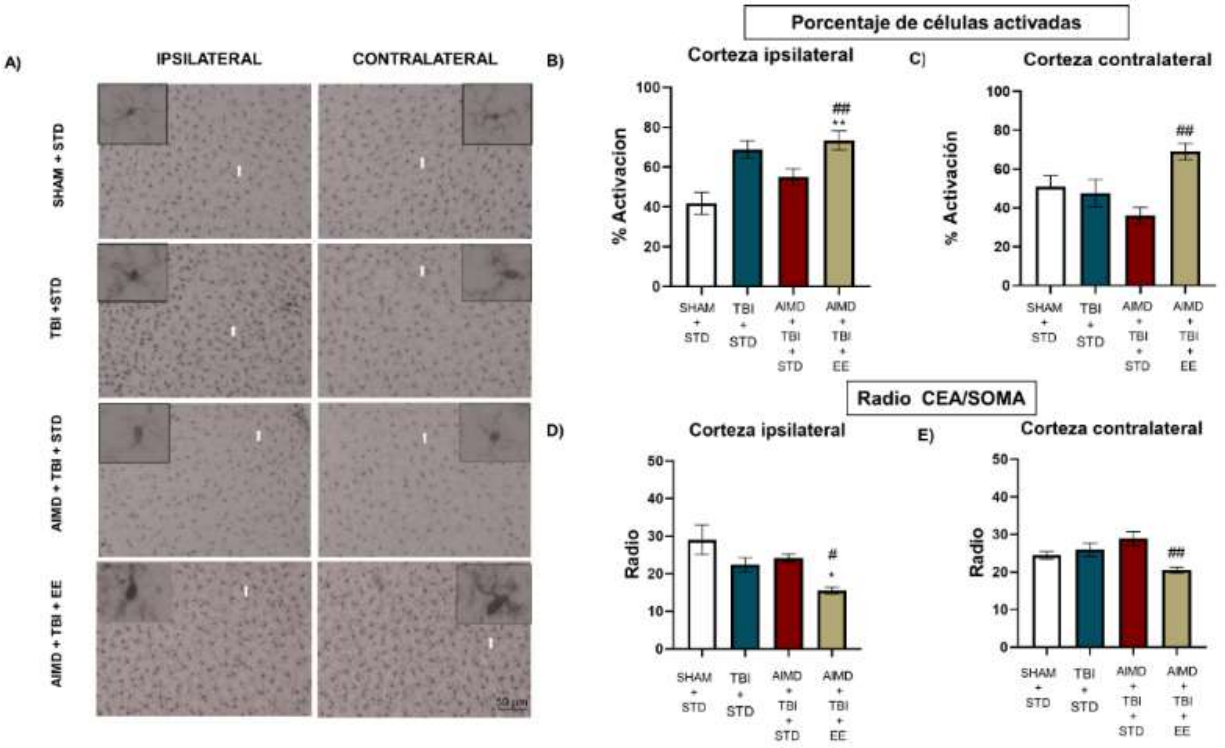


Figura 1. El EE y la AIMD aumentan la activación microglial en la corteza. ***(A)*** *Micrografías representativas de la inmunotinción de Iba1 en el hemisferio ipsilateral y contralateral de la corteza en animales sometidos a TBI o SHAM, bajo condiciones de alojamiento estándar (STD) o enriquecimiento ambiental (EE), con o sin depleción de la microbiota inducida por antibióticos (AIMD). Porcentaje de activación y radio de las células microgliales en el lado ipsilateral* ***(B y D)*** *y en el lado contralateral* ***(C y E)****. *p<0,05, **p<0,01 vs SHAM+STD, #<0,05, ##p<0,01 vs AIMD + TBI + STD, Prom± EE., N=5-7.*

La TBI aumenta la activación microglial en el hilus del hipocampo. El análisis de ANOVA solo mostró efectos significativos en la activación microglial en el lado ipsilateral ($F(3, 20) = 3.1$, $p< 0.05$) pero no en el lado contralateral ($F(3, 20) = 1.5$, $p = 0.2$, Fig. 2B-C). En el análisis de la relación CEA/SOMA no hay diferencias significativas en el lado ipsilateral ($F(2, 20) = 2.5$, $p = 0.08$) ni en el lado contralateral ($F(2, 20) = 1.4$, $p = 0.2$, Fig. 2D-E).

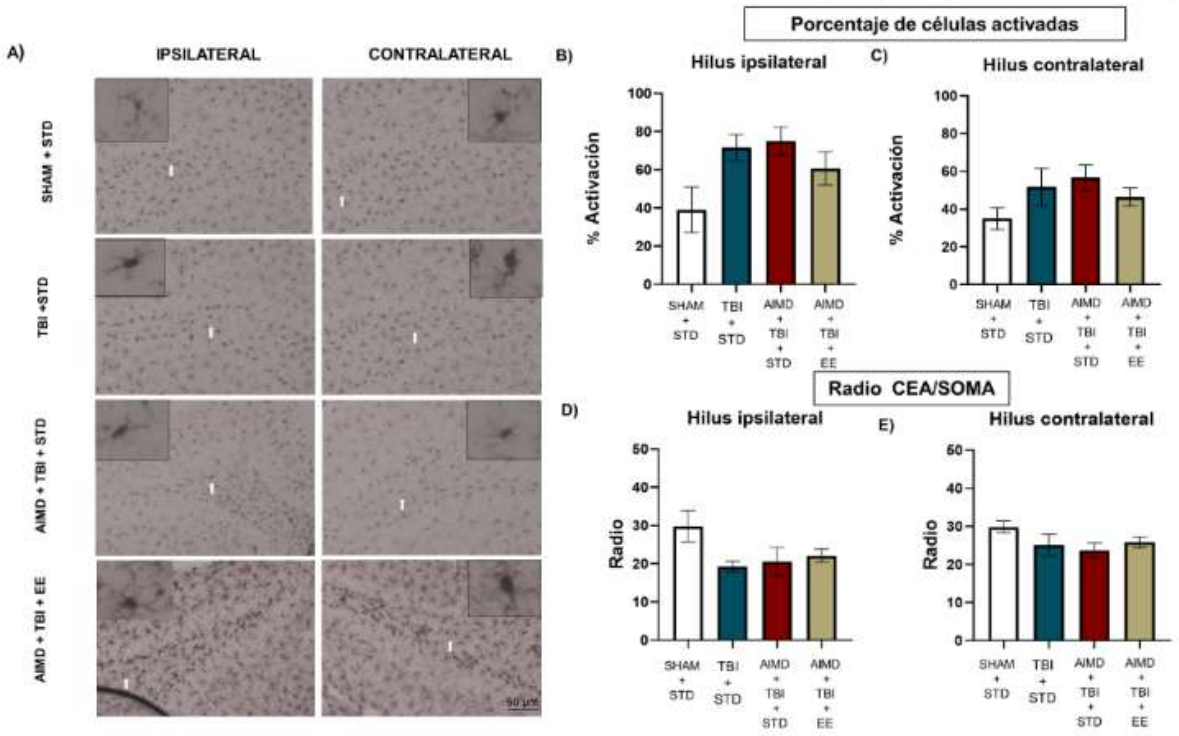


Figura 2. La TBI y la AIMD aumentan la activación microgrial en el hilus del hipocampo en condiciones STD. (A) *Micrografías de la inmunotinción de Iba1 en el hemisferio ipsilateral y contralateral de hilus hipocampal en animales sometidos a TBI o SHAM, bajo condiciones de alojamiento estándar (STD) o enriquecimiento ambiental (EE), con o sin depleción de la microbiota inducida por antibióticos (AIMD). Porcentaje de activación y radio de las células microgliales.en el lado ipsilateral* ***(B y D)*** *y en el lado contralateral* ***(C y E)****. Prom±EE, N=5-7.*

La TBI aumenta la activación de las células microgliales en el área de CA1 del hipocampo ipsilateral. El análisis de ANOVA mostró efectos significativos de la activación microglial en el lado ipsilateral ($F(3,20) = 6.1$, $p < 0.01$), pero no en el lado contralateral ($F(3,20) = 1.1$, $p = 0.3$). Las comparaciones múltiples en el lado ipsilateral revelaron un aumento en la activación microglial en los grupos AIMD+TBI+STD ($p < 0.05$) y TBI+STD ($p < 0.01$) en comparación con el grupo SHAM+STD (Fig. 3B-C). En el análisis del radio CEA/SOMA, también se observaron diferencias significativas solo en el lado ipsilateral (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$, Fig. 3D-E). Las comparaciones múltiples en el lado ipsilateral mostraron que los grupos AIMD+TBI+STD ($p < 0.01$), TBI+STD ($p < 0.01$) y AIMD+TBI+EE ($p < 0.05$) presentaron un menor radio CEA/SOMA en comparación con el grupo SHAM+STD.

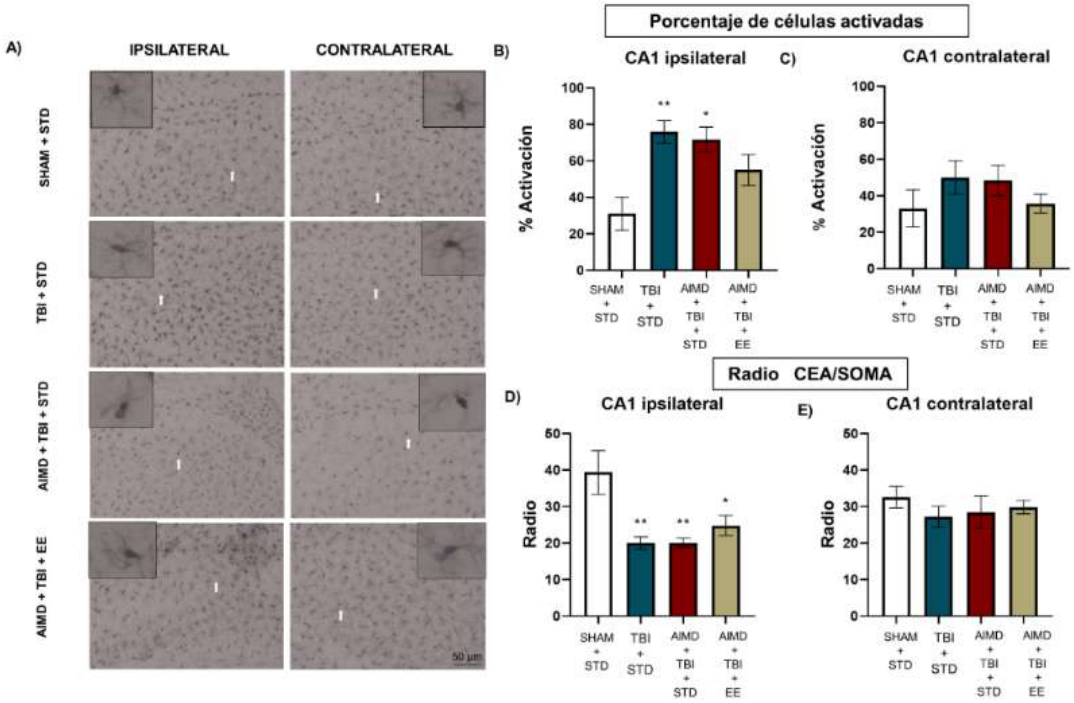


***Figura 3. La TBI aumenta la activación de las células microgliales en el área de CA1 del hipocampo ipsilateral**. **(A)** Micrografías de la inmunotinción de Iba1 en el hemisferio ipsilateral y contralateral de CA1 hipocampal en animales sometidos a TBI o SHAM, bajo condiciones de alojamiento estándar (STD) o enriquecimiento ambiental (EE), con o sin depleción de la microbiota inducida por antibióticos (AIMD). Porcentaje de activación y radio de las células microgliales en el lado ipsilateral **(B y D)** y en el lado contralateral **(C y E)**.*p<0,05, **p<0,01 comparado con el grupo SHAM+STD, Prom±EE, N=5-7.*

CONCLUSIONES. La TBI aumenta la activación en el hilus y el enriquecimiento ambiental revierte sus efectos de forma independiente de la microbiota.

REFERENCIAS.

1. El Baassiri, M. G., Raouf, Z., Badin, S., Escobosa, A., Sodhi, C. P., & Nasr, I. W. (2024). Dysregulated brain-gut axis in the setting of traumatic brain injury: review of mechanisms and anti-inflammatory pharmacotherapies. Journal of neuroinflammation, 21(1), 124. https://doi.org/10.1186/s12974-024-03118-3
2. Kochanek, P. M., Wallisch, J. S., Bayır, H., & Clark, R. S. B. (2017). Pre-clinical models in pediatric traumatic brain injury-challenges and lessons learned. Child's nervous system : ChNS : official journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery, 33(10), 1693–1701. https://doi.org/10.1007/s00381-017-3474-2
3. Young, J., Pionk, T., Hiatt, I., Geeck, K., & Smith, J. S. (2015). Environmental enrichment aides in functional recovery following unilateral controlled cortical impact of the forelimb sensorimotor area however intranasal administration of nerve growth factor does not. Brain Research Bulletin, 115, 17–22. https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2015.04.003
4. Celorrio, M., Abellanas, M. A., Rhodes, J., Goodwin, V., Moritz, J., Vadivelu, S., Wang, L., Rodgers, R., Xiao, S., Anabayan, I., Payne, C., Perry, A. M., Baldridge, M. T., Aymerich, M. S., Steed, A., & Friess, S. H. (2021). Gut microbial dysbiosis after traumatic brain injury modulates the immune response and impairs neurogenesis. Acta Neuropathologica Communications, 9(1). https://doi.org/10.1186/s40478-021-01137-2

5. Hanscom, M., Loane, D. J., & Shea-Donohue, T. (2021). Brain-gut axis dysfunction in the pathogenesis of traumatic brain injury. The Journal of clinical investigation, 131(12), e143777. https://doi.org/10.1172/JCI143777
6. Dewan, M. C., Mummareddy, N., Wellons, J. C., III, & Bonfield, C. M. (2016). Epidemiology of global pediatric traumatic brain injury: Qualitative review. World Neurosurgery, 91, 497-509.e1. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.03.045
7. Patterson, T. Tyler; Nicholson, Susannah; Wallace, David; Hawryluk, Gregory W.J.; Grandhi, Ramesh. Complex Feed-Forward and Feedback Mechanisms Underlie the Relationship Between Traumatic Brain Injury and the Gut–Microbiota–Brain Axis. SHOCK 52(3):p 318-325, September 2019. | DOI: 10.1097/SHK.0000000000001278
8. Kumar, A., Bedi, S., Toledano Furman, N., Carrillo, L., Cardenas, F., Caplan, H., Sequeira, D., Speer, A., Olson, S., Wade, C., & Cox, C. (2021). Gut microbiome influences the neuroinflammatory response to traumatic brain injury. Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-665023/v1

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0524105

EL ESTRÉS TEMPRANO AUMENTA LA ACTIVACIÓN MICROGLIAL EN EL LADO CONTRALATERAL DESPUÉS DE UNA LESIÓN CEREBRAL TRAUMÁTICA EN RATAS HEMBRAS

Jennifer Núñez Borja[1], Emmanuel Vargas[2], Angélica Roque[3], Jonathan Zamudio Flores[4], Celina Basurto[5], Naima Lajud[6]

1Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, l20120856@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, l20120858@morelia.tecnm.mx

3División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, 1400383e@umich.mx

4División de Estudios de Posgrados de la Facultad de Ingeniería Química, UMSNH, cparga@umich.mx

5Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Morelia, juan.gh@morelia.tecnm.mx

Palabras Clave: Estrés, microglía, traumatismo craneoencefálico

RESUMEN. La exposición al estrés durante la vida temprana (ELS) causa alteraciones cognitivas y aumenta el riesgo de sufrir lesiones cerebrales traumáticas (TBI) en adultos. Resultados previos mostraron que el ELS incrementa la activación microglial en lado el contralateral a una TBI en ratas macho. Sin embargo, este efecto no ha sido evaluado en hembras. Se utilizaron ratas hembras de la cepa Sprague-Dawley control o sometidas a separación maternal (MS) desde el día posnatal (PND) 1 al 21 (3h/día). Al PND75 se sometieron a una lesión por impacto cortical controlado (2.8 mm de profundidad a 4 m/s) y se dejaron recuperar 21 días. El grupo sham no recibió la lesión. El tejido cerebral fue procesado para realizar inmunohistoquímicas contra el marcador microglial iba1. Se evaluó la activación microglial en CA1, hilus y corteza. Los resultados mostraron que la TBI causó un aumento en la activación microglial en el hilus contralateral y este efecto fue significativamente mayor en el grupo sometido a MS. No se observaron efectos de la TBI en CA1 ni la corteza. En conclusión, nuestros resultados sugieren que la respuesta a la TBI varía entre las diferentes regiones cerebrales. La TBI incrementa la activación microglial en ratas hembras adultas en el hilus, y este efecto se ve exacerbado en presencia de MS.

INTRODUCCIÓN. El estrés durante la vida temprana (ELS) es una forma de estrés crónico en la infancia que incrementa la vulnerabilidad a futuros factores estresantes (Teicher et al., 2006) y afecta el desarrollo (Beatriz, 2020). En EE.UU., se reportan aproximadamente 700,000 casos de maltrato infantil cada año, con un 75% de los niños afectados abandonados (Sánchez et al., 2020). El ELS y se relacionan con un mayor riesgo de sufrir una TBI leve en la edad adulta (Rabinowitz et al., 2015). La exposición al estrés en los primeros años de vida altera el desarrollo del hipocampo, lo que se correlaciona con alteraciones del estado de ánimo y de la memoria (Herringa et al., 2013) Resultados previos han mostrado que existe una asociación entre la presencia de un historial de estrés temprano y el riesgo de presentar síntomas de discapacidad prolongada despúes de una TBI. (Smyth et al., 2014). Las TBI son un daño al cerebro causado por un golpe o impacto, pueden tener efectos de salud a corto y largo plazo, desde síntomas leves hasta cambios que interfieren con la vida diaria (Faul et al., 2010). En 2014, el CDC reportó 2.53 millones

de ingresos a urgencias por TBI, con 288,000 hospitalizaciones y 56,800 muertes (Capizzi et al., 2019). La separación maternal (MS) en roedores se utiliza como modelo para estudiar los efectos del estrés temprano (Nylander, 2013). El daño cerebral provoca diversos deterioros neuropsicológicos, incluidas reducciones en la velocidad de procesamiento de la información, la memoria, y déficits en la atención y el funcionamiento ejecutivo (Mathias y Wheaton, 2007).

ANTECEDENTES. Resultados previos mostraron que la MS provocó un incremento en la activación microglial de la región CA1 del hipocampo tanto en el lado ipsilateral como contralateral en ratas macho adultos que sufrieron una TBI (Salinas, et al., 2023). Sin embargo, todavía es necesario investigar si la MS aumenta la activación microglial hipocampal después de una TBI en ratas hembras adultas.

OBJETIVO. Analizar la morfología microglial del hemisferio contralateral a la lesión de ratas hembras adultas sometidas a estrés durante la vida temprana.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron 8 ratas gestantes sincronizadas de la cepa Sprague-Dawley, mantenidas en condiciones controladas. El cuidado de los animales siguió la norma NOM-062-ZOO-1999 y los procedimientos fueron aprobados por el comité de ética del IMSS. El día de nacimiento se consideró como día postnatal (DPN) cero. En el DPN1, las camadas se ajustaron a ocho crías, y fueron asignadas aleatoriamente a un grupo control (CONT) o a separación maternal (SM). Para la SM las crías fueron separadas de su madre durante 3 horas diarias desde el DPN1-21. Las crías fueron destetadas al PN21 se dejaron crecer hasta la edad adulta. Al DPN75 Las ratas fueron anestesiadas, y a la mitad de los animales se les realizó una craneotomía para producir una lesión cortical controlada leve (2.6 mm) a una velocidad de 4 m/s mediante el uso de un impactador. A el grupo control (SHAM) se les realizó los mismos procedimientos quirúrgicos, pero sin impactado. En el DPN96, se realizó la eutanasia mediante sobredosis de pentobarbital sódico, seguida de una perfusión intracardiaca con solución salina y paraformaldehído al 4%.
Los cerebros se extrajeron, fijaron, sumergieron en soluciones de sacarosa, y se congelaron. Se realizaron cortes de 40 µm del hipocampo, que fueron almacenados en solución crioprotectora para su posterior procesamiento. Para la detección de microglía, utilizamos una inmunotincion contra Iba1 utilizando un anticuerpo (anti- conejo anti-Iba1, 1:2000). Los cortes se visualizaron utilizando un anticuerpo secundario biotinilado (goat anti-rabbit acoplado a biotina 1:750) y visualizaron con complejo avidina-biotina (kit Elite ABC, Vector Laboratories. Se evaluó la morfología de la microglía en la corteza, CA1, y el hilus. El área del soma y el área del CEA, se calcularon usando el software ZEISS ZEN lite. Los datos se usaron para calcular la relación CEA/soma y se clasificaron como residentes o activadas según esta relación.
Se realizó una ANOVA de dos vías considerando la lesión y el estrés como factores independientes. Cuando las ANOVAS mostraron efectos significativos se utilizaron pruebas post hoc de Tukey, con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Para los datos que no pasaron la prueba de normalidad se les realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS.
La TBI aumenta la activación microglial en CA1. La prueba de Kruskal-Wallis mostró efecto significativo del tratamiento en el lado ipsilateral ($p<0.0001$). Las comparaciones

múltiples mostraron una mayor activación en los grupos CONT+TBI y MS+TBI en comparación con el grupo CONT+Sham. La ANOVA no mostró un efecto significativo del tratamiento sobre CA1 ($p>0.05$) en el lado contralateral (Fig. 1).

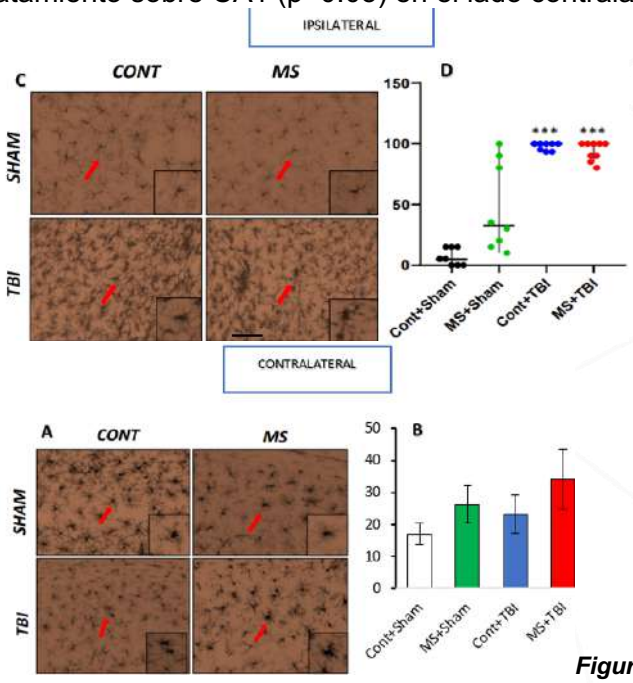


Figura 1: *La MS y TBI aumentan la activación microglial en CA1 ipsilateral. Imágenes representativas de una inmunotinción con Iba1 en la región CA1 (A) contralateral y (C) ipsilateral de los animales control (CONT) o sometidos a separación maternal (SM) a los que se les realizó una lesión por impacto cortical controlado (TBI) en la vida adulta o que permanecieron como testigos (Sham). Los insertos muestran imágenes a mayor aumento de las células señaladas con flechas. Cuantificación del porcentaje de células microgliales que mostraron un fenotipo activado en el lado (B) contralateral (PROM ± EST) y (D) ispilateral. (Mediana [IC95%], Kruskal-Wallis test ***p <0.001 vs CONT+Sham), n=8-9. Escala: 100µm.*

La TBI aumenta la activación microglial en la corteza. La prueba de Kruskal-Wallis mostró efecto significativo del tratamiento en lado ipsilateral ($p<0.000$). Las comparaciones múltiples mostraron una mayor activación microglial en los grupos CONT+TBI y MS+TBI en comparación con el grupo CONT+SHAM. La ANOVA no mostró un efecto significativo del tratamiento sobre la corteza ($p>0.05$) en el lado contralateral (Fig. 2).

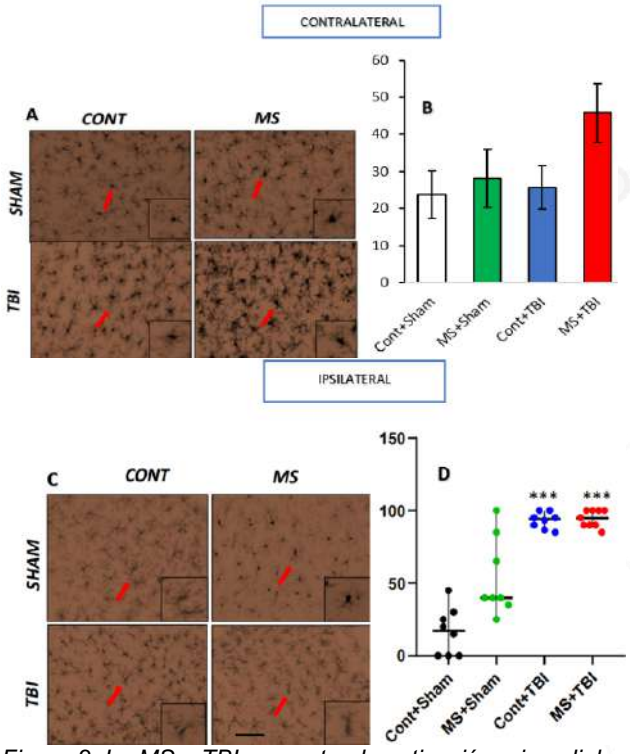


*Figura 2: La MS y TBI aumentan la activación microglial en la corteza ipsilateral. Imágenes representativas de una inmunotinción con Iba1 en corteza (A) contralateral y (C) ipsilateral, los insertos muestran imágenes a mayor aumento de las células señaladas con flechas. Porcentaje de activación de células microgliales (B) en el lado contralateral (PROM ± EST) y (D) ispilateral. (Mediana [IC95%], Kruskal-Wallis test ***p <0.001 vs CONT+Sham), n=8-9. Escala: 10*

La MS aumenta la activación microglial en el hilus después de una TBI. La ANOVA mostró un efecto significativo de la TBI sobre la activación microglial en el hilus del lado contralateral ($F_{1, 29}$ = 10.30 p= 0.003). Las comparaciones múltiples indicaron que el grupo SM+TBI mostró una mayor activación microglial en comparación con los grupos CONT+SHAM y SM+Sham. En el lado ipsilateral, la prueba de kruskal wallis mostró efecto significativo (p<0.0001). En las comparaciones múltiples los grupos CONT+TBI y SM+TBI tuvieron una mayor activación microglial en comparación con el grupo CONT+SHAM (Fig. 3).

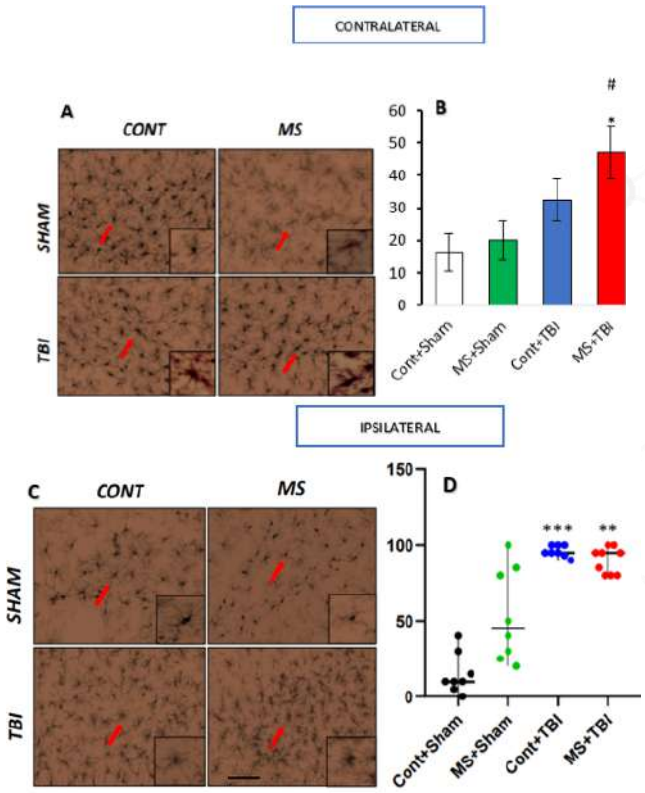


Figura 3. La MS y TBI aumentan la activación microglial en el hilus. *Imágenes representativas de una inmunotinción con Iba1 en corteza (A) contralateral y (C) ipsilateral, los insertos muestran imágenes a mayor aumento de las células señaladas con flechas. Porcentaje de activación de células microgliales (B) en el lado contralateral (PROM ± EST, ANOVA *p< 0.05 vs CONT+Sham, #p< 0.05 vs MS+SHAM) (D) ipsilateral. Mediana (IC95%) Kruskal-Wallis test ***p <0.0001 vs CONT+Sham, n=8-9. Barra= 100µm.*

CONCLUSIONES. Nuestros resultados sugieren que en el hilus contralateral la SM incrementa la activación microglial después de una TBI.

REFERENCIAS.

1. Beatriz A. G, & Manzanares, R. J.Neurobiología del estrés temprano: Respuesta del estrés durante la programación de la vida temprana; Editorial: Sciens. 2020; 160.
2. Capizzi, A, Woo, J, & Gutierrez, V. M. (2019). Traumatic Brain Injury an Overview of Epidemiology, Pathophysiology, and Medical Management. Medical clinics. 213–238 DOI: 10.1016/j.mcna.2019.11.001.
3. Faul M, Xu L., & Wald M, M., (2010). Traumatic brain injury in the United States: emergency department visits, hospitalizations and deaths 2002-2006. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. doi: 10.1136/ip.2010.029215.951.
4. Nylander, I., & Roman, E. (2013). Is the rodent maternal separation model a valid and effective model for studies on the early-life impact on ethanol consumption? Psychopharmacology, 229:555–569. DOI: 10.1007/s00213-013-3217-3.
5. Rabinowitz, A.R., Li, X., McCauley, S.R., Wilde, E.A., Barnes, A., Hanten, G., Mendez, D., McCarthy, J.J., & Levin, H.S. (2015). Prevalence and predictors of poor recovery from mild traumatic brain injury. J. Neurotrauma 32, 1488–1496. DOI: 10.1089/neu.2014.3555
6. Salinas, G.A.F., Roque,A., Zamudio, F. J., Mele´ndez. H.E., Kline.E.A., & Lajud. N. (2023). Early Life Stress Negatively Impacts Spatial Learning Acquisition and Increases Hippocampal CA1 Microglial Activation After a Mild Traumatic Brain Injury in Adult Male Rats Journal of Neurotrauma. DOI: 10.1089/neu.2023.0452.

7. Sánchez, M. C, Titus, J. D, Wilson, M. N, Freund, E. J, & Atkins, M, C. (2020). Early Life Stress Exacerbates Outcome after Traumatic Brain Injury. Jorunal of neurotrauma, 1-40.DOI: 10.1089/neu.2020.7267
8. Smyth, K., Sandhu, S.S., Crawford, S., Dewey, D., Parboosingh, J., &Barlow, K.M. (2014). The role of serotonin receptor alleles and environmental stressors in the development of post-concussive symptoms after pediatric mild traumatic brain injury. Dev. Med. Child Neurol. 56, 73–77. DOI: 10.1111/dmcn.12263
9. Teicher M.H., Andersen S.L., & Polcari A., (2003). The neurobiological consequences of early stress and childhood maltreatment. Neurosci Biobehav Rev 2003;27(1-2):33–44; DOI: 10.1016/s0149-7634(03)00007-1.
10. Herringa, R.J., et al., 2013. Childhood maltreatment is associated with altered fear circuitry and increased internalizing symptoms by late adolescence. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 110 (47), 19119–19124 https://doi.org/10.1073/pnas.1310766110
11. Mathias, J. L., & Wheaton, P. (2007). Changes in attention and information-processing speed following severe traumatic brain injury: A meta-analytic review. Neuropsychology, 21(2), 212-223. https://doi.org/10.1037/0894-4105.21.2.212

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0524106

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO SOBRE LA ACTIVIDAD BACTERICIDA EN EXTRACTOS DE Haematococcus pluvialis A NIVEL LABORATORIO

Doris García-Zamudio[1], Ricardo Alejandro Téllez-Bazán2, Julio César Jacuinde-Ruiz[3], Juan Carlos González-Hernández[4*]

1Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120104@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120156@morelia.tecnm.mx

3Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

*4*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.jh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: H. pluvialis, actividad bactericida, Plackett-Burman

RESUMEN. Las microalgas producen metabolitos secundarios como protección, particularmente la microalga Haematococcus pluvialis la cual es de un tono verde, unicelular que sintetiza distintos metabolitos entre ellos la astaxantina. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de los factores de crecimiento (fotoperiodo, temperatura, salinidad) en nivel alto, bajo y punto central mediante un diseño experimental Placket-Burman para la fase roja de crecimiento sobre la actividad bactericida para H. pluvialis. La fase verde duró 96 h con una concentración inicial de 3x105 células mL-1 en medio BBM, 25 °C, 16 h de luz roja, agitación manual y adición de CO2. La fase roja duró 72 h y se realizó mediante el diseño experimental de cribado; finalmente se evaluaron los parámetros de crecimiento celular, consumo de nitrato y actividad bactericida. A partir de los resultados se encontró que en la fase verde hubo un crecimiento de hasta 2.9x106 células mL-1 y un consumo de nitrato de 99%; y en la fase roja a T2, F2 de luz roja-azul y S2 de NaCl se obtuvo la mayor actividad bactericida y bacteriostática contra Escherichia coli y Staphylcoccus aureus respectivamente. Se concluye parcialmente que los factores de crecimiento evaluados promueven la actividad bactericida de los extractos intracelulares de H. pluvialis.

INTRODUCCIÓN. Las microalgas son microorganismos fotosintéticos, polifiléticos y eucariotas que crecen de manera autótrofa, heterótrofa o mixotrófica. Para su crecimiento requieren CO2, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y otros metales. En diversas áreas entre las que destacan la alimentaria, clínica y farmacéutica han tomado cierto interés [1], atribuido a su contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos y antioxidantes. Las microalgas verdes como H. pluvialis, presentan carotenoides como luteína y β-caroteno, que se distribuyen en los cloroplastos [1,2]. Este tipo de microalga puede inducir la carotenogénesis por cambios morfológicos que van de fases flageladas y palmella a fase aplanospora, en respuesta a la depleción de nutrientes [2], exceso de luz o alta salinidad, produciendo carotenoides secundarios como la cantaxantina y la astaxantina [2-6]; a partir de este último, se ha reportado que tiene propiedades antinflamatorias, mejora la función cognitiva, protege la salud respiratoria y presenta actividad bactericida [1,4]; sin embargo, se han desarrollado diversas investigaciones con el objetivo de identificar factores de

crecimiento ambiental y nutricional que promuevan el desarrollo de *H. pluvialis* para incrementar solo el contenido de astaxantina. A partir de estudios reportados se indica que *H. pluvialis*, produce metabolitos con actividad antibacteriana particularmente contra *E. coli* y *S. aureus* entre los que destacan lípidos, fenoles, carotenoides y algunos ácidos grasos de cadena corta, los cuales inducen la liberación de lisozimas y ocasionan la ruptura de la pared celular de las bacterias [7]. Otro estudio menciona que concentraciones de 1 µM de $NaNO_3$ (depleción de nitrógeno) y 1.35 µM de Fe^{+2} incrementan el contenido de carotenoides, lo cual favorece significativamente la capacidad antioxidante en un período de hasta 8 días de estrés [2]. Finalmente, en otro estudio se concluyó que la combinación luz azul-roja incrementa el crecimiento celular y la producción y contenido de astaxantina para *H. pluvialis* [1]. A partir de una breve revisión bibliográfica se observó que existen factores que aún pueden ser evaluados de manera combinada para mejorar la producción de los distintos metabolitos intracelulares y cuantificar su actividad bactericida. A partir de esto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los factores de crecimiento (fotoperiodo, temperatura, salinidad) en nivel alto, bajo y punto central mediante un diseño experimental Placket-Burman para la fase roja de crecimiento sobre la actividad bactericida para *H. pluvialis*.

MATERIALES Y MÉTODOS. El inóculo se obtuvo a partir de H. pluvialis CIB 68, proveniente del Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, se añadieron 300 µL de alga en 600 mL de medio Bold Basal (BBM) y se incubó a temperatura ambiente y fotoperiodo de 16 h de luz roja por 33 días. Las cinéticas se inocularon con 3x105 células mL-1 en medio BBM y constaron de 2 etapas, una fase verde de 96 h con agitación manual, adición de CO2 (a 0.48 v.v.m.) cada 24 h, 25 °C y fotoperiodo de 16 h de luz led roja, ideales para el crecimiento y producción de biomasa; posteriormente la fase roja (estrés) tuvo una duración de 72 h, donde las condiciones se determinan por un diseño de cribado Plackett-Burman (Tabla 1) en el cual se evaluaron tres factores de inducción al estrés (fotoperiodo, temperatura y concentración de NaCl) con dos niveles alto, bajo y un punto central, para cada uno.

Factor	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel Alto
Temperatura (°C) [2]	T_1	T_m	T_2
Concentración de NaCl (M) [9]	S_1	S_m	S_2
Fotoperiodo de luz azul-roja (h) [1]	F_1	F_m	F_2

Tabla 1. *Factores y niveles a evaluar mediante el diseño de experimento de cribado tipo Plackett-Burman.*

A partir del diseño experimental se establecieron 15 pruebas las cuales se agruparon en 5 corridas experimentales en función de la temperatura y fotoperiodo con duración de 168 h.

Corrida	Temperatura (°C)	Fotoperiodo (h)	Salinidad
1	T_2	F_1	S_1, S_2
2	T_2	F_2	S_1, S_2
3	T_1	F_2	S_1, S_2
4	T_1	F_1	S_1, S_2
5	T_m	F_m	S_m

Tabla 2. *Condiciones de corridas.*

Para cada corrida experimental se evaluaron los parámetros de crecimiento celular, consumo de nitrato, cada 8 h hasta la hora 168 y cada 24 horas se cuantifico el contenido

de astaxantina, finalmente se evaluó la actividad bactericida en las horas 0, 48, 96 y 168 en extractos intra y extra celulares mediante la técnica de Kirby-Bauer contra *E. coli* y *S. aureus* en medio Mueller-Hinton [3]. Posteriormente para cada prueba se calcularon las constantes cinéticas de velocidad máxima de crecimiento (μ_{max}), tiempo de duplicación (t_d) y velocidad específica de crecimiento (δ), así como los rendimientos de producción de biomasa ($Y_{X/S}$) y rendimiento astaxantina/biomasa ($Y_{A/X}$).

RESULTADOS. En la fase verde se cuantificó un crecimiento celular de hasta $2.9x10^6$ células mL^{-1} a las 96 h, coincidiendo con el final de la fase exponencial de crecimiento, posteriormente desde la hora 96 se inició la fase roja, ya que el crecimiento celular se mantuvo en fase estacionaria hasta las 168 h. El consumo de nitratos mostró una tendencia inversa, en relación al crecimiento celular, donde la mayor parte fue consumida de las 0 a las 96 h y un consumo máximo del 99% del nitrato inicial.

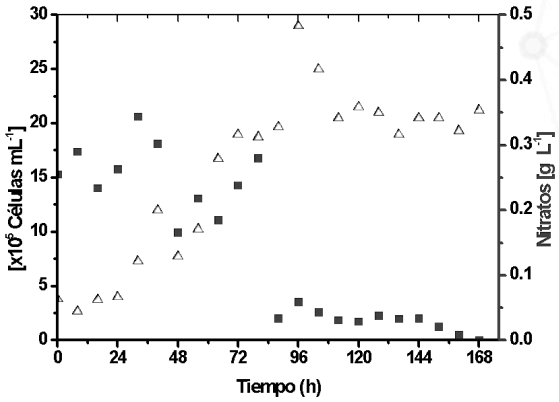


Figura 1. *Monitoreo del crecimiento microbiano (Δ) y consumo de nitrato (■) para H. pluvialis a condiciones T_1, F_2 y S_1 (Desv. Std. para n=3).*

La mayor concentración para astaxantina fue en el control 1, bajo condiciones T_2 y F_2 a la hora 168, alcanzando 6.36 µg mL^{-1} (Figura 2). Estos resultados indican dichas condiciones son altamente favorables para la producción de astaxantina. En cambio, la adición de cualquier concentración de NaCl disminuye la capacidad de las células de *H. pluvialis* para acumular astaxantina.

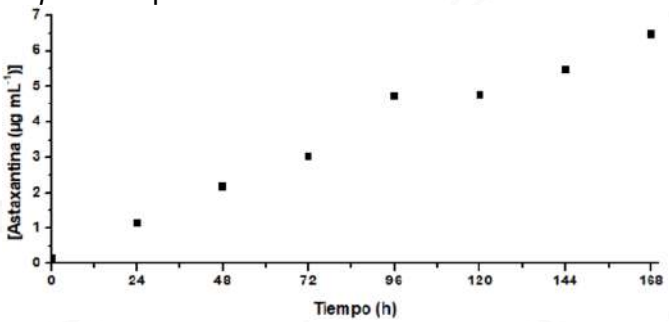


Figura 2. *Evaluación del contenido de astaxantina en extractos intracelulares cada 24 h para H. pluvialis a condiciones T_2 y F_2 (Desv. Std. para n=3).*

En la Figura 3 se muestra la actividad bactericida de los extractos intracelulares de *H. pluvialis*, se cuantifico un halo de inhibición de 0.99 cm y 1.45 cm contra *S. aureus* y *E. coli* respectivamente, obtenidos para T_2, F_2 y S_2, a las 96 y 168 h respectivamente; sin embargo,

la actividad extracelular no resultó relevante debido a la poca o nula respuesta contra ambas bacterias. Por lo tanto, las condiciones evaluadas promueven la síntesis de compuestos intracelulares con actividad bactericida.

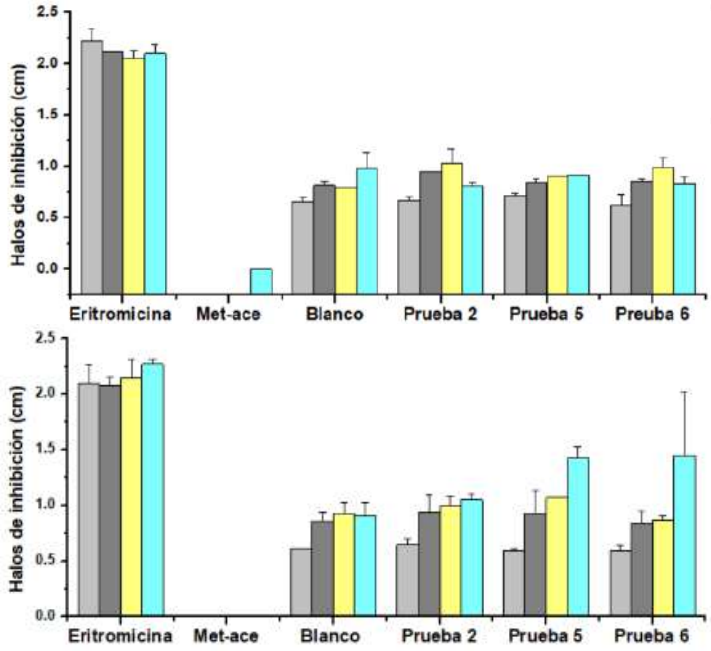


Figura 3. *Cuantificación de actividad bactericida para extractos intracelulares sobre A) E. coli y B) S. aureus a 48 h de incubación bajo las condiciones T_2 y F_2 para H. pluvialis (Desv. Std. para n=3) (Donde: 0 h, 48 h, 96 h y 168 h).*

La relación entre la actividad bactericida y la concentración de astaxantina parece ser inversa, ya que el tratamiento 6 (T_2, F_2 y S_2) presentó mayor inhibición contra las bacterias evaluadas, pero con menor concentración de astaxantina. Este comportamiento se le atribuye a la presencia de otros compuestos con actividad bactericida como β-caroteno, xantofilas, ácidos grasos como el oleico, linoleico y palmítico [4], los cuales se encuentran en menor proporción comparados a la astaxantina. Finalmente, a las constantes cinéticas de crecimiento microbiano, para las condiciones de mayor actividad bactericida fueron de μ_{max}= 0.017 h^{-1}, δ= .0.025 h^{-1}, t_d= 18.20 h, $Y_{x/s}$= 6.5 g Biomasa g^{-1} $NaNO_3$ y $Y_{A/x}$= 39.63 µg Astx g^{-1} Biomasa.

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos se podría concluir de manera preliminar que el control de las condiciones de la fase verde favorece positivamente el crecimiento celular, así mismo el control de las condiciones en la fase roja inducen al incremento de la actividad bactericida de los extractos intracelulares de H. pluvialis y al aumento en la producción y contenido de astaxantina, sin embargo es necesario evaluar los tratamientos restantes para poder determinar aquellas condiciones que tengan mayor efecto sobre dichos parámetros de interés.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecen los donativos parciales del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (**FCCHTI23_ME-4.1.-0001**). A cargo del D. En C. Juan Carlos González-Hernández jefe de grupo de Laboratorio de Bioquímica donde se desarrolla la presente investigación.

REFERENCIAS.

1. Do TT, Tran-Thi BH, Ong BN, Le TL, Nguyen TC, Quan QD, Le TC, Tran DL, Melkonian M y Tran HD. (2021). Effects of red and blue light emitting diodes on biomass and astaxanthin of Haematococcus pluvialis in pilot scaleangled twin-layer porous substrate photobioreactors. Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering, vol. 63, no. 2, 81-88. https://doi.org/10.31276/VJSTE.63(2).81-88
2. Guajardo C. (2019). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de lípidos y carotenoides totales en un extracto hexánico de Haematococcus pluvialis en distintos periodos de estrés. (Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Biológicas).
3. Hudzicki J. (2009). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. American society for microbiology, no. 15, vol. 1, pp. 1-23.
4. Jyotirmayee P, Sachidananda D, Basanta KD. (2014). Antibacterial activity of freshwater microalgae: A review. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, vol. 8, no. 32, pp. 809–818. https://doi.org/10.5897/ajpp2013.0002
5. Lancheros-Díaz AG, Camacho-Kurmen JE y Díaz-Barrera LE. (2021). Astaxanthin production under stress factors using a 5L laboratory scale bioreactor. Nova, vol. 19, no. 37, pp. 99–119. https://doi.org/10.22490/24629448.5498
6. Niño-Castillo CM, Rodríguez-Rivera FC, Díaz LE y Lancheros-Díaz, AG. (2017). Evaluación de las condiciones de crecimiento celular para la producción de astaxantina a partir de la microalga Haematococcus pluvialis. Nova, vol. 15, no. 28, pp. 19–31.
7. Rice EW, Baird RB y Eaton, AD. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd edn. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
8. Roldán PL y Mach N. (2012). Effect of consumption of astaxanthin in health. Revista Española de Nutrición Comunitaria, vol. 18, no. 3, pp- 164–177.
9. Sarada R, Tripathi U y Ravishankar GA. (2002). Influence of stress on astaxanthin production in Haematococcus pluvialis grown under different culture conditions. Process Biochemistry, vol. 37, pp. 623–627. https://doi.org/10.1016/S0032-9592(01)00246-1

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524107**

RELACIÓN DE LA HEMATURIA MACROSCÓPICA CON LA LITIASIS EN VÍAS URINARIAS EN EL PACIENTE PEDIATRICO

Dayana Fernanda Ramírez Bazán[1], Jorge Ignacio Tapia Garibay[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; dayanaramirez0350@gmail.com
2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; jorge.tapia@umich.mx

Palabras Clave: Hematuria, Litiasis, Paciente pediátrico.

RESUMEN. La hematuria se define como la presencia de eritrocitos en la orina, la hematuria visible, también llamada hematuria macroscópica, se refiere a la orina con sangre perceptible, solo 1 ml de sangre por litro es suficiente para decolorar la orina y está se vuelve una preocupación para padres, niños y médicos. La orina con sangre visible se reconoce rápidamente, mientras que la hematuria microscópica puede pasar desapercibida. Las causas de la hematuria son variadas, desde infecciones urinarias, litiasis urinaria, hasta glomerulonefritis severas y es esencial identificar la enfermedad subyacente adecuadamente. La litiasis pediátrica se refiere a la presencia de cálculos en el tracto urinario de niños y adolescentes, pudiendo formarse en cualquier parte del sistema urinario y aunque menos común que en adultos, no debe subestimarse. La incidencia de litiasis ha crecido en la población infantil, lo que la convierte en un tema importante de estudio. El propósito de esta investigación es identificar la relación de la hematuria con la litiasis en el paciente pediátrico, su prevalencia de acuerdo a edad y las principales características clínicas para que el paciente pediátrico presente dicha relación.

INTRODUCCIÓN. La hematuria se define como la presencia de eritrocitos (ERYs) en la orina, usualmente más de 5 ERYs por campo de alta potencia (HPF) en un examen microscópico, a hematuria visible, también llamada hematuria macroscópica, se refiere a la orina con sangre perceptible. Solo 1 ml de sangre por litro es suficiente para decolorar la orina y está aparición de sangre en la orina se vuelve una preocupación para padres, niños y médicos. Las causas de la hematuria son variadas, desde infecciones urinarias, litiasis urinaria, hasta glomerulonefritis severas, y es esencial identificar y tratar la enfermedad subyacente adecuadamente. La litiasis pediátrica se refiere a la presencia de cálculos en el tracto urinario de niños y adolescentes, pudiendo formarse en cualquier parte del sistema urinario y aunque menos común que en adultos, no debe subestimarse. Las causas varían, incluyendo deshidratación, dieta, trastornos metabólicos, infecciones urinarias y ciertos trastornos genéticos. Esta patología es multifactorial, y un urólogo pediátrico puede determinar las causas específicas en cada caso para establecer un plan de tratamiento adecuado, ya sea médico o quirúrgico, identificando los factores de riesgo ya que estos pueden estar involucrados en un 10% a 20% de los casos por lo cual se recomienda una evaluación metabólica completa después del primer cálculo en un niño, además es de suma importancia tomar en cuenta las manifestaciones clínicas los cuales pueden variar desde

dolor abdominal, náuseas y vómitos hasta fiebre y sangre en la orina, lo que requiere una detección temprana y un manejo adecuado para evitar complicaciones.

ANTECEDENTES. La presencia de la hematuria y la litiasis en el paciente pediátrico ha crecido en la población infantil, lo que la convierte en un tema importante de estudio. A su vez es imperativo conocer que las formaciones macroscópicas en la hematuria expresan mayoritariamente patologías urológicas, en niños es sintomática o persistente, es esencial evaluar la causa , teniendo los pacientes que presentan macro hematuria cinco veces más de riesgo de padecer condiciones que ponen en riesgo su vida. El estudio de la litiasis pediátrica busca comprender su prevalencia, características clínicas, tratamiento y anomalías metabólicas asociadas. Esto es crucial para identificar y abordar los factores de riesgo, evitando complicaciones y mejorando la calidad de vida de los pacientes infantiles.

OBJETIVOS. Analizar el perfil clínico del paciente pediátrico con hematuria macroscopica

OBJETIVOS ESPECIFICOS. Identificar la relación de la hematuria macroscópica y la litiasis urinaria en paciente pediátrico. Identificar los principales signos y síntomas acompañantes en los pacientes pediátricos que presentaban las patologías de hematuria macroscópica y litiasis de vías urinarias. Identificar las patologías consecuentes a un cuadro crónico de hematuria.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó una revisión de diez expedientes clínicos de pacientes pediátricos de edades entre los dos y los diecisiete años de edad los cuales acudieron a la consulta de urología pediátrica en el Hospital Infantil “Eva Sámano de López Mateos” perteneciente a la ciudad de Morelia, Michoacán; cuyos expedientes fueron brindados por el departamento de archivo de esta institución y posteriormente seleccionados por la presencia de hematuria macroscópica asociada a la patología de litiasis urinaria para poder estudiar la relación de los mismos.

RESULTADOS. De los diez expedientes seleccionados se desglosaron e identificaron las fechas del primer diagnóstico de hematuria macroscópica que en el 40% de los casos se presentaba dentro de las dos primeras consultas médicas este diagnóstico se logró identificar mediante un examen general de orina (EGO) Fig. 1, además se examinaron los datos clínicos de los que se acompañaron durante el transcurso de la hematuria macroscópica en los pacientes ,dentro de los cuales se hizo hallazgo de infección de vías urinarias (30%), dolor abdominal (30%), náuseas (20%), vomito (20%) diarrea (10%) y cuadro clínico asintomático (20%) Fig. 2.

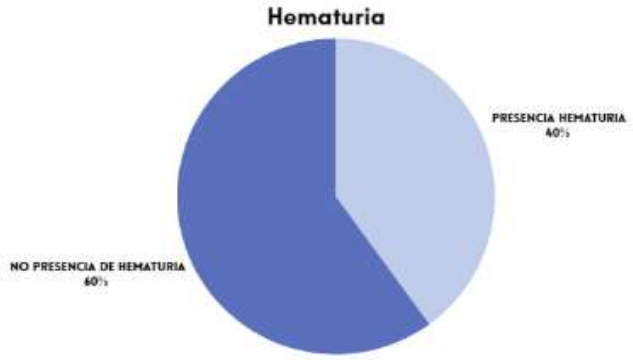


Figura 1. Presencia de hematuria en la población de pacientes pediátricos que integran la investigación.

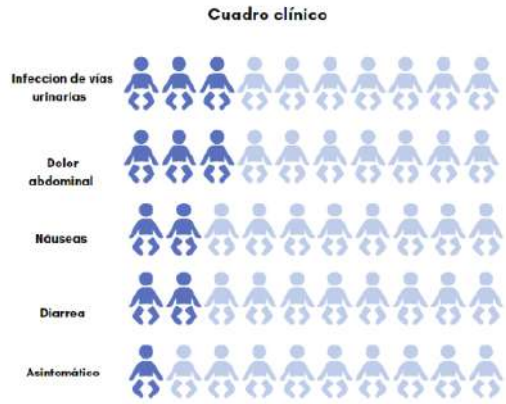


Figura 2. Datos clínicos presentes durante el transcurso de la hematuria macroscópica en la población de pacientes pediátricos de esta investigación, infección de vías urinarias (30%), dolor abdominal (30%), náuseas (20%), vomito (20%) diarrea (10%) y cuadro clínico asintomático (20%).

El diagnóstico de la litiasis urinaria se logró identificar en las primeras tres consultas médicas de los pacientes (100%) debido a que el medico urólogo ordeno una variedad de estudios al departamento de imagenología y radiología diagnóstica para poder dar un diagnóstico y tratamiento oportuno para los pacientes; en los estudios ordenados se logró identificar en el 70% de los pacientes mediante un estudio de ultrasonido (ULS) litos de 1.7-4.9cm de diámetro, mientras que en el resto de los pacientes (30%) se logró identificar por tomografía axial computarizada (TAC) debido a que los litos tenían medidas menores a los 1.2-1.5cm de diámetro así como arenilla; estos con una localización de litiasis renal izquierda (50%), litiasis renal derecha (30%) y litiasis bilateral (20%) Fig. 3.

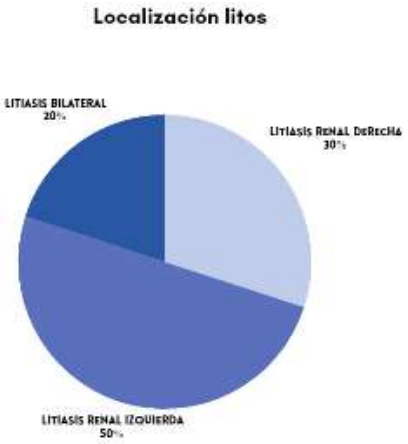


Figura 3. Localización de litiasis renal izquierda (50%), litiasis renal derecha (30%) y litiasis bilateral (20%) en la población de pacientes pediátricos de esta investigación.

CONCLUSIONES. Durante la estancia de verano se logró adquirir conocimientos teóricos y prácticos sobre las características de la hematuria macroscópica como signo de un cuadro clínico en el paciente pediátrico e identificar que este signo no se presenta en todos los casos dentro de la patología de litiasis urinaria que en la mayoría de las situaciones puede resolverse con tratamiento médico y en otros pocos con tratamiento quirúrgico como la endoscopia.

REFERENCIAS.

1. Bertholet-Thomas, A., Bacchetta, J., Dubourg, L., Machon, C., Roger, C., Demède, D., Cochat, P., & Lemoine, S. (2021). Litiasis urinaria en el niño. *EMC - Pediatría, 56*(2), 1-23. https://doi.org/10.1016/S1245-1789(21)44722-0
2. Haro Chávez, J. M., Castillo Noboa, E. M., Santillán Lima, J. C., Crespo Vallejo, D. V., Ríos Latorre, L. G., & Maygualema León, F. J. (2023). Diagnosis and evaluation of pediatric urolithiasis. *Salud, Ciencia y Tecnología, 3*, 583. https://doi.org/10.562945
3. Park, E., Kim, S. W., Kim, S. J., Baek, M., Ahn, Y. H., Cho, M. H., Lee, H. K., Han, K. H., Kim, Y. L., Choi, M., King, H. G., Suh, J.-S., & Yang, E. M. (2024). Hematuria in children: Causes and evaluation. *Child Kidney Disease, 28*(2), 66-73. https://doi.org/10.3339/ckd.24.010
4. Saint-Jacques, C., Daudon, M., & Haymann, J.-P. (2022). Diagnóstico y estrategia terapéutica de la litiasis urinaria. *EMC - Urología, 54*(2), 1-11. https://doi.org/10.1016/S1761-3310(22)46477-2

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524108**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE CRECIMIENTO AMBIENTALES Y NUTRICIONALES SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS EXTRACTOS INTRACELULARES DE *Haematococcus pluvialis* A NIVEL LABORATORIO

Estefanía Guadalupe Benitez-Hernandez[1], Francisco Ariel Fajardo-Sánchez [2], Julio César Jacuinde-Ruíz [3], Juan Carlos González-Hernández [4*]

1Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120082@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120719@morelia.tecnm.mx

3Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

*4*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.jh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: H. pluvialis, actividad antioxidante, β-caroteno, fases de crecimiento, diseño experimental.

RESUMEN. Actualmente existen diversos factores que contribuyen a la generación de radicales libres, por lo que es necesario buscar fuentes alternas con compuestos con capacidad antioxidante como la microalga H. pluvialis, caracterizada por su composición química. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de los factores de crecimiento de temperatura, fotoperiodo y salinidad sobre la actividad antioxidante intracelular para H. pluvialis en la fase roja de crecimiento mediante un diseño experimental Placket-Burman nivel laboratorio. Las cinéticas constaron de la fase verde que duró 96 h y se desarrolló a 25 °C y fotoperiodos de 16 h de luz roja; y la fase roja duró 72 h y se realizó mediante el diseño experimental; para cada tratamiento se evaluó crecimiento celular, depleción de nitratos y actividad antioxidante (ABTS•+ y DPPH•). En la fase verde hubo un crecimiento de 2.9x106 células mL-1 y un consumo del 98% de nitratos para la fase verde; y en condiciones de 27 °C, fotoperiodo 16 h y 0.171 M de NaCl se obtuvo una capacidad antioxidante de hasta 32% para ABTS•+ y 19% para DPPH•. Se concluye que el control de factores de crecimiento para H. pluvialis incrementó el crecimiento celular y la actividad antioxidante.

INTRODUCCIÓN. Las microalgas, fundamentales en diversos ecosistemas acuáticos, poseen una capacidad de crecimiento rápido y una notable adaptabilidad a condiciones ambientales adversas. Estas algas son valiosas fuentes de diversos productos con alto valor añadido los cuales ofrecen numerosos beneficios para la salud y potenciales aplicaciones comerciales[1,2]. Brindan beneficios para la salud humana como el efecto antiviral, microbicida y antioxidante, que se relacionan con la regulación a la respuesta inflamatoria. Diversos estudios se han centrado en mejorar la acumulación de productos en distintas algas y se ha investigado la biomasa para descubrir moléculas bioactivas[1]. Uno de los microorganismos que ha despertado gran interés en la comunidad científica es H. pluvialis, una microalga unicelular biflajelada de una forma esferica la cual esta presente en

cuerpos de agua dulce alrededor del mundo y se caracteriza por presentar 3 etapas de crecimiento (célula vegetativa, palmella y aplanospora) las cuales se producen debido al estrés oxidativo generado en la célula[2]. H. pluvialis presenta una alta producción de metabolitos y pigmentos donde entre ellos β-caroteno, taninos, antocianinas y carotenoides[3] entre los cuales destaca la astaxantina, la cual es considerada un potente antioxidante, característica por la cual es de gran relevancia biotecnológica esta microalga[4]. Estudios preliminares han reportado que en el medio RM a un pH de 6.7 a 7, CO2 al 5%, fotoperiodo de 16 horas luz 8 oscuridad, tiene mayor producción de astaxantina[5]; otro estudio menciona que concentraciones de 1 µM de NaNO3 (depleción de nitrógeno) y 1.35 µM de Fe+2 incrementan el contenido de carotenoides, lo cual favorece significativamente la capacidad antioxidante en un período de hasta 8 días de estrés; finalmente una investigación menciona que la mayor producción de astaxantina se puede obtener con concentraciones de 1.6 g L-1 de acetato de sodio y 6.4 g L-1 de cloruro de sodio alcanzando una producción de hasta 7.325 µg mL-1 de astaxantina[6] y que la combinación luz azul-roja incrementa el crecimiento celular y la producción y contenido de astaxantina para H. pluvialis[7]. La combinación de los distintos metabolitos contenidos en H. pluvialis puedes presentar una mayor actividad antioxidante de manera conjunta que separada[8] por lo cual, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los factores de crecimiento de salinidad, temperatura y fotoperiodo sobre el crecimiento celular y la actividad antioxidante de los extractos celulares para la fase roja de la microalga H. pluvialis.

MATERIALES Y MÉTODOS. El inóculo se obtuvo a partir de *H. pluvialis* CIB 68, proveniente del Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, se añadieron 300 µL en 500 mL de medio BBM (Bold basal medium) y se mantuvo en fotoperiodos de 16 h de luz roja, temperatura ambiente, y agitación manual durante 15 días. Las cinéticas se inocularon con $3x10^5$ células mL^{-1} en medio BBM y constaron de 2 etapas, una fase verde de 96 h con agitación manual, adición de CO_2 (a 0.48 v.v.m.) cada 24 h, 25 °C y fotoperiodo de 16 h de luz led roja, ideales para el crecimiento y producción de biomasa; posteriormente la fase roja (estrés) tuvo una duración de 72 h, donde las condiciones se determinan por un diseño de cribado Plackett-Burman (Tabla 1) en el cual se evaluaron tres factores de inducción al estrés (fotoperiodo, temperatura y concentración de NaCl) con dos niveles alto, bajo y un punto central, para cada uno.

Factor	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel Alto
Temperatura (°C)	T_1	T_m	T_2
Concentración de NaCl (mM)	S_1	S_m	S_2
Fotoperiodo de luz azul-roja (h)	F_1	F_m	F_2

Tabla 1. *Factores y niveles a evaluar mediante el diseño de experimento de cribado tipo Plackett-Burman.*

A partir de los factores usados para el diseño experimental se establecieron 15 pruebas agrupadas en 5 corridas experimentales con una duración de 168 h. (Tabla 2).

Corrida	Temperatura (°C)	Fotoperiodo (h)	Salinidad
1	T_2	F_1	S_1, S_2
2	T_2	F_2	S_1, S_2
3	T_1	F_2	S_1, S_2
4	T_1	F_1	S_1, S_2
5	T_m	F_m	S_m

Tabla 2. *Condiciones para las corridas experimentales*

Para cada corrida experimental se evaluaron los parámetros de crecimiento celular, consumo de nitrato, cada 8 h hasta la hora 168 y cada 24 horas se cuantificó el contenido de β-carotetno y la actividad antioxidante por los métodos de $ABTS^{\bullet+}$ y $DPPH^{\bullet}$ en extractos intracelulares. Posteriormente para cada prueba se calcularon las constantes cinéticas de velocidad máxima de crecimiento (μ_{max}), tiempo de duplicación (t_d) y velocidad específica de crecimiento (δ), así como los rendimientos de producción de biomasa ($Y_{X/S}$) y rendimiento ß-caroteno/biomasa ($Y_{ß/X}$).

RESULTADOS.

Dentro de las corridas experimentales se registró un crecimiento celular máximo de $2.9x10^6$ cel mL^{-1} para el tratamiento 3 (Figura 1) durante la fase verde, siendo así que a a partir de la hora 0 hasta la hora 96 se observó una fase de crecimiento exponencial y posteriormente inicio la fase estacionaria hasta la hora 168, esta tendencia se mostro en todas las pruebas. Para el tratamiento 3 se cuantificó una depleción un consumo de nitrato (Figura 2) en el orden de 98% observando que a las 96 h se tuvo el consumo, periodo de tiempo en el que finalizo la fase de exponencial e iniciaba la fase roja de inducción al estrés.

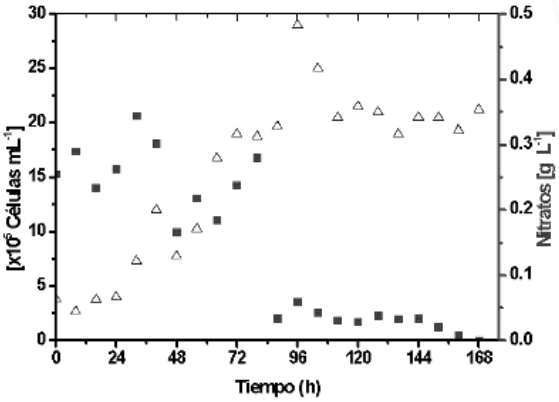


Figura 1. *Monitoreo del crecimiento microbiano (Δ) y consumo de nitrato (■) para H. pluvialis a condiciones T_1, F_2 y S_1 (Desv. Std. para n=3).*

Se observo que hay una relación entre el crecimiento de *H. pluvialis* durante la fase verde y el consumo de nitrato puesto que este último se consumió al alcanzar el crecimiento máximo para la microalga. Para la cuantificación de la actividad antioxidante se realizó mediante las técnicas de $ABTS^{\bullet+}$ (Figura 2) y $DPPH^{\bullet}$ (Figura 3), los resultados obtenidos a partir de la evaluación de la actividad antioxidante para estos radicales mostraron un porcentaje de inhibición en el orden de 32% con 27.86 mM de equivalencia de trolox para el radical $ABTS^{\bullet+}$ y 19% con 15.92 mM de equivalencia de trolox para el radical $DPPH^{\bullet}$.

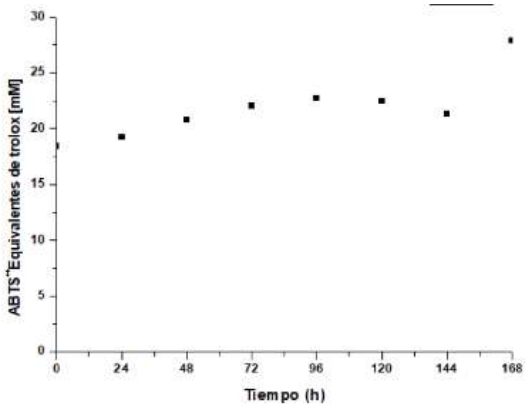


Figura 2. *Cuantificación de actividad antioxidante por el método de ABTS•+ de extractos intracelulares de H. pluvialis para el tratamiento 3 bajo las condiciones de temperatura de 27 °C, fotoperiodo de 16 h de luz roja-azul y salinidad de 0.171 M (Desv. Std. para n=3).*

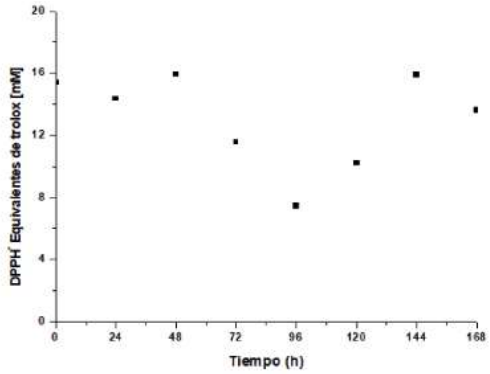


Figura 3. *Cuantificación de actividad antioxidante por el método de DPPH• de extractos intracelulares de H. pluvialis para el tratamiento 3 bajo las condiciones de temperatura de 27 °C, fotoperiodo de 16 h de luz roja-azul y salinidad de 0.171 M (Desv. Std. para n=3).*

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación de la actividad antioxidante para estos radicales mostraron un porcentaje de inhibición en el orden de 32% con 27.86 mM de equivalencia de trolox para el radical $ABTS^{\bullet+}$ y 19% con 15.92 mM de equivalencia de trolox para el radical $DPPH^{\bullet}$. Los datos obtenidos para la actividad antioxidante denotan el aumento de la inhibición del radical gracias a la fase de roja por la variación de las condiciones en la etapa roja para *H. pluvialis*, lo cual genera estrés oxidativo por el fotoperiodo, salinidad y temperatura y posiblemente incrementando la producción de metabolitos intracelulares de *H. pluvialis* con actividad antioxidante. Así mismo se determinó la producción de ß-caroteno (Figura 4) para los extractos intracelulares de *H. pluvialis* fue mayor en el blanco bajo las condiciones de la corrida 4 (temperatura de 16 °C, fotoperiodo de 8 h de luz roja-azul y sin salinidad) registrando hasta aproximadamente 6.0 mg L^{-1} de ß-caroteno a la hora 168, también se observa que a partir de la hora 96 se incrementó significativamente el contenido de astaxantina cuando el crecimiento microbiano se mantuvo en fase exponencial, estrés por ausencia de nitrógeno y las condiciones de la fase roja ya mencionadas.

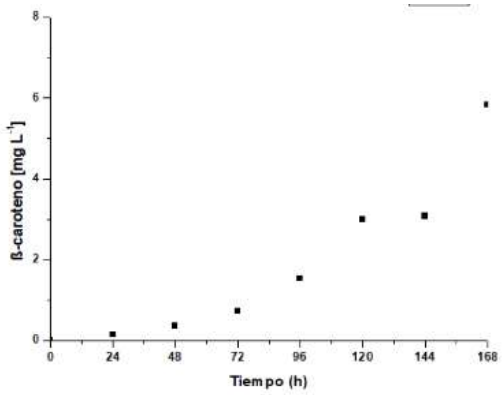


Figura 4. *Cuantificación de la producción de ß-caroteno para blanco en la corrida 4 con condiciones de temperatura 16 °C y fotoperiodo 8 h de luz roja-azul para H. pluvialis. (Desv. Std. para n=3).*

Por último, las constantes de crecimiento microbiano para el tratamiento 3 con mayor actividad antioxidante fueron μ_{max}= 0.017 h^{-1}, δ= .0.025 h^{-1}, t_d= 18.20 h, $Y_{x/s}$= 6.5 g Biomasa g^{-1}, y el mayor rendimiento ß-caroteno-biomasa para el blanco de la corrida 4 en condiciones de temperatura de 16 °C y fotoperiodo de 16 h de luz roja-azul fue de $Y_{\beta/X}$= 32.6024 mg β-car g^{-1} Biomasa.

CONCLUSIONES. De acuerdo con los resultados obtenidos se podría concluir de manera preliminar que el control de las condiciones de crecimiento en la fase verde redujo el tiempo e incrementaron el crecimiento celular de H. pluvialis, así mismo las condiciones establecidas para la fase roja incrementa la actividad antioxidante de los extractos intracelulares para los radicales ABTS•+ y DPPH• y se incrementa la producción de ß-caroteno en la microalga H. pluvialis.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecen los donativos parciales del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (**FCCHTI23_ME-4.1.-0001**). A cargo del D. En C. Juan Carlos González-Hernández jefe de grupo de Laboratorio de Bioquímica donde se desarrolla la presente investigación.

REFERENCIAS.

1. Pereira A, Fuertes O, Echave J, Carreira A, Chamorro F, Collazo N, Jaboui A, Lourenço C, Simal J, Lage M y Prieto M. (2021). xanthophylls from the sea: algae as source of bioactive carotenoids. Marine Drugs. 19, 188. https://doi.org/10.3390/md19040188
2. Rice EW, Bridgewater L y American Public Health Association (Eds.). (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 10). Washington, DC: American public health association.
3. Imamoglu E, Sukan FV y Dalay MC. (2007). Effect of different culture media and light intensities on growth of Haematococcus pluvialis. International Journal of Natural & Engineering Sciences, 1(3).
4. Cui S, Cai X, Zhang Y, Wu X y He L. (2020). Research on pH value control system of Haematococcus pluvialis algae based on fuzzy PID algorithm. Journal of physics, 1631(1), 012051. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1631/1/012051
5. Castillo CM, Rodríguez FC, Díaz LE y Lancheros AG. (2017). Evaluación de las condiciones de crecimiento celular para la producción de astaxantina a partir de la microalga Haematococcus pluvialis. Nova, 15(28), 19–31.
6. Guajardo C. (2019). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de lípidos y carotenoides totales en un extracto hexánico de Haematococcus pluvialis en distintos periodos de estrés. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ciencias Biológicas.

7. Lancheros AG, Camacho JE y Díaz LE. (2021). Producción de astaxantina bajo factores de estrés utilizando un biorreactor a escala de laboratorio de 5 L. Nova, 19(37), 99–119. https://doi.org/10.22490/24629448.5498
8. Do TT, Tran-Thi H, Ong BN, Le TL, Nguyen TC, Quan QD, Le TC, Tran DL, Melkonian M, y Tran HD. (2021). Effects of red and blue light emitting diodes on biomass and astaxanthin of Haematococcus pluvialis in pilot scaleangled twin-layer porous substrate photobioreactors. Ministry of Science and Technology, Vietnam, 63(2), 81–88. https://doi.org/10.31276/VJSTE.63(2).81-88

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524109**

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BACTERICIDA DE EXTRACTOS OBTENIDOS A PARTIR DE Chlorella sorokiniana

Eduardo Daniel García-Maldonado[1], Paola Geraldine García-Rodríguez[2], Julio César Jacuinde-Ruíz[3], Juan Carlos González-Hernández[4*]

1Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21120998@morelia.tecnm.mx

2Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; l21121000@morelia.tecnm.mx

3Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; julio.jr@morelia.tecnm.mx

*4*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Morelia; juan.jh@morelia.tecnm.mx*

Palabras Clave: C. sorokiniana, actividad bactericida, Placket-Burman.

RESUMEN. Las infecciones y mecanismos de resistencia dificultan el tratamiento de enfermedades infecciosas. En respuesta, la búsqueda de compuestos bactericidas ha llevado a investigar microrganismos como Chlorella sorokiniana debido a su rápido crecimiento y producción de metabolitos. El objetivo fue evaluar el efecto de los factores de agitación, fotoperiodo y color de luz en niveles alto, bajo y punto central para cada factor sobre la actividad bactericida de C. sorokiniana utilizando un diseño Placket Burman a nivel matraz. Las cinéticas se llevaron a cabo en medio BBM y se inocularon 3x106 células mL1; se evaluó crecimiento celular, consumo de nitrato y actividad bactericida por el método de Kirby-Bauer. Los resultados mostraron un crecimiento celular de 2.3x107 células mL-1 a las 104 horas, consumo de 66.7% de nitrato y halos de inhibición de hasta 15 mm para Escherichia coli y Staphylcoccus aureus para los extractos de las 104 horas obtenido en condiciones de 50 rpm y fotoperiodos de 8 h de luz color de rojo. A partir de los resultados experimentales se concluye parcialmente que los factores de crecimiento evaluados para C. sorokiniana favorecen la actividad bactericida de extractos intracelulares, sin embargo, es necesario continuar el desarrollo experimental para encontrar las mejores condiciones de crecimiento para una mayor actividad bactericida.

INTRODUCCIÓN. Las microalgas representan una promesa en la investigación biotecnológica debido a las propiedades y aplicaciones biotecnológicas de sus compuestos activos, los cuales tienen un gran potencial. Además, tienen un alto valor económico por su uso en las industrias farmacéutica, alimentaria, agrícola y de biocombustibles. Específicamente, la microalga Chlorella sorokiniana ha demostrado propiedades de gran interés tanto en la ciencia como en la industria; se caracteriza por ser unicelular, de color verde, se clasifica como cianobacteria, tiene forma esférica y crece en condiciones acuáticas de baja salinidad. Un estudio previo desarrollado por Cao et al. (2020) optimizó el rendimiento de biomasa, polisacáridos y proteínas de C. sorokiniana mediante la modificación de concentraciones de las fuentes de carbono, nitrógeno, fósforo, hierro, magnesio y calcio, logrando un aumento de 1.5 veces en el rendimiento de biomasa, polisacáridos y proteínas [2]. Diversos factores, como pH, temperatura, concentración de sustrato y tipo de fotoperiodo, influyen en su crecimiento en cultivos controlados. Posteriormente Magdaong et al. (2019) estudió el efecto de la tasa de aireación y el ciclo

de luz en el crecimiento de C. sorokiniana bajo condiciones fototróficas controladas y enriquecimiento con CO2, concluyendo que estos factores son cruciales para mejorar el crecimiento del cultivo y reducir costos [3]. C. sorokiniana produce metabolitos secundarios con actividad bactericida, como alcaloides, polifenoles, terpenos, látex, gomas y ceras. Lloyd et al. (2023) evaluó la actividad antimicrobiana de C. sorokiniana contra Staphylococcus aureus, utilizando el método de difusión en disco Kirby-Bauer; reportó que C. sorokiniana es un recurso natural prometedor, capaz de inhibir la proteasa ClpP1, enzima clave para la adaptación y supervivencia de S. aureus [1]. A partir de los componentes reportados contenidos en esta microalga, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de los factores de crecimiento de agitación, fotoperiodo y color de luz sobre la actividad bactericida en C. sorokiniana a partir de un diseño de cribado tipo Placket Burman a nivel matraz.

MATERIALES Y MÉTODOS. La cepa de C. sorokiniana CIB50 se obtuvo del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C La Paz, Baja California Sur, México, el preinóculo se obtuvo mediante adición de 300 µL de inóculo inicial en medio Bold Basal 3N-BBM+V(CCAP), se mantuvo durante al menos 21 días en temperatura ambiente, fotoperiodo de 16 h de luz roja y agitación manual cada 24 h. Mediante un diseño experimental de cribado tipo Placket-Burman se evaluó el efecto de los factores de crecimiento de agitación, fotoperiodo y color de luz en nivel bajo, alto y punto central (Tabla 1) a partir de cual se obtuvieron 14 tratamientos a evaluar (Tabla 2). Los tratamientos evaluados tuvieron un volumen útil de 375 mL de medio 3N-BBM+V(CCAP) con una concentración inicial de 3x106 células mL-1 y 1.39 g NaNO3 L-1 y se mantuvieron a temperatura de 37 °C. Se evaluó el crecimiento celular por cámara de Neubauer y consumo de nitrato por un método espectrofotométrico cada 8h, el pH por método potenciométrico y actividad bactericida por el método de Kirby-Bauer sobre S. aureus y E. coli cada 24 h para ambos. Finalmente para cada tratamiento se calcularon las constantes cinéticas de crecimiento microbiano de velocidad máxima de crecimiento (µ h-1), velocidad específica de crecimiento (δ h-1), tiempo de duplicación (td h) y rendimiento biomasa-sustrato (Y X/S g Biomasa g-1 NaNO3).

Factor	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
Agitación (RPM)	50	150	250
Fotoperiodo (h)	8	12	16
Color de luz	Rojo	Rojo/Azul	Azul

***Tabla 1**. Factores a evaluar en diseño experimental de cribado tipo Placket-Burman.*

Tratamiento	Agitación (RPM)	Fotoperiodo (h)	Color de luz
1	50	8	Rojo
2	250	16	Rojo
3	250	8	Azul
4	50	8	Rojo
5	250	8	Rojo
6	250	16	Azul
7	250	16	Rojo
8	150	12	Rojo/Azul
9	250	8	Azul

10	50	16	Azul
11	50	8	Azul
12	50	16	Azul
13	50	16	Rojo
14	150	12	Rojo/Azul

***Tabla 2**. Tratamientos por evaluar a partir del diseño de experimentos de cribado tipo Placket-Burman.*

RESULTADOS. A partir de los resultados experimentales se observó que las condiciones de 250 rpm y fotoperiodo de 16 h de luz roja favorecen un crecimiento celular de hasta 2.27x107 células mL-1; así mismo se observó que durante las primeras 24 h la microalga C. sorokiniana se mantuvo en fase de adaptación y posteriormente hasta la hora 104 h hubo una fase de crecimiento exponencial y hasta las 144 h el crecimiento se mantuvo en fase estacionaria.

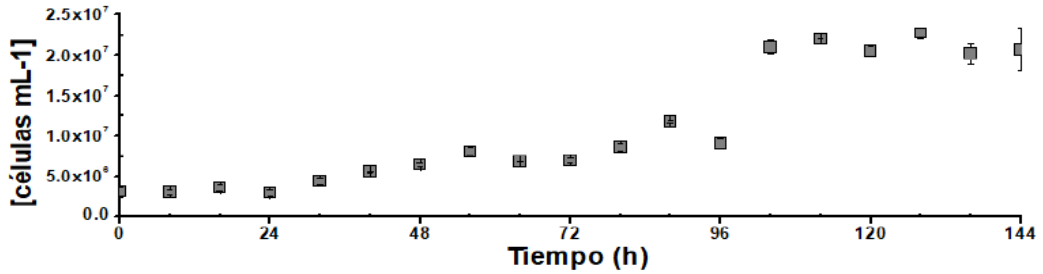


***Figura 1.** Monitoreo del crecimiento celular bajo las condiciones de 250 rpm y fotoperiodo de 16 h de luz roja para C. sorokiniana (Desv. Std. para n=3).*

El pH (Figura 2) durante el desarrollo del tratamiento de mantuvo en valor promedio de 7.21 ± 0.56 el cual se ubicó dentro del intervalo recomendado (6.4 a 8.5) para el crecimiento de *C. sorokiniana*[3,4]. El consumo de nitrato (Figura 3) para el tratamiento 2 fue el orden del 66% respecto a la concentración inicial del nutriente, el cual contribuyó en el crecimiento celular para *C. sorokiniana*.

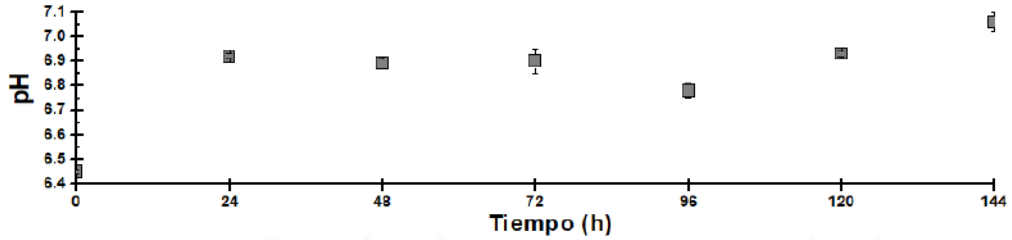


***Figura 2.** Comportamiento de pH durante el tratamiento 2 bajo condiciones de 250 rpm y fotoperiodo de 16 h de luz roja para C. sorokiniana (Desv. Std. para n=3).*

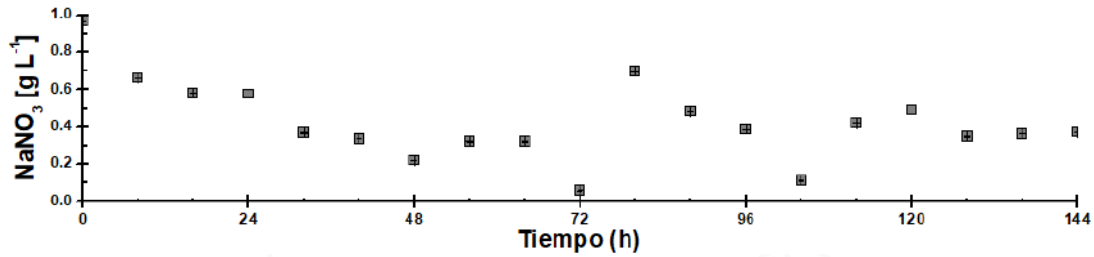


Figura 3. *Consumo de nitrato para el tratamiento 2 bajo condiciones de 250 rpm y fotoperiodo de 16 h de luz roja para C. sorokiniana (Desv. Std. para n=3).*

La evaluación de la actividad bactericida para los extractos intracelulares de *C. sorokiniana* mostró halos de inhibición de hasta 9.6 mm sobre *E. coli* (Figura 4) para la muestra de las 144h y de hasta 9.45 mm para *S. aureus* (Figura 5)para la muestra de las 144 h, dicha actividad inhibitoria se atribuye particularmente al incremento en la producción de metabolitos secundarios, como alcaloides, polifenoles, terpenos, látex, gomas y ceras, de los cuales se ha reportado que tienen actividad bactericida. Los halos inhibitorios obtenidos para el Control positivo (Eritromicina a 3 mg L^{-1}) de hasta 29.00 y 23.20 mm respectivamente para cada bacteria, lo cual representa un 67% y 59% mayor actividad bactericida en el Control positivo respecto al extracto intracelular para cada bacteria.

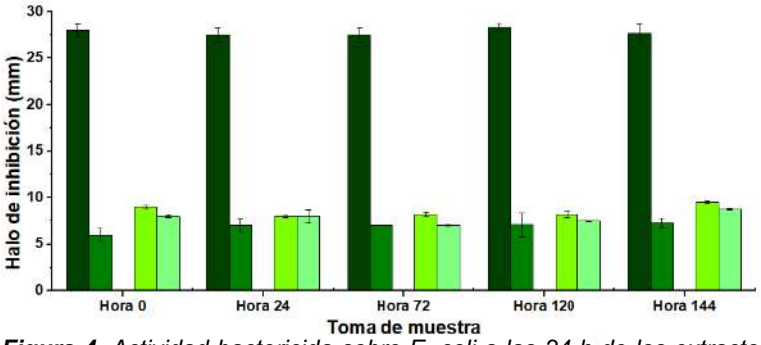


Figura 4. *Actividad bactericida sobre E. coli a las 24 h de los extractos intracelulares de C. sorokiniana, bajo condiciones de 250 rpm y fotoperiodo de 16 h de luz roja (□ Control positivo; □ Control negativo (H_2O); □ Solvente (Metanol-Acetona); □ Tratamiento 2; □ Tratamiento 7) (Desv. Std. para n=3).*

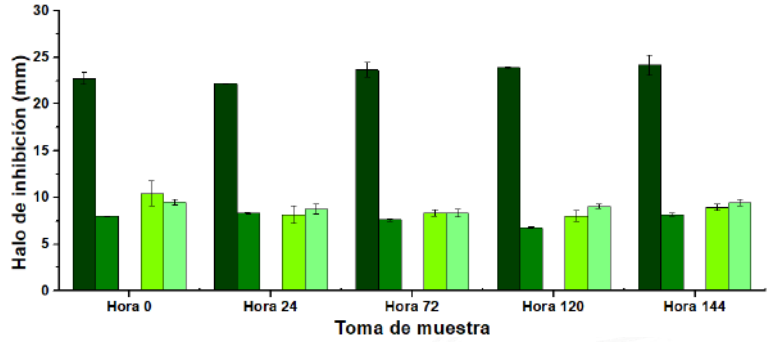


Figura 5. *Actividad bactericida sobre S. aureus a las 24 h de los extractos intracelulares de C. sorokiniana, bajo condiciones de 50 rpm y fotoperiodo de 8 h de luz roja (□ Control positivo; □ Control negativo (H_2O); □ Solvente (Metanol-Acetona); □ Tratamiento 1; □ Tratamiento 3) (Desv. Std. para n=3).*

Finalmente, las constantes cinéticas calculadas para el tratamiento 2 fueron significativamente mejores que los demás tratamientos evaluados, reportando una μ de $1.56x10^{-2}$ h^{-1}, δ de 0.0224 h^{-1}, t_d de 44.56 h y un rendimiento de producción de $Y_{x/s}$ de 0.2095 g Biomasa g^{-1} $NaNO_3$.

CONCLUSIONES. Se concluye parcialmente que el control de los factores de crecimiento de color de luz, fotoperiodo y agitación influye positivamente sobre el crecimiento celular y la actividad bactericida de los extractos intracelulares de C. sorokiniana; sin embargo, es necesario continuar evaluando los demás tratamientos con el objetivo de encontrar mejores resultados.

AGRADECIMIENTOS. Se agradecen los donativos parciales del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán de Ocampo (**FCCHTI23_ME-4.1.-0001**). A cargo del **D. En C. Juan Carlos González-Hernández** jefe de grupo de Laboratorio de Bioquímica donde se desarrolla la presente investigación.

REFERENCIAS.

1. Lloyd C, Wong MWK, Sin LJ, Pandurangan P, Gunasekaran S, Yue SR, Goh, FME, Manoharan RT, Kong HY, Ang JZY, Kang HP, Tan CH, Teo EJM, Cui XQ, Subramaniam S, Low JHM, Oon CJY, Khor IPY, Lim GZQ y Smiline AS. (2023). Antimicrobial Potential of Chlorella sorokiniana on Mrsa – An in Vitro Study and an in-Silico Analysis on Clpp Protease. Journal of King Saud University - Science, vol 35, no. 5. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102668
2. Cao M, Kang J, Gao Y, Wang X, Pan X y Liu P. (2020). Optimization of Cultivation Conditions for Enhancing Biomass, Polysaccharide and Protein Yields of Chlorella sorokiniana by Response Surface Methodology. Aquaculture Research, vol. 51, no. 6, pp. 2456–2471. https://doi.org/10.1111/are.14589
3. Magdaong JB, Ubando AT, Culaba AB, Chang JS y Chen WH. (2019). Effect Of Aeration Rate and Light Cycle on the Growth Characteristics of Chlorella sorokiniana in a Photobioreactor. Iop Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 268, no. 1. https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012112
4. Baird R y Bridgewater L. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23.a ed.). Washington, D.C., American Public Health Association. https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.002
5. Ramírez LS y Marín DC. (2009). Metodologías para Evaluar in-Vitro la Actividad Antibacteriana de Compuestos de Origen Vegetal. Scientia et Technica, vol. 15, pp. 263–268.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524111**

FRECUENCIA DE EXPERIENCIAS INFANTILES ADVERSAS EN UNA UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR EN MEXICO

Monica Chavez-Hernandez[1], Michelle Cazares-Medina[2], Naima Lajud[3]

1Laboratorio de Neurobiología del Desarrollo, División de Neurociencias, Centro de investigación biomédica de Michoacán- Instituto Mexicano del Seguro Social. Morelia, Michoacán, México; moni22.chdez@gmail.com

2Unidad de Medicina Familiar No. 80, Instituto Mexicano del Seguro Social, Morelia, Michoacán, Mexico. aliciamichellecazares@gmail.com

3Laboratorio de Neurobiología del Desarrollo, División de Neurociencias, Centro de investigación biomédica de Michoacán- Instituto Mexicano del Seguro Social. Morelia, Michoacán, México; naima.lajud@imss.gob.mx

Palabras Clave: Experiencias Infantiles Adversas; Estrés, Infancia.

RESUMEN. Las Experiencias Infantiles Adversas (EIA) se definen como las fuentes de estrés más frecuentes e intensas que se experimentan durante la infancia. Las EIA pueden condicionar a la aparición de enfermedades en la edad adulta. Puesto que existe un número reducido de estudios sobre EIAS en México, nos planteamos el objetivo de describir la frecuencia de las EIA en la Unidad de Medicina Familiar No. 80 en Morelia, y en la Unidad de Medicina Familiar No. 82 en Zamora, Michoacán. Para esto, se utilizó el cuestionario ACE-IQ. Se evaluó el estrato socioeconómico con el método de Graffar Méndez y las variables sociodemográficas como control. Se utilizó estadística descriptiva y la prueba de la Chi-cuadrada con un nivel de significancia de $p<0.05$. Los resultados mostraron, que el 82% de la población reportó al menos una EIA y que más de la mitad reportó 3 o más. Las EIA con mayor frecuencia fueron la violencia doméstica, seguida de la adicción en algún miembro de la familia y el abuso emocional. Las EIA se presentaron con mayor frecuencia en las familias nucleares, así como en los participantes entre 40-59 años de edad. Se observó que las EIA aumentan 3.9 veces el riesgo de reportar síntomas depresivos en la vida adulta. En conclusión, nuestros datos indican que la frecuencia de EIA en la población estudiada fue mucho mayor que la reportada en otras poblaciones, y esto aumenta el riesgo de desarrollar depresión.

INTRODUCCIÓN. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las EIA como “algunas de las fuentes de estrés más frecuentes e intensas que se experimentan en edades tempranas”. Estas formas de estrés pueden incluir al abuso infantil (psicológico, emocional, físico y sexual), la disfunción del hogar (uso indebido de sustancias o enfermedad mental que afecta a miembros de la familia, la violencia doméstica, el divorcio o separación, encarcelamiento); así como la violencia comunitaria o social y el acoso escolar (Martínez et al., 2017; Anda et al., 2010). Existe una relación significativa entre las EIA y la salud a largo plazo. La naturaleza crónica de las experiencias adversas puede llevar a una acumulación de carga alostática y a la consiguiente disfunción cardiovascular, endocrina e inmunitaria (Alhowaymel et al., 2023). De hecho, se ha demostrado que las EIA aumentan el riesgo de presentar diabetes, síndrome metabólico, obesidad y enfermedad cardiovascular (Gebreab et al., 2018), así como depresión, abuso de sustancias, comportamiento suicida y el trastorno de estrés postraumático en niños y

adultos (Van Der Feltz-Cornelis et al., 2019). Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) en 2022 se encontró que 16.7% de la población adulta mexicana presentó sintomatología depresiva, particularmente elevada en población adulta mayor (38.3%) (Vazquez-Salas et al., 2023). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 3.8% de la población mundial padece depresión, de estos se suicidan cerca de 700000 personas, y el suicidio es la cuarta causa de muerte en edades de 15 a 29 años. Esto hablando únicamente de la depresión, sin tomar en cuenta que la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer son también tres de las 10 principales causas de muerte a nivel mundial.

ANTECEDENTES. La frecuencia de EIA en México ha sido poco estudiada. No obstante, estudios previos que se realizaron en una Unidad de Medicina Familiar en Morelia mostraron que existe una alta prevalencia de EIA en la población michoacana (Melendez-Diego et al., 2024), y que estas están asociadas con la presencia de síntomas depresivos (Moreno-Guzmán et al., 2023). Sin embargo, estos estudios comparten la característica de usar un tamaño de muestra muy pequeño y, por lo tanto, sus conclusiones son limitadas.

OBJETIVOS. Analizar la frecuencia de Experiencias Infantiles Adversas y su relación con la depresión en la población que acude a consulta en las unidades de medicina familiar de Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó un estudio observacional, transversal y retrospectivo, en el periodo conformado de agosto del 2021-2024 en población derechohabiente del IMSS perteneciente a la Unidad de Medicina Familiar 80 en Morelia y la unidad de Medicina Familiar 82 en Zamora Michoacán, México. La muestra estuvo formada por 511 participantes mayores de 19 años de ambos sexos, que supieran leer y no tuvieran alguna condición que les evitara contestar el cuestionario, además se excluyeron pacientes con cáncer, lesiones cerebrales, y alteraciones neuropsiquiátricas, así como embrazadas. Después de obtener el consentimiento informado se aplicó el cuestionario ACE-IQ de la OMS, el cual consta de un total de 43 reactivos clasificados en 9 dominios diferentes. También se utilizó el inventario de depresión de Beck 2 (IDB2) y se utilizó el método Graffar-Méndez Castellanos para la clasificación del estrato socioeconómico de los participantes. Los cuestionarios fueron llenados por los participantes de manera personal y confidencial. Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva de todas las variables cualitativas, las cuales se expresaron mediante frecuencia. La comparación de variables se estimó por medio de Chi-cuadrada. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico para ciencias sociales SPSS, versión 23.0. El nivel de significancia se consideró cuando $p<0.05$. Este trabajo fue evaluado y aprobado por el Comité local de Ética e Investigación en Salud el IMSS (R-2021-1602-036).

RESULTADOS. La muestra consistió en 511 participantes. Encontramos que en la muestra 64.6% (n=330) participantes fueron del sexo femenino y 35.4% (n=180) del sexo masculino, así como 1 participante intersex;62.2% (n=318) de los participantes reporto que se identificaba con el género femenino y 36% (n=184) del género masculino;se reportaron 1.8% (n=9) de los participantes se identificaron con el género no binario o LGBTTIQ+. El 3.7% (n=19) de los participantes se identificó como miembro de una comunidad indígena. Las características sociodemográficas de la muestra se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Caracteristicas sociodemográficas de la muestra

	Total (N=511)	%	x2		Total (N=511)	%	x2
Escolaridad				**Indigena**			
Sin educacion formal	7	1.37%		SI	19	3.70%	0.251
Primaria incompleta	41	8.02%	8.191	NO	491	96.30%	gl=2
Primaria completa	75	14.70%	gl=8	**Ocupacion**			
Secundaria terminada	149	29.20%	p=0.415	Empleado de Gobierno	85	16.64%	
Bachillerato	112	21.91%		Empleado empresa privada	151	29.54%	
Licenciatura y posgrado	127	24.80%		Negocio propio	62	12.13%	
Estrato socioeconomico				Sin remuneracion	16	3.13%	13.524
I (alto)	12	2.40%		Estudiante	29	5.68%	gl=9
II (medio alto)	66	13.00%	7.542	Ama de casa	101	19.76%	p=0.140
III (medio bajo)	161	31.60%	gl=4	Desempleado pero puede trabajar	40	7.83%	
IV (obrero)	232	45.60%	p=0.110	Desempleado pero no puede trabajar	13	2.54%	
V (critico)	38	7.50%		No desea declarar	14	2.74%	

Al analizar la frecuencia de EIA se observó que la mayoría de los participantes reportaron al menos una EIA y más de la mitad de los participantes reportaron 3 o más EIA (figura 1).

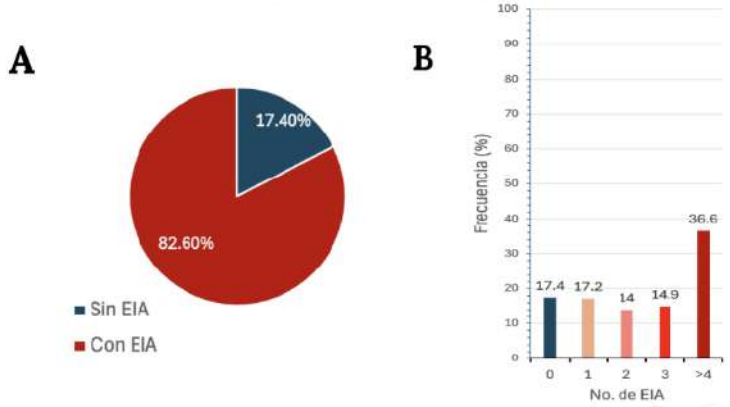


***Figura 1**. Frecuencia (%) de A) reportar al menos una experiencia infantil adversa (EIA) y B) las EIA acumuladas.*

Adicionalmente, evaluamos la frecuencia de cada una de las categorías del cuestionario de ACE-IQ de forma independiente y observamos que la EIA más común es la violencia doméstica, seguida de la presencia de adicciones en algún miembro de la familia y el abuso emocional (figura 2).

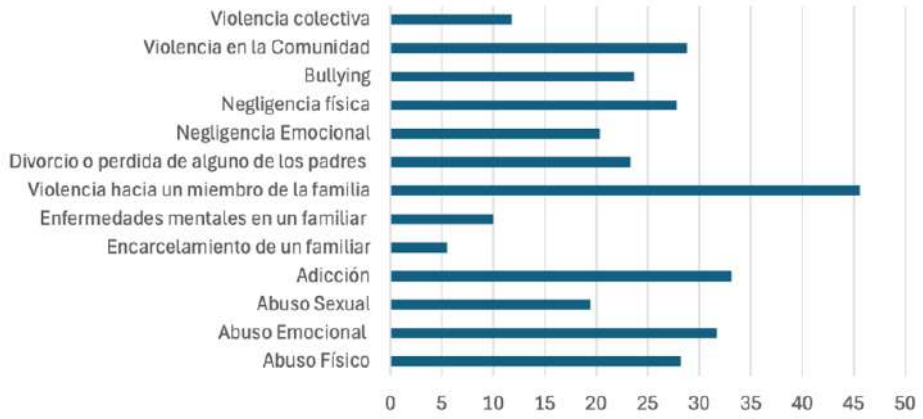


Figura 2. *Frecuencia (%) de cada una de las categorías del cuestionario ACE-IQ de los participantes.*

El análisis estadístico mostró que no existieron diferencias entre el puntaje del cuestionario ACE-IQ de las mujeres comparado con el de los hombres ($p>0.05$), ni entre los diferentes géneros o grupos étnicos ($p>0.05$). Tampoco observamos diferencias entre los diferentes estratos socioeconómicos, situación laboral o los grados de escolaridad.
Se observó una asociación significativa entre la edad y la presencia de experiencias infantiles adversas, específicamente, se observó que el 46.8% de los adultos de entre 40-59 años reportaron al menos una EIA ($p=0.047$). Se estudió la relación entre los tipos de familia y la presencia de EIA. El análisis estadístico mostró que las EIAs fueron reportadas principalmente por participantes que crecieron en las familias nucleares (ambos padres) ($p=0.007$, figura 3).

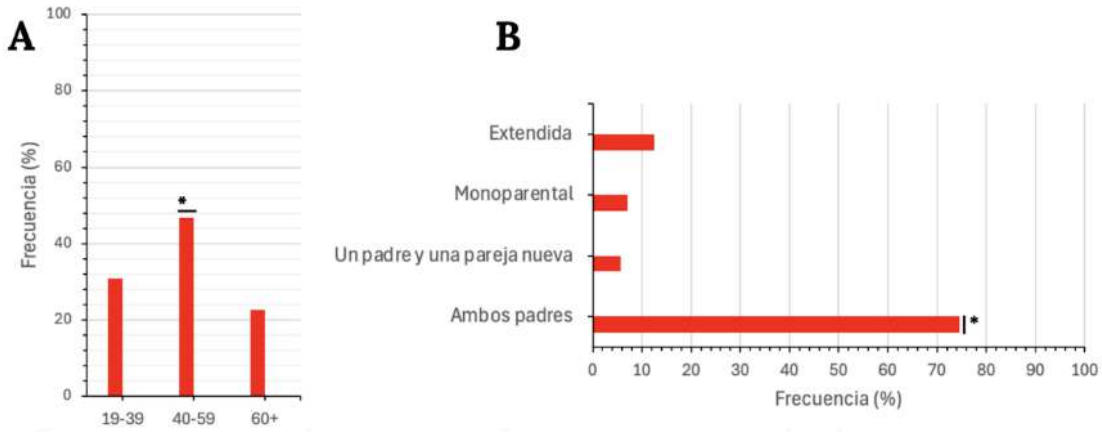


Figura 3*. Frecuencia de experiencias infantiles adversas (EIA) por A) grupo de edad y B) en los tipos de familia. * $\chi 2 < 0.05$.*

Finalmente, observamos que existe una asociación significativa entre reportar una EIA y la presencia de síntomas depresivos en la edad adulta, específicamente se observó que la presencia de al menos una EIA aumenta 3.9 veces de padecer depresión (IC95%: 1.46-4.19)

CONCLUSIONES. El 83 % de la muestra reporto al menos una EIA y el 52% de los participantes reporto un puntaje alto (≥3) en el cuestionario de ACE-IQ, que es más alto que

lo reportado previamente. La frecuencia de experiencias infantiles adversas se asocia con la presencia de síntomas depresivos en el adulto. En conjunto, los datos resaltan la importancia de estudiar los determinantes sociales en el impacto de la salud de la población michoacana de forma específica.

REFERENCIAS.

1. Martínez, A. C., Luna, D. C., Cifuentes, Á. M. G., Martínez, L. L., Medina, V. M., Ruiz, H. C., Martínez, D. R., & Pérez, D. M. D. (2017c). Experiencias adversas de la infancia en una muestra de pacientes con enfermedad crónica en Cali-Colombia. Medicina UPB, 36(1), 9-15. https://doi.org/10.18566/medupb.v36n1.a02
2. Anda, R., Tietjen, G., Schulman, E., Felitti, V., & Croft, J. (2010). Adverse Childhood Experiences and Frequent Headaches in Adults. Headache The Journal Of Head And Face Pain, 50(9), 1473-1481. https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2010.01756.x
3. Alhowaymel, F. M., Kalmakis, K. A., Chiodo, L. M., Kent, N. M., & Almuneef, M. (2023). Adverse Childhood Experiences and Chronic Diseases: Identifying a Cut-Point for ACE Scores. International Journal Of Environmental Research And Public Health, 20(2), 1651. https://doi.org/10.3390/ijerph20021651
4. Moreno-Guzmán, Y., Chacón-Valladares, P., & Lajud-Ávila, N. (2023). Experienciasinfantiles adversas y síntomas depresivos en una unidad de medicina familiar en Michoacán. Atención Familiar, 30(2), 143-152. https://doi.org/10.22201/fm.14058871p.2023.2.85032
5. Meléndez-Diego, K. S., Chacón-Valladares, P., & Lajud, N. (2023). Experiencias infantiles adversas y síndrome metabólico en adultos de una unidad de medicina familiar en Michoacán, México. Revista de enfermería del instituto mexicano del seguro social, 32(1), e1360. https://doi.org/10.5281/zenodo.10372067
6. Vázquez-Salas, A., Hubert, C., Portillo-Romero, A., Valdez-Santiago, R., Barrientos-Gutiérrez, T., & Villalobos, A. (2023). Sintomatología depresiva en adolescentes y adultos mexicanos: Ensanut 2022. Salud Pública de México, 65, s117-s125. https://doi.org/10.21149/14827
7. Van Der Feltz-Cornelis, C. M., Potters, E. C., Van Dam, A., Koorndijk, R. P., Elfeddali, I., & Van Eck Van Der Sluijs, J. F. (2019). Adverse Childhood Experiences (ACE) in outpatients with anxiety and depressive disorders and their association with psychiatric and somatic comorbidity and revictimization. Cross-sectional observational study. Journal Of Affective Disorders, 246, 458-464. https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.12.096
8. Gebreab, S. Z., Vandeleur, C. L., Rudaz, D., Strippoli, M. F., Gholam-Rezaee, M.Castelao, E., Lasserre, A. M., Glaus, J., Pistis, G., Kuehner, C., Von Känel, R., Marques-Vidal, P., Vollenweider, P., & Preisig, M. (2018). Psychosocial Stress Over the Lifespan, Psychological Factors, and Cardiometabolic Risk in the Community. Psychosomatic Medicine, 80(7), 628-639. https://doi.org/10.1097/psy.0000000000000621

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524112**

PERFIL HEPATICO, EN PACIENTES GERIÁTRICOS COMO COMPLICACIONES A LARGO PLAZO DE LA COVID-19

***Claudia A. López Calderón, Víctor Meza-Carmen, Rafael Ortiz-Alvarado*[1]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1901743b@umich.mx rafael.ortiz@umich.mx

Palabras Clave: Perfil hepático; COVID-19; comorbilidad.

RESUMEN. La pandemia provocada por el agente de tipo viral SARS-CoV-2, ha provocado diversas manifestaciones clínicas, en diferentes grupos poblacionales, como son las personas con alguna comorbilidad, entre las que destacan por su prevalencia la Diabetes Mellitus de Tipo II, la EPOC y la hipertensión, lo cual ha acarreado diferentes complicaciones orgánicas que se diagnostican de manera tardía como insuficiencias renales, hepática, cardiacas, las cuales tienen como eje el tono del sistema vascular. Por lo tanto, hace falta determinar el estado de homeostasis a nivel metabólico, en pacientes adultos que han cursado con COVID-19 y en algunos casos han sido diagnosticados previamente con alguna comorbilidad, lo cual les ha desencadenado otras complicaciones que se manifiestan como insuficiencias orgánicas. Es por tanto necesario contar con pruebas químicas que determinen de manera precoz, la función enzimática que regula la homeostasis metabólica en los pacientes diagnosticados con COVID-19. El presente trabajo muestra las evidencias preliminares que involucran el aumento en la expresión del perfil de enzimas como la Lactato Deshidrogenasa (LDH), Fosfatasa Alcalina (ALP), Gamma Glutamil Transpeptidasa (GGT), Transaminasa Glutámica Oxalacetica / Aspartato Aminotransferasa (TGO / AST) y Transaminasa Glutámica Pirúvica / Alanina Aminotransferasa (TGP / ALT), las cuales no solo reflejan el funcionamiento hepático, se encuentran relacionadas también con posibles eventos hemodinámicos, los cuales son en buena medida los responsables de la insuficiencia en diversos órganos. Así los datos mostrados en este trabajo sientan las bases para complementar las pruebas, no solo diagnosticas de tipo infeccioso, si no también dar seguimiento a los pacientes recuperados de COVID-19 y con secuelas orgánicas graves.

INTRODUCCIÓN. La pandemia por el SARS-CoV-2, provocó una enfermedad emergente denominada COVID-19 (Umakanthan y col., 2020) , la cual, ha provocado diversas afecciones, que van desde las sensoriales, de manera temporal, hasta las neurológicas, pulmonares y vasculares (Harapan y Yoo, 2021), sin embargo, los pacientes que se han recuperado de la COVID-19, siguen manifestando signos y síntomas, que involucran procesos inflamatorios en diversos, tejidos, como pulmonar, cardiaco y posiblemente hepático (Almeida-Costa y col., 2021; Cha y col., 2020). Por lo que se puede establecer que algunos pacientes recuperados de COVID-19, presentan consecuencias tisulares a nivel hepático, derivando en otras complicaciones, como las renales y los fenómenos de coagulación (Dou y col., 2020); por lo que sigue siendo oportuno contar con herramientas bioquímicas y moleculares accesibles que permitan identificar y prever las consecuencias celulares y tisulares implicadas en pacientes post-COVID-19 (Rai y col., 2021).

ANTECEDENTES. La pandemia de por el SARS-CoV-2, ha provocado un cambio en los paradigmas de atención médica, lo que incluye la identificación de problemas de salud, subyacentes, como los problemas circulatorios, metabólicos y celulares, que involucran a diversos sistemas orgánicos, como el funcionamiento hepático, el cual es responsable de múltiples funciones celulares, como por ejemplo, sistema circulatorio, sistema de coagulación, sistema renal, problemas identificados en los pacientes que cursaron con COVID-19, por lo que orientar la búsqueda intencionada del funcionamiento renal es una prioridad en los pacientes post-COVID-19, particularmente en la población geriátrica.

OBJETIVOS. La identificación precoz de posibles complicaciones hemodinámicas y hepato-biliar, mediante el uso de biomarcadores indicativos de daño tisular, en pacientes post-COVID-19.

MATERIALES Y MÉTODOS. A través del Cuerpo Académico de Fisiopatolgías-211 y el servicio extrauniversitario, se colectaron muestras sanguíneas en ayuno, de pacientes adultos, con diagnóstico médico de COVID-19 y prueba serológica positiva para anticuerpos de memoria (IgG), durante un período de 6 meses. Ninguno de los pacientes había sido diagnosticado previamente con problemas hepáticos. Las muestras sanguíneas, se procesaron para obtención del suero y determinación de la actividad enzimática de: Fosfatasa Alcalina (ALP), Lactato Deshidrogenasa (LDH), Gamma-Glutamil Transpeptidasa (GGT) y Transaminasa Glutámico Oxalacetica/Aspartato Amino Transferasa (TGO/AST) y Transaminasa Glutámico Pirúvica/Alanina Amino Transferasa (TGP/ALT). Para las determinaciones enzimáticas, se utilizaron los reactivos específicos provenientes de Spinreact y las lecturas espectrofometricas, se utilizó el espectrofotómetro Smarspec 3000 de Biorad.

RESULTADOS. En la Tabla. 1, se indica la fecha de la toma y maquila de la muestra, el género del paciente, la edad referida por el médico y los resultados de las determinaciones de las actividades enzimática ALP (Fosfatasa Alcalina), LDH (Lactato Deshidrogenasa), GGT (Gamma-Glutamil Transpeptidasa) y AST (Aspartato Amino Transferasa) y en menor elevación la ALT (Alanina Amino Transferasa), los valores están expresados en Unidades Internacionales/ Litro (UI/L), cada determinación enzimática tiene su promedio y su desviación estándar y la comparación respecto a los valores de referencia. Los resultados mostraron un incremento significativo de la ALP (fosfatasa alcalina), LDH (Lactato Deshidrogenasa), GGT (Gamma-Glutamil transpeptidasa) y AST (Aspartato Amino Transferasa) y una elevación discreta de la ALT (Alanina Amino Transferasa).

Fecha	Género	Edad (años)	TGO/AST (UI/L)	TGP/ALT (UI/L)	ALP (UI/L)	GGT (UI/L)	LDH (U/L)
31/10/2021	Masculino	75	25.3	46.7	169	29	334
31/10/2021	Femenino	70	27.9	20.9	266	19	440
31/10/2021	Femenino	62	36.1	31	190	23	241
31/10/2021	Femenino	70	36.1	31	190	23	241
19/11/2021	Masculino	63	21.9	24.5	146	43	384

22/11/2021	Femenino	82	22.6	14	250	14	385
06/12/2021	Masculino	62	57.8	39.5	301	110	616
11/12/2021	Femenino	61	85.9	90.7	429	129	650
13/12/2021	Masculino	79	35	24	102	96	180
06/01/2022	Femenino	74	26.9	18.8	402	44	462
08/01/2022	Femenino	71	25.3	46.7	236.5	42	325.05
14/01/2022	Femenino	65	26.9	18.8	358	20	463
23/01/2022	Femenino	66	39.5	48.1	226	38	437
14/02/2022	Femenino	87	36.1	42	158.4	34	177
14/02/2022	Femenino	60	35.7	42	158.4	28	221.62
23/02/2022	Masculino	61	40.1	42	306.9	35	359.22
25/02/2022	Femenino	77	42	50.8	227.7	35	265.9
21/03/2022	Femenino	63	53.1	67	226	51	251
30/03/2022	Femenino	80	32.9	19.4	175	19	593
28/04/2022	Masculino	82	64	68	129	30	250
22/05/2022	Femenino	83	40.5	48.1	282	38	573
13/06/2022	Femenino	67	42.1	50	158.4	34	277
28/06/2022	Femenino	74	65	49	364	56	669
16/07/2022	Femenino	68	32.1	47	197.75	15.1	191
21/07/2022	Femenino	64	43.1	57	138	69.7	291
06/08/2022	Masculino	87	43.1	57	138	69.7	291
08/08/2022	Masculino	62	32.2	31	138	28.9	291
22/08/2022	Masculino	69	42.1	29.7	446	30	584
12/09/2022	Masculino	83	53.1	67	328.9	59.7	354.6
20/09/2022	Femenino	89	22.6	10	157	3.9	287
	Promedio	71.8667	39.5667	41.0567	233.1650	42.2333	369.4797
	σ	8.9284	14.2741	18.2996	94.1317	28.0137	144.9118

Tabla 1. *Biomarcadores Hepatobiliares*

Perfil Enzimático	Unidades de Referencia (UI/L)	Concentración Media (UI/L)
TGO/AST	10 - 39	39.98
TGP/ALT	10 - 49	41.43
ALP	45 - 129	235.40
GGT	7 - 32	42.2
LDH	140 - 280	365.97

Tabla 2. *Valores de referencia de los biomarcadores hepatobiliares referenciados a la OMS.*

Se observan cambios discretos en el perfil de expresión de las enzimas características del perfil hepático en pacientes con antecedentes de COVID-19 (Almeida-Costa, et. Al, 2021). Cabe considerar que las manifestaciones neurológicas observadas en algunos pacientes

que desarrollaron (COVID-19), ser consecuencia de la actividad hepatica alterada (Harapan B.N. & Yoo H.J., 2021). Las alteraciones hepaticas han sido documentadas por otros centros de salud en las primeras etapas de la Pandemia sin embargo no han sido las que tienen relevancia mayor frente a complicaciones coronarias (Dou Q, et al. 2020), más es necesario que se tengan presente, en el manejo integral del paciente que cursa o ha cursado con COVID-19, las complicaciones en tracto gastrointestinal (Cha M.H., 2020).

CONCLUSIONES. La enfermedad emergente de tipo viral, COVID-19, está aún lejos de ser comprendida, en lo referente a su origen y desde luego en las implicaciones de salud en el corto plazo, más las complicaciones de salud en pacientes con comorbilidades, restan aun por establecer las relaciones celulares y tisulares comprometidas en pacientes post-COVID-19. Los marcadores bioquímicos, como las actividades enzimáticas, enzimática ALP (fosfatasa alcalina), LDH (lactato deshidrogenasa), GGT (gamma-glutamil transpéptidasa) y AST (aspartato amino transfersa) y en menor elevación la ALT (alanín amino tranferasa), mostraron un incremento significativo en su expresión y actividad, por lo que pueden relacionadas con un posible daño hepático, subdiagnosticado, en varios pacientes recuperados de COVID-19.

REFERENCIAS.

1. Almeida-Costa, T., Cunha-Lima, M. A., Kniess, I., Marques-Vieira, L., & Delmondes- Freitas Trindade, L. M. (2021). Cambios en la función hepática causados por COVID-19 y su impacto en el resultado clínico del paciente: una revisión sistemática. Revista colombiana de Gastroenterología, 36(3), 302-312.
2. Cha MH, Regueiro M, Sandhu DS. Gastrointestinal and hepatic manifestations of COVID-19: A comprehensive review. World J Gastroenterol. 2020 May 21; 26(19):2323- 2332. doi: 10.3748/wjg.v26.i19.2323. PMID: 32476796; PMCID: PMC7243653.
3. Dou Q, Wei X, Zhou K, Yang S, Jia P. Cardiovascular Manifestations and Mechanisms in Patients with COVID-19. Trends Endocrinol Metab. 2020 Dec; 31(12):893-904.
4. Harapan BN, Yoo HJ. Neurological symptoms, manifestations, and complications associated with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease 19 (COVID-19). J Neurol. 2021
5. Rai P, Kumar BK, Deekshit VK, Karunasagar I, Karunasagar I. Detection technologies and recent developments in the diagnosis of COVID-19 infection. Appl Microbiol Biotechnol. 2021 Jan; 105(2):441-455. doi: 10.1007/s00253-020-11061-5. Epub 2021 Jan 4. PMID: 33394144; PMCID: PMC7780074.
6. Tirado Romero, G. I., & Moran Marín, L. Y. (2021). Alteraciones de la función hepática en los pacientes infectados por covid-19 remitidos a UCI en el año 2020 a través del SCORE MELD en una institución prestadora de servicios en salud de Barranquilla (At, Co).
7. Umakanthan S, Sahu P, Ranade AV, Bukelo MM, Rao JS, Abrahao-Machado LF, Dahal S, Kumar H, Kv D. Origin, transmission, diagnosis and management of coronavirus disease 2019 (COVID-19). Postgrad Med J. 2020 Dec; 96(1142):753-758. doi: 10.1136/postgradmedj-2020-138234.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524113**

PREVALENCIA DE CEPAS RESISTENTES A FLUCONAZOL DE CANDIDA KRUSEI EN AISLADOS DE MUESTRAS URINARIAS EN PACIENTES DE DIABETES MELLITUS DE TIPO II

Michell Onofre Lobato[1], Maria Monserrat López Arias[2]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; aperez@gmail.com
2Universidad Autónoma de México, Campus Morelia; juang@gmail.com

Palabras Clave: Candida, resistencia, fluconazol.

RESUMEN. La prevalencia de infecciones en tracto urinario, por parte de agentes infecciosos de tipo fúngico, ha permitido encontrar en aislados clínicos a especies diferentes a la especie Candida albicans, la cual representa hasta el 70% de las especies del género Candida; la prevalencia de agentes infecciosos de tipo fúngico ha cambiado a una prevalencia de agentes infecciosos denominados patógenos oportunistas, la candidiasis es una de las infecciones fúngicas más comunes en humanos y se asocia con una alta tasa de mortalidad cuando los hongos infectan órganos profundos. Candida krusei pertenece al grupo de agentes etiológicos de la candidiasis, y aunque no se aísla con tanta frecuencia como otras especies de Candida, las infecciones causadas por este organismo son de especial relevancia en el ámbito clínico debido a su resistencia intrínseca al fluconazol. El presente trabajo de investigación reporta la incidencia de especies del género Candida. Los criterios de inclusión se refieren a pacientes diagnosticados con Diabetes Mellitus de tipo II, con concentraciones de hemoglobina glicada de 8.6% en promedio e infecciones urinarias y Exámenes Generales de Orina negativos a procesos infecciosos por bacterias gran (-) y que los con recidivas. Los resultados, mostraron una prevalencia del 38.2% de C. kruzei y 58.5%, en 50 muestras analizadas que cumplen con los criterios antes mencionados. De los aislados de C. kruzei presentaron un 48.3%, la prevalencia de resistencia fluconazol, lo que subraya la relevancia de este organismo como especie emergente, muy probablemente debido a su resistencia intrínseca al fluconazol y su importancia como problema de salud.

INTRODUCCIÓN. El estado actual, de prevalencia de enfermedades degenerativas y metabólicas mal diagnosticadas y mal tratadas farmacológicamente (iatrogenias) han llevado a la prevalencia de patologías infecciosas por organismos fúngicos, como los pertenecientes al género Aspergillus y Mucorales, no obstante, las levaduras del género Candida siguen siendo un problema en al área médica, particularmente la especie, mayormente aislada e identificada, como C. albicans; aun así el género Candida, presenta otras especies, como C. kruzei y C. tropicallis, las cuales también se presentan en pacientes con algún inmunocompromiso primario o secundario, que pueden poner en riesgo el bienestar y la vida del paciente. Sin embargo, el desarrollo de moléculas antimicrobianas, contra patógenos oportunistas emergentes, es un área a desarrollar.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron microorganismos del cepario de la Facultad de Químico Farmacobiología, pertenecientes a la Academia de Microbiología; las levaduras, se reactivaron por pase en Agar Papa Dextrosa, por incubación de 72 hrs a 28°C, al termino, de la incubación se caracterizaron fenotípicamente, por su comportamiento al agar cromogenico identificando, Candida albicans, C. kruizei y C. tropicallis. Cada una de las, tres, diferentes especies, se inocularon en 50 mL de YPG líquido y se enfrentaron a 0, 25, 50 y 100 y 150 microgramos de polymixina b, la densidad óptica se leyó a 600 nm y una incubación de 35°C, durante un período de 12 horas, incluido carvacrol aislado de orégano mexicano.

RESULTADOS. El presente trabajo, muestra la sensibilidad específica de C. kruzei y C. tropicallis, contra moléculas que alteran la pared celular de las levaduras, como la polimixyna B, este compuesto sea utilizado en el siglo pasado, no obstante, presenta una toxicología al hospedero; por lo tanto, la posología y la combinación con agentes como el carvacrol, obtenido por aspectos fitoquímicos, general una vertiente a explorar de manera in vitro e in vivo. Los resultados muestran que las curvas de crecimiento de C. kruzei y C. tropicallis, expuestas de polimixyna B y carvacrol, presenta un sinergismo farmacológico, al inhibir el desarrollo in vitro de estas cepas de Candida, lo cual es diferencial, del comportamiento de C. albicans, la cual es resistente a polimicyna B y sensible a carvacrol. Por lo tanto, este trabajo permite establecer un tratamiento farmacológico, específico contra patógenos emergentes oportunistas del género Candida de las especies kruzei y tropicallis. Las levaduras del género Candida, identificando C. albicans y C. kruzei, por utilización de cromoagar; cada colonia aislada se inoculo en medio de cultivo YPG líquido y se utilizaron concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100 microgramos/mL de fluconazol y polimyxina B, encontrando que C. albicans es inhibida entre 75 y 100 microgramos/mL, no encontrando inhibición para polimyxina B; en lo referente a C. kruzie, se observó una inhibición entre 25 y 50 microgramos/mL para polimyxina B; para fluconazol, se observó una inhibición a los 50 microgramos/mL; una combinación de 25 microgramos/mL de polimyxina B y fluconazol en YPG, inhibió el desarrollo de C. kruzei, lo cual no se observó para C. albicans; de manera diferencial se concluye que es necesario establecer intervenciones clínicas efectivas y comprender la biología y la patogenia de las especies de Candida, resistente al fluconazol para mejorar las estrategias y los resultados del tratamiento

REFERENCIAS.

1. de Bedout, C., & Gómez, BL (2010). Candida y candidiasis invasora: un reto continuo para su diagnóstico temprano. Infectio: revista de la Asociación Colombiana de Infectología , 14 , s159–s171.
2. Nang, SC, Azad, MAK, Velkov, T., Zhou, Q. (tony) y Li, J. (2021). Rescatando las polimixinas de última línea: Logros y desafíos. Reseñas farmacológicas, 73 (2), 679–728.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524114**

LA SEPARACIÓN MATERNAL Y LAS LESIONES CEREBRALES INDUCEN ALTERACIONES EN LA EMOCIONALIDAD EN RATAS HEMBRA

Raúl Neftalí Meraz Álvarez[1], Naima Lajud Avila[1], Angélica Roque Galicia[1,2]

1Laboratorio de neurobiología del desarrollo, división de neurociencias, Centro de Investigación Biomédicas de Michoacán-Instituto Mexicano del Seguro Social; raulneftalimeraz@gmail.com naimalajud@yahoo.mx.

2Laboratorio de eco-fisiología animal, Instituto de Investigaciones sobre recursos naturales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; roque_galicia@yahoo.com.

Palabras Clave: Estrés, lesión cerebral, ovariotomía.

RESUMEN. El estrés temprano puede generar trastornos psicológicos como la depresión y ansiedad, además, afecta los procesos de aprendizaje y de memoria. Las lesiones cerebrales (TBI) inducen secuelas emocionales en modelos animales. Por otro lado, las hembras son resistentes a los efectos del estrés, y se ha propuesto que debido a los estrógenos, tienen propiedades neuroprotectoras. Por lo cual nuestro objetivo fue evaluar los efectos de estos factores con una prueba de emocionalidad, aprendizaje y ansiedad. Utilizamos ratas hembras de la cepa Sprague Dawley sometidas a separación maternal (MS) 3h/día, del día post-natal (PND) 1-14 y grupos sin molestar (control). Se dejaron crecer y se asignaron aleatoriamente al grupo ovariectomizadas (OVX) o sin OVX. Las ratas OVX se les removieron los ovarios y se dejaron recuperar por dos semanas. Posteriormente, a la mitad de los animales se sometieron a una lesión por impacto cortical controlado (2.6mm de profundidad, 4m/s, TBI) y las demás sin lesión (SHAM), se dejaron recuperar por 14 días. Posteriormente, se realizaron pruebas conductuales para evaluar la emocionalidad como la prueba de nado forzado y el campo abierto, y una prueba para evaluar la memoria como la prueba de localización de objetos. Los datos en el tiempo en el centro la prueba de campo abierto mostro diferencias significativas en entre el grupo MS+SHAM+TBI y el grupo CONT+SHAM+TBI. Estos datos sugieren que la combinación de la MS y la TBI tienen efecto sobre la conducta tipo ansiosa en las ratas hembras en presencia de hormonas gonadales.

INTRODUCCIÓN. Las experiencias adversas en la infancia (EAI) alteran el desarrollo cognitivo y conductual. Según la organización mundial de la salud (OMS), las EAI son sucesos que abarcan desde la negligencia, el abandono, el abuso y la violencia. La separación maternal (MS) es un modelo de EAI que reproduce muchos de los efectos observados en humanos, desde alteraciones conductuales, cognitivas hasta neuroendocrinas (Becker & Koob, 2016). Los individuos con historial EAI son más vulnerables a presentar lesiones cerebrales traumáticas (TBI) en la edad adulta (M. Gunnar & Quevedo, 2007). Las TBI en ratas macho causan secuelas emocionales y neuroendocrinas a largo plazo (Gupte et al., 2019). Por otro lado, se observado un dimorfismo sexual entre machos y hembras y los efectos del estrés (Goodwill et al., 2018). Se ha propuesto que los efectos diferenciales del estrés en las hembras son debidos a los estrógenos, ya pueden tener propiedades neuroprotectoras (Bangasser & Wicks, 2016).

ANTECEDENTES. Se ha observado que la MS no afecta la emocionalidad en las ratas hembra (Dimatelis et al., 2016), en este sentido, la presencia de los estrógenos pueden tener un efecto neuroprotector (Hodes & Epperson, 2019). Sin embargo, los efectos de la MS y las TBI sobre la emocionalidad y la cognición en animales sin estrógenos no ha sido estudiada.

OBJETIVOS. Evaluar los efectos de la separación maternal y las lesiones cerebrales sobre la emocionalidad y la cognición en ratas ovariectomizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Animales. Se utilizaron ratas de la cepa Sprague-Dawley, se mantuvieron en temperatura controlada, con un ciclo de luz/obscuridad de 12hrs y libre acceso a comida y agua. El día de nacimiento se designó día postnatal 0 (DPN0). Al DPN1 las camadas se ajustaron a 8 individuos, y fueron asignadas a diferentes grupos; grupo MS y grupo control. Las ratas fueron destetadas al DPN21 y se dejaron crecer hasta la edad adulta o DPN 90.

Separación maternal. El protocolo de la MS consistió en separar a las crías del nido, en un cuarto independiente durante 3 horas al día, del DPN1-21. Las crías se mantuvieron a una temperatura controlada de 30-33 °C. Al mismo tiempo, los animales del grupo control se mantuvieron en condiciones estándar de bioterio (limpieza de caja 3 tres veces por semana).

Ovariectomía. Al DPN90 se dividieron los animales en OVX o SHAM. Los animales del grupo OVX fueron sometidos a una intervención quirúrgica para la extraer los ovarios. Los animales del grupo SHAM fueron sometidos los mismos procedimientos quirúrgicos sin la extracción de los ovarios. Los animales se dejaron recuperar y se monitoreo su estado de salud.

Lesión cerebral. Posteriormente, al DPN 104, se distribuyeron los animales en diferentes grupos CONT+SHAM+SHAM, CONT+SHAM+TBI, CONT+OVX+TBI, MS+SHAM+TBI, MS+OVX+SHAM Y MS+OVX + TBI. Los animales TBI fueron sometidos a una lesión por impacto cortical controlado a 2.6mm de profundidad Y 4m/s de velocidad, y a los animales SHAM se les realizo la craneotomía sin la lesión. Se tomaron en cuenta los parámetros neurológicos para evaluar la severidad de la lesión. A todos los animales se les dejo recuperar por dos semanas antes de iniciar las pruebas conductuales.

Pruebas conductuales. Al día post-lesión 14, se realizó la prueba de campo abierto que consistió en colocar a la rata en una arena con el centro iluminado (50 lux) y las laterales menos iluminadas (5 lux), se dejó explorar a los individuos por 10 minutos y se grabaron para su posterior análisis. Se analizaron los primeros 5 minutos, y los parámetros que se tomaron en cuenta fueron el tiempo en el centro y las laterales. Posteriormente, se realizó la prueba de nado forzado, la cual consistió en poner a nadar los animales en un cilindro de agua fría (21°C), por 10 minutos, de igual manera se tomaron video de la conducta para su posterior análisis. Se cuantificaron los parámetros de escalamiento (conducta activa caracterizada por la ruptura del plano del agua), nado (movimiento de las extremidades sin alcanzar a romper el plano del agua), inmovilidad (el movimiento de las extremidades es nulo) y latencia a la inmovilidad (primer momento en el que se quedan inmóviles). Los datos conductuales y neurológicos se analizaron usando una ANOVA.

RESULTADOS. El análisis en los parámetros neurológicos mostró que los animales sometidos a TBI tienen un mayor tiempo en los reflejos de reacción de las extremidades y el enderezamiento comparados con el grupo CONT+SHAM+SHAM ($p<0.05$). En los pesos observamos que los animales del grupo CONT+OVX+TBI y MS+OVX+SHAM son diferentes del grupo CONT+SHAM+SHAM ($p<0.05$) y CON+SHAM+TBI ($p<0.05$, tabla 1).

	CONT+SHAM+SHAM	CONT+SHAM+TBI	CONT+OVX+TBI	MS+SHAM+TBI	MS+OVX+TBI	MS+OVX+SHAM
Peso final	274.3±11.3	266.2±7.8	356.5±12.5*#	271.7±5.1	303.6±4.5	351.5±5.2*#
Reflejo de la pata derecha	59.6±8.6	104.5±8.9*	91±2*	120.7±16.5*	92.8±16.2*	90.2±8.5
Reflejo de la pata izquierda	63.6±8.3	111.7±5.3*	90±5*	127.2±19.9*	100.2±13.5*	93.2±13.6
Enderezamiento	120.6±3.7	301.2±42.3*	228±64*	237.5±27.3*	286.2±29.6*	138.7±14.6

Tabla 1. ***Pesos y parámetros neurológicos.*** **p< 0.05 comparado con el grupo CONT+SHAM+SHAM, #p<0.05 comparado con el grupo CONT+SHAM+TBI, Prom ± EE, N=2-5.*

En la prueba de campo abierto observamos un efecto significativo en el tiempo en el centro ($f_{(5,15)} = 1.7$, $p<0.05$). En las comparaciones múltiples se encontró que el grupo sometido a MS+SHAM+TBI permanece más tiempo en el centro comparado con el grupo CONT+SHAM+TBI ($p<0.05$, fig. 1).

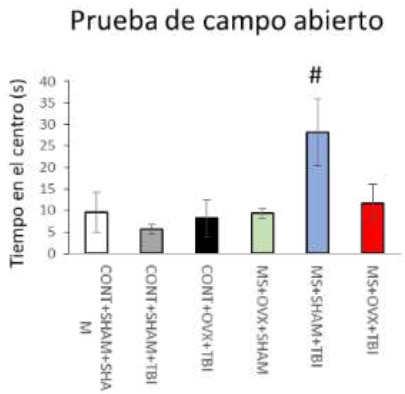


Fig. 1 *La MS y la TBI aumentan el tiempo en el centro de la prueba de campo abierto. En la gráfica se muestra el tiempo en el centro. Control intacto (CONT+SHAM+SHAM), control sin OVX pero con TBI (CONT+SHAM+TBI), control con OVX y TBI (CONT+OVX+TBI), sometido a separación materna y OVX (MS+OVX+SHAM) y sin TBI, con MS sin OVX y con TBI (MS+SHAM+TBI) y con separación maternal, OVX y TBI (MS+OVX+TBI). #p< 0.05 comparado con CONT+SHAM+TBI, Prom+EE, N=2-5.*

Los resultados en la prueba de nado forzado no mostraron diferencias significativas en el parámetro de pataleo ($p=0.3$) y ni de flotación ($p=0.2$) en ninguno de los grupos.

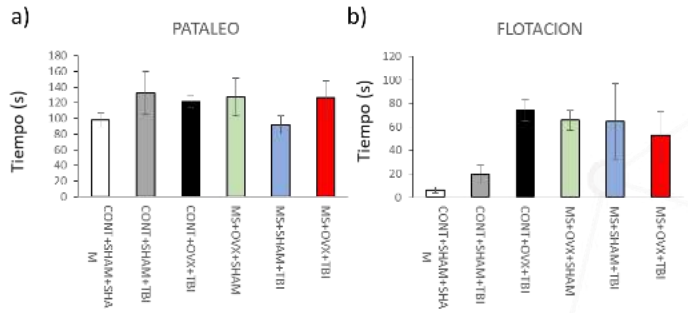


Fig. 2 *Ni la MS, ni la TBI afectan la conducta tipo depresiva en la prueba de nado forzado en las ratas con ovariectomía. a) Se grafica el tiempo en el parámetro de pataleo. b) Se muestra el tiempo en el parámetro de flotación. Control intacto (CONT+SHAM+SHAM), control sin OVX pero con TBI (CONT+SHAM+TBI), control con OVX y TBI (CONT+OVX+TBI), sometido a separación materna y OVX (MS+OVX+SHAM) y sin TBI, con MS sin OVX y con TBI (MS+SHAM+TBI) y con separación maternal, OVX y TBI (MS+OVX+TBI). Prom+EE, N=2-5.*

CONCLUSIONES. En nuestros datos encontramos que solo la combinación de la MS y la TBI disminuyen la conducta tipo ansiosa en presencia de hormonas gonadales.

REFERENCIAS.

1. Bangasser, D. A., & Wicks, B. (2016). Sex-specific mechanisms for responding to stress. Journal Of Neuroscience Research, 95(1-2), 75-82. https://doi.org/10.1002/jnr.23812.
2. Becker, J. B., & Koob, G. F. (2016). Sex Differences in Animal Models: Focus on Addiction. Pharmacological Reviews, 68(2), 242-263. https://doi.org/10.1124/pr.115.011163.
3. Dimatelis JJ, Vermeulen IM, Bugarith K, Stein DJ, Russell VA. Female rats are resistant to developing the depressive phenotype induced by maternal separation stress. Metab Brain Dis. 2016 Feb;31(1):109-19. doi: 10.1007/s11011-015-9723-8. Epub 2015 Sep 7. PMID: 26344502.
4. Goodwill, H. L., Manzano-Nieves, G., Gallo, M., Lee, H., Oyerinde, E., Serre, T., & Bath, K. G. (2018). Early life stress leads to sex differences in development of depressive-like outcomes in a mouse model. Neuropsychopharmacology, 44(4), 711-720. https://doi.org/10.1038/s41386-018-0195-5.
5. Gunnar, M., & Quevedo, K. (2007). The Neurobiology of Stress and Development. Annual Review Of Psychology, 58(1), 145-173. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085605.
6. Gupte, R. P., Brooks, W. M., Vukas, R. R., Pierce, J. D., & Harris, J. L. (2019). Sex Differences in Traumatic Brain Injury: What We Know and What We Should Know. Journal Of Neurotrauma, 36(22), 3063-3091. https://doi.org/10.1089/neu.2018.6171.
7. Hodes, G. E., & Epperson, C. N. (2019). Sex Differences in Vulnerability and Resilience to Stress Across the Life Span. Biological Psychiatry, 86(6), 421-432. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.04.028.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524115**

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS MUCORALES EN MUESTRAS POSITIVAS A COVID-19

Isabel Sinaí Meza Abarca, Martha Isela Ramírez Díaz, Marco Iván Valle Maldonado, Víctor Meza Carmen
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Laboratorio Estatal de Salud Pública

Palabras Clave: Mucormicosis, Coinfección, RT- qPCR, identificación.

RESUMEN. La COVID-19 es una enfermedad viral respiratoria que provoca cuadros leves a severos, siendo ocasionada por el agente etiológico SARS-CoV-2, durante el curso de la infección debido a la hiperinflamación generada, entre el tratamiento prescrito fueron los corticosteroides. Sin embargo, se ha identificado que pueden causar un estado de inmunosupresión en el paciente. Durante la pandemia del COVID-19 se registró un aumento de casos por mucormicosis, la cual es una enfermedad infecciosa de origen fúngico provocada por algunos hongos oportunistas del orden de los Mucorales, entre las principales especies aisladas de humanos se encuentran: Rhizopus arrhizus, Mucor circinelloides y Lichteimia corymbifera. La Mucormicosis se caracteriza por causar necrosis, destrucción tisular y dependiendo de su manifestación clínica muestra tener un índice de hasta 90% de mortalidad siendo aún mayor comparado con otros hongos oportunistas. Además de que la presencia de afecciones favorece el desarrollo de ambos agentes etiológicos, tal es el caso de la diabetes mellitus asociada a cetoacidosis metabólica. Por lo tanto, en este trabajo se realizó una búsqueda de hongos Mucorales en 98 muestras positivas a COVID-19 previamente identificadas por PCR (método de seegene) estas provenientes de las 8 jurisdicciones del Estado de Michoacán, procesadas en el LESP de Michoacán, laboratorio de biología molecular (BSL-2), posteriormente efectuándose una qPCR multiplex utilizando primers, sondas y control RNAsa P humana para la identificación de los géneros R. arrhizus, M. lusitanicus y L. corymbifera. A todo lo anterior, no se encontró material genético de hongos Mucorales en las muestras analizadas. No obstante, se destaca que un aspecto clave en la disminución de la morbimortalidad es la técnica de diagnóstico, la cual debe ser sensible y rápida, para brindar al paciente la terapia adecuada y oportuna. La técnica de qPCR comparada con métodos bioquímicos y cultivo, muestra especificidad aun encontrándose mezclas de patógenos.

INTRODUCCIÓN. La mucormicosis es una infección fúngica oportunista ocasionada por hongos pertenecientes al orden Mucorales entre los principales géneros aislados de humanos se encuentran: Rhizopus, Lichtheimia y Mucor, las esporas fúngicas ingresan al organismo por ingesta, inoculación directa o inhalación. Existen condiciones clínicas que favorecen la aparición de mucormicosis incluyen el trasplante de órganos, diabetes mellitus con o cetoacidosis, el uso de corticosteroides, neoplasias hematológicas, prematurez neonatal, neutropenia prolongada, altos niveles de hierro, etc.

Durante la pandemia del COVID-19 se registró un aumento de casos por Mucormicosis, La COVID-19 es una enfermedad viral respiratoria que provoca resfriado común hasta fallo multiorgánico, es ocasionada por el agente etiológico SARS-CoV-2, durante el curso de la infección debido a la hiperinflamación generada, entre el tratamiento recomendado para contrarrestar la tormenta de citoquinas fue el uso de los fármacos corticosteroides. Sin embargo, se ha descrito que pueden causar efectos adversos sobre la respuesta inmune celular afectando la actividad fagocítica, produciendo trastornos hematopoyéticos, etc., confiriendo al paciente un estado de inmunosupresión. Uno de los problemas más frecuentes en el tratamiento de la mucormicosis son los errores en la identificación o una identificación tardía lo que puede tener consecuencias fatales en el paciente. La técnica molecular de RT-qPCR permite la identificación oportuna del agente causal aún en muestra de diversos patógenos.

ANTECEDENTES. Durante la pandemia del COVID-19, prominentemente en la segunda ola de la pandemia, particularmente en los países como India se observaron ascensos en los casos de coinfección con mucormicosis que se caracteriza por presentar una mayor frecuencia de manifestación clínica rinocerebral que afecta los senos paranasales y puede extenderse al cerebro, entre los síntomas se encuentra dolor facial, congestión nasal y en casos avanzados necrosis de tejidos. La infección por el SARS-CoV-2 puede predisponer el desarrollo de mucormicosis debido a la alteración en el sistema inmunológico, el uso prolongado de corticosteroides y otros tratamientos, aunado a algunos factores de riesgo como diabetes mellitus.

OBJETIVOS. Identificar hongos Mucorales en muestras positivas a COVID-19 en Michoacán, México, mediante la técnica de qPCR multiplex.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Extracción total de RNA total de muestras positivas a COVID-19 en Michoacán, México. Realizar ensayos de RT-qPCR multiplex para identificar los géneros *Rhizopus arrhizus, Mucor lusitanicus y Lichtheimia corymbifera.*

MATERIALES Y MÉTODOS. Identificación previa de muestras positivas a COVID-19 en el período 2022-2024 mediante la técnica de RT-qPCR.

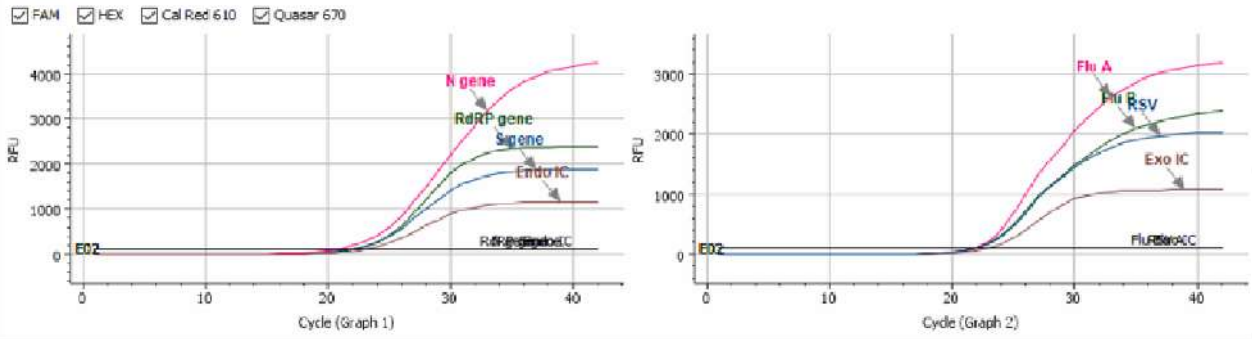


Figura 1. *Controles de expresión de las proteínas virales correspondientes a SARS- CoV-2, influenza A, B y RSV.*

Una vez identificadas se realizó una segunda extracción de ácidos nucleicos totales mediante la técnica de perlas magnéticas para posteriormente realizar una RT-qPCR adicionando una mezcla de reactivos para la identificación de las especies de agentes fungicidas de interés, así como también si esta pertenencia a un ser humano.

Reactivo	µL
Buffer 2X	12.5
Oligonucleótido directo *M. lusitanicus* [10 µM]	0.5
Oligonucleótido Reverso *M. lusitanicus* [10 µM]	0.5
Sonda *M. lusitanicus* [5 µM]	0.5
Oligonucleótido directo *R.arrhizus* [10 µM]	0.5
Oligonucleótido reverso *R. arrhizus* [10 µM]	0.5
Sonda *R. arrhizus*[5 µM]	0.5
Oligonucleótido directo *L. corymbifera* [10 µM]	0.5
Oligonucleótido Reverso *L. corymbifera* [10 µM]	0.5
Sonda *L. corymbifera* [5 µM]	0.5
Oligonucleótido directo RNAsa P [10 µM]	0.5
Oligonucleótido Reverso RNAsa P [10 µM]	0.5
Sonda RNAsa P [5 µM]	0.5
H2O	1
Enzima	0.5
Total	20

Tabla 1. *Composición del máster mix.*

Etapa	Tº
RT	50.0ºC 30'
Desnaturalización	95.0ºC 5'
PCR (45 veces)	60.0ºC 30" 72.0 ºC 30" 95 ºC 15"
Amplificación (45 veces)	72.0ºC 1"

Tabla 2. *Etapas y condiciones preestablecidas de temperaturas en el termociclador.*

Curvas de amplificación correspondientes a secuencias codificantes e las proteínas virales del SARS-CoV-2.

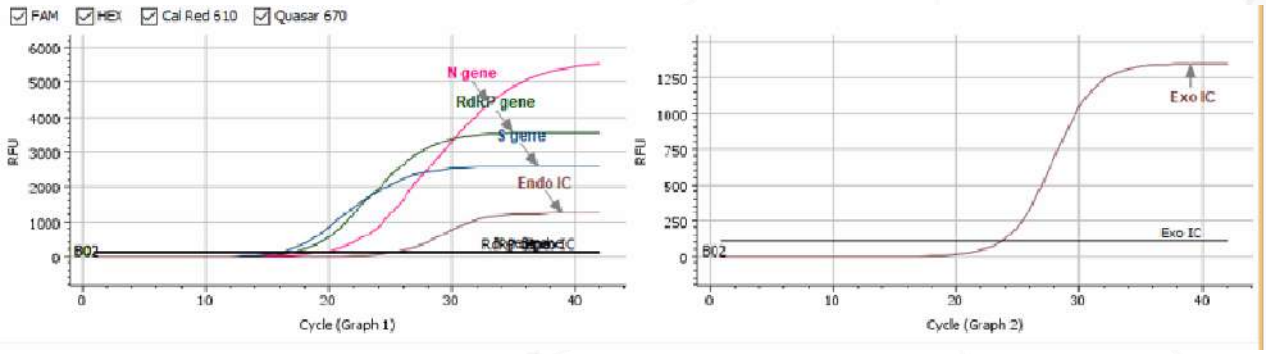


Figura 2.- *Expresión de proteínas virales estructurales: gen N (nucleoproteína), gen S (glicoproteína de espícula) las cuales indican la presencia del SARS-CoV-2, control endógeno humano y control exógeno indicando la adición de la mezcla de reacción.*

Curvas de amplificación de controles positivos para *R. arrhizus, M. lusitanicus y L. corymbifera.*



Figura 3.- *Expresión de controles positivos para R. arrhizus, M. lusitanicus y L. corymbifera.*

Curva de amplificación para el control positivo endógeno humano.

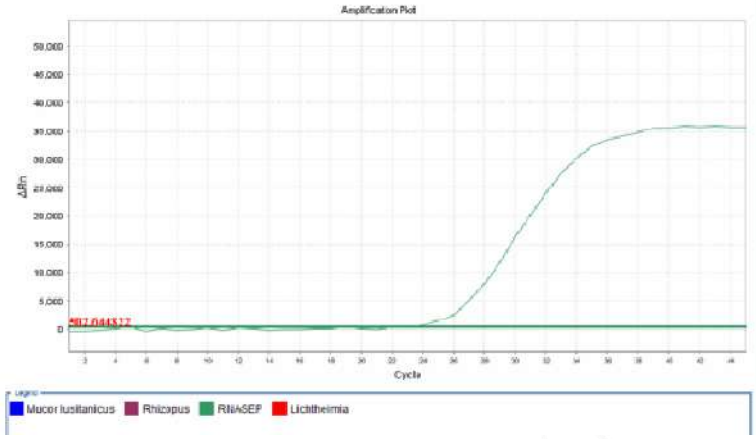


Figura 4.- *Expresión del control endógeno humano dirigido a la RNAsa P humana.*

Curvas de implificación para identificar material genético de R. arrhizus, M. lusitanicus y L. corymbifera en 98 muestras positivas a COVID-19.

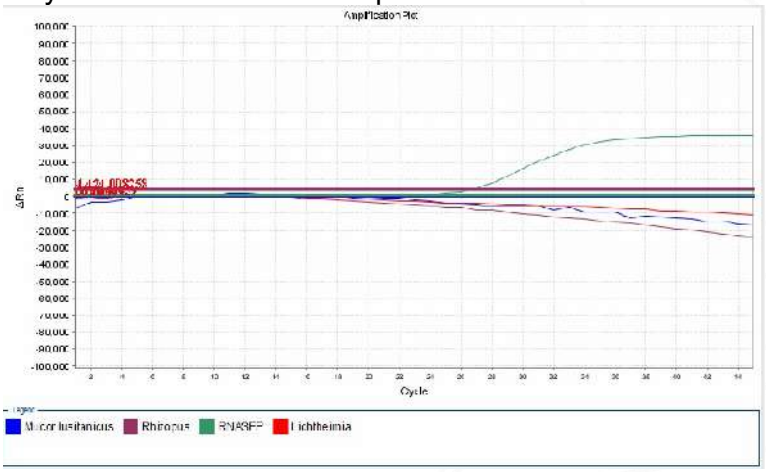


Figura 5.- *Expresión del control endógeno humano y ausencia de material genético de R. arrhizus, M. lusitanicus y L. corymbifera.*

Diferencias en los ciclos de amplificación de los controles endógenos humanos correspondientes al kit de identificación de virus respiratorios e identificación de hongos Mucorales.

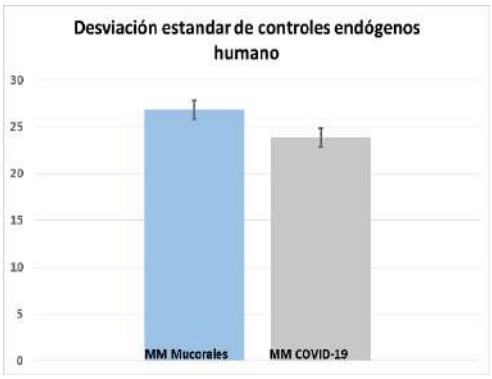


Figura 6.- *Desviación estándar de los ciclos de amplificación de los controles*

CONCLUSIONES. A todo lo anterior, no se encontró material genético de hongos Mucorales en las muestras analizadas. No obstante, se destaca que un aspecto clave en la disminución de la morbimortalidad es la técnica de diagnóstico, en donde se ve implicado el volumen de muestra, la sensibilidad del método, rapidez y facilidad, para brindar al paciente la terapia adecuada y oportuna. La técnica de qPCR comparada con métodos bioquímicos y cultivo, muestra especificidad aun encontrándose mezclas de patógenos.

REFERENCIAS.

1. Laderas, J. et al (2015). Mucormicosis diseminadas en pacientes sin inmunodeficiencias: una enfermedad que también existe. Revista Iberoamericana de Micología, 32(2), 63-70.
2. Lugito, N.et al. (2021). How Does Mucorales Benefit from the Dysregulated Iron Homeostasis During SARS-CoV-2 Infection? Mycopathologia, 186(6), 877-882.
3. Secretaria de salud (2021) Boletín epidemiológico sistema nacional de vigilancia epidemiológica sistema único de información. Dirección general de epidemiología.
4. Secretaria de salud (2024) Lineamientos para la vigilancia por Laboratorio de virus respiratorios. InDRE.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524116**

HEMATURIA MACROSCÓPICA Y SU ASOCIACIÓN CON LA UROLITIASIS EN PACIENTES PEDIÁTRICOS

***Jesús Steven Estrada Barrera*[1], *Jorge Ignacio Tapia Garibay*[2]**
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2132938e@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jorge.tapia@umich.mx

Palabras Clave: Hematuria macroscópica, urolitiasis, litiasis renal, infección urinaria.

RESUMEN. La hematuria macroscópica, que se manifiesta como la presencia visible de sangre en la orina, es un signo clínico relevante en pacientes pediátricos, y puede asociarse a diversas patologías, siendo la urolitiasis una de las más comunes. Este estudio se enfoca en el manejo clínico de un caso pediátrico con litiasis renal bilateral, hematuria y retención aguda de orina. Se describe la evolución del paciente, destacando el uso de estudios de imagen para confirmar el diagnóstico, así como los tratamientos aplicados, que incluyeron antibióticos, punción suprapúbica y bicarbonato de sodio para disolver los cálculos. La pronta intervención mejoró el pronóstico, resolviendo la infección urinaria y la hematuria. Este caso resalta la importancia del diagnóstico temprano y un tratamiento integral en la urolitiasis pediátrica para prevenir complicaciones.

INTRODUCCIÓN. La hematuria macroscópica, caracterizada por la presencia visible de sangre en la orina, es un síntoma clínico relevante en pacientes pediátricos que puede estar asociado a diversas patologías, siendo la urolitiasis una de las más comunes. La urolitiasis, que implica la formación de cálculos en el sistema urinario, puede tener diversas causas, entre ellas trastornos metabólicos, infecciones urinarias o deshidratación. Este síntoma puede manifestarse con dolor abdominal intenso, disuria, y en algunos casos, obstrucción urinaria, lo que puede agravar la condición del paciente. Este análisis se centra en un caso de estudio donde un paciente pediátrico ingresó a urgencias con retención aguda de orina y hematuria macroscópica, lo que permitió el diagnóstico de litiasis renal bilateral. A través de estudios de imagen, como el ultrasonido, se identificaron los cálculos y se iniciaron tratamientos que incluyeron antibióticos, bicarbonato de sodio y procedimientos quirúrgicos, como la punción suprapúbica, para resolver los síntomas y eliminar los cálculos. El abordaje de la urolitiasis en pacientes pediátricos requiere un enfoque integral que combine el uso de pruebas diagnósticas avanzadas con terapias farmacológicas y, en ocasiones, intervenciones quirúrgicas. A pesar de la relación frecuente entre hematuria y urolitiasis, es importante señalar que la ausencia de hematuria no descarta la presencia de cálculos, por lo que se destaca la relevancia de los estudios de imagen para un diagnóstico certero. Este estudio pone en evidencia la efectividad de los tratamientos aplicados, mejorando el pronóstico clínico y reduciendo las complicaciones asociadas. Además, el tratamiento de la hematuria macroscópica en pacientes pediátricos con urolitiasis refleja la necesidad de un manejo oportuno que incluya la identificación de la causa subyacente y la implementación de intervenciones terapéuticas precisas, lo que contribuye a una recuperación más rápida y efectiva en estos pacientes.

ANTECEDENTES. La relación de la hematuria macroscópica y la urolitiasis en pacientes pediátricos destacan la relevancia de estas condiciones en el ámbito médico, especialmente en el diagnóstico diferencial de las enfermedades urinarias. La hematuria macroscópica, que se manifiesta como sangre visible en la orina, es un síntoma alarmante que puede deberse a múltiples causas, como infecciones urinarias, nefrolitiasis e hipercalciuria. Su aparición en niños requiere una evaluación cuidadosa, ya que podría ser indicativa de trastornos graves como la urolitiasis. La urolitiasis, definida como la formación de cálculos en el tracto urinario, es una de las causas más comunes de dolor abdominal agudo y hematuria en la población pediátrica. Su incidencia varía según la población estudiada, pero estudios como el de Hakaari et al. Del departamento de Nefrología de la universidad de Marmara en Turquía, informan que la hematuria macroscópica está presente en el 21.6% de los niños con urolitiasis, lo que la convierte en un síntoma crucial en el diagnóstico temprano. De manera similar, en un estudio de Alpay et al. De la sociedad de pediatría de São Paulo, identificaron que la hematuria macroscópica es una de las quejas más frecuentes entre los pacientes pediátricos diagnosticados con cálculos urinarios, aunque no especificaron la tasa exacta de incidencia. El diagnóstico preciso de la urolitiasis es de suma importancia debido a las posibles complicaciones que puede acarrear, como obstrucciones urinarias, infecciones y deterioro de la función renal. La identificación de cálculos en el sistema urinario suele realizarse mediante ultrasonido, que es una herramienta eficaz para visualizar la presencia de cálculos, especialmente en niños, dado que no expone al paciente a radiación. Es crucial resaltar la importancia de la hematuria macroscópica en el diagnóstico diferencial, ya que su presencia obliga a considerar la urolitiasis como una causa potencial, especialmente en niños que presentan otros síntomas como dolor abdominal o disuria. Aunque la hematuria no es exclusiva de la urolitiasis, la alta prevalencia de esta condición en pacientes pediátricos con cálculos urinarios subraya la necesidad de un enfoque diagnóstico riguroso. Los tratamientos, que van desde el manejo conservador hasta la intervención quirúrgica, dependen de la severidad del cuadro clínico, lo que resalta la importancia de un diagnóstico temprano y preciso para evitar complicaciones mayores.

OBJETIVOS. Evaluar los aspectos clínicos de la hematuria macroscópica en pacientes pediátricos, con especial énfasis en su relación con la urolitiasis.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar la prevalencia de hematuria macroscópica en pacientes pediátricos con diagnóstico de urolitiasis. Identificar los factores de riesgo asociados a la coexistencia de hematuria y urolitiasis en niños. Evaluar la eficacia de los tratamientos aplicados en la resolución de la hematuria macroscópica y la disolución de cálculos renales en pacientes pediátricos

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó una revisión exhaustiva y seguimiento detallado de la evolución clínica de un paciente pediátrico que ingresó al servicio de urgencias del Hospital Infantil “Eva Sámano López Mateos” en Morelia, Michoacán, durante el período comprendido entre el 21 de octubre de 2020 y el 5 de noviembre de 2020. El paciente presentó un cuadro clínico caracterizado por retención aguda de orina y hematuria macroscópica. Además, ya se había intentado previamente el manejo con una sonda Foley, la cual resultó inefectiva para drenar la vejiga. Ante la urgencia urológica, se decidió realizar una punción suprapúbica, utilizando un catéter bioflux, y se llevó a cabo una dilatación

asistida mediante dilatador, lo que permitió un drenaje eficaz de la orina retenida. Para complementar este tratamiento y mejorar la condición del paciente, se indicó la aplicación de una crema tópica, Aceler Co, en la región del pene, a fin de promover la recuperación de la zona afectada por el uso de la sonda. Posteriormente, el paciente fue transferido al área de cirugía pediátrica, donde se ordenaron diversos estudios de gabinete y laboratorio. Entre ellos, un ultrasonido renal que reveló la presencia de litiasis renal bilateral. Para confirmar el diagnóstico y evaluar el estado general del paciente, se solicitaron estudios de laboratorio adicionales, que incluyeron biometría hemática (BH), química sanguínea (QS), grupo sanguíneo y factor Rh, examen general de orina (EGO) y un urocultivo. Este último reveló la presencia de 35,000 UFC/mL de bacilos gram negativos, específicamente Escherichia coli productora de beta-lactamasa, resistente a cefalosporinas. Inicialmente, se administró un tratamiento antibiótico empírico con ceftriaxona, acompañado de paracetamol para el control del dolor y la fiebre, vitamina K para apoyar la coagulación, y bicarbonato de sodio con el objetivo de alcalinizar la orina y promover la disolución de los cálculos renales. Sin embargo, tras obtener los resultados del urocultivo, que indicaron la resistencia bacteriana a cefalosporinas, se ajustó el tratamiento, reemplazando la ceftriaxona por nitrofurantoína, un antibiótico más específico para este tipo de infección. El paciente fue mantenido en observación durante el resto de su estancia hospitalaria para evaluar su evolución clínica y la respuesta al tratamiento aplicado. Este manejo integral permitió resolver tanto la infección urinaria como la hematuria macroscópica, y facilitó la recuperación del paciente, quien mostró una notable mejoría tras el ajuste del esquema terapéutico y la intervención quirúrgica realizada

RESULTADOS. El manejo de la retención aguda de orina en el paciente pediátrico fue exitoso gracias a la realización de una punción suprapúbica y el uso de un catéter venoso central, lo que permitió un drenaje efectivo de la vejiga y alivió de inmediato los síntomas urinarios del paciente. Este procedimiento fue crucial debido a la ineficacia de la sonda Foley previamente colocada, la cual no logró el drenaje adecuado de la orina acumulada. La punción suprapúbica, al ser una técnica mínimamente invasiva, permitió un acceso rápido y seguro a la vejiga sin comprometer el estado general del paciente. El tratamiento antibiótico con nitrofurantoína demostró ser altamente efectivo para combatir la infección urinaria causada por *Escherichia coli* productora de beta-lactamasa, una bacteria resistente a cefalosporinas. La nitrofurantoína actúa a nivel molecular interfiriendo en los procesos bacterianos, dañando el ADN de la bacteria y bloqueando la síntesis de proteínas, lo que conduce a su eliminación. Este cambio en el esquema antibiótico fue determinante para la resolución de la infección, considerando que la ceftriaxona administrada inicialmente no habría sido suficiente debido a la resistencia bacteriana detectada en los estudios de laboratorio. Por otro lado, la administración de bicarbonato de sodio tuvo un papel clave en la disolución de los cálculos renales. Al alcalinizar la orina, el bicarbonato modificó el pH del ambiente urinario, facilitando la disolución de los cálculos, que probablemente estaban compuestos de ácido úrico o cistina, sustancias más solubles en medios alcalinos. Además, este tratamiento contribuyó a la mejora de la hematuria macroscópica, resolviendo no solo el problema de la retención urinaria, sino también la presencia de sangre visible en la orina. En conjunto, este enfoque integral permitió la recuperación satisfactoria del paciente, abordando tanto la infección como la litiasis y sus síntomas asociados.

CONCLUSIONES. La hematuria macroscópica es un signo clínico muy frecuente en pacientes pediátricos con urolitiasis, siendo uno de los principales indicios que lleva a sospechar la presencia de cálculos renales, como se evidenció en el caso presentado. No obstante, aunque su relación con la urolitiasis es elevada, su presencia no es exclusiva de esta condición, y su ausencia tampoco descarta su diagnóstico. Por ello, aunque es un signo importante, no debe ser considerado un indicador confirmatorio absoluto. La realización de estudios de imagen y pruebas complementarias es esencial para establecer un diagnóstico certero y proporcionar un tratamiento oportuno y adecuado.

REFERENCIAS.

1. Alnazari, M., Bakhsh, A., Shaqroon, H. A., Rajih, E. S., Al-Nakshabandi, N. A., & Rabah, D. M. (2024). Hematuria: Is it useful in predicting renal or ureteral stones in patient presenting to emergency department with flank pain? Urology Annals, 16(1), 71-74. https://doi.org/10.4103/ua.ua_66_23
2. Shastri, S., Patel, J., Sambandam, K. K., & Lederer, E. D. (2023). Kidney stone pathophysiology, evaluation, and management: Core curriculum 2023. American Journal of Kidney Diseases, 82(5), 617-634. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2023.03.017
3. Nagendra, V., Dhande, R., Mishra, G., Reddy, N. G., & Gowda, H. (2023). Hematuria as a sign of kidney stone disease evaluated using computed tomography: A review. Cureus, 15(4), e38064. https://doi.org/10.7759/cureus.38064
4. Elsayed, E. F., & Reilly, R. F. (2010). Rhabdomyolysis: A review, with emphasis on the pediatric population. Pediatric Nephrology, 25(1), 7–18. https://doi.org/10.1007/s00467-009-1231-9
5. Maciel, I. M., Pereira, I. B., Schieferdecker, M. E. M., Koch, V. H., & Bouzada, M. C. (2018). Evaluation of functioning and associated factors in children and adolescents with osteogenesis imperfecta. Revista Paulista de Pediatria, 36(3), e20180009. https://doi.org/10.1590/1984-0462/;2018;36;3;00009

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524118**

ELABORACIÓN DE UNA BOTANA PROTEICA A BASE DE AVENA, SOYA Y AJONJOLÍ PARA NIÑOS CON DESNUTRICIÓN CALÓRICO-PROTEICA

Valeria Julieth Urbina Calderón1, Ana Gabriela Campos Arroyo2, Tania Hernández Moreno3

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología; aperez@gmail.com

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología. ana.campos@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Enfermería. tania.moreno@umich.mx

Palabras Clave: Alimentación, desnutrición, escolares.

RESUMEN. En Michoacán 63 mil niños sufren desnutrición crónica, siendo la desnutrición calórico-proteica la que afecta principalmente a niños en edad escolar. Las causas de esta condición incluyen pobreza, infecciones, enfermedades crónicas, prácticas alimentarias inadecuadas, condiciones prenatales y de lactancia, y factores socioeconómicos y educativos. Por lo que es importante invertir en la primera infancia a través del acceso a alimentos que aporten nutrientes que cubran las necesidades nutrimentales de cada niño. El objetivo del presente estudio fue elaborar una botana a base de avena, soya y ajonjolí para niños con desnutrición calórico-proteica. El enfoque fue cuantitativo, experimental. La muestra fue no probabilística, por conveniencia. Se seleccionaron a niños de 7 años de edad, cuyos padres autorizaron su participación y firmaron el consentimiento informado. Para determinar el grado de desnutrición se evaluarán a los niños mediante las gráficas y patrones de crecimiento y desarrollo de la OMS, además se realizarán mediciones antropométricas para la obtención del cálculo del área media del brazo, área grasa del brazo y área muscular del brazo. Posteriormente se implementará un plan de alimentación personalizado, en donde a un grupo se incluirá en su dieta una botana proteica elaborada a base de avena, soya y ajonjolí, de forma complementaria para que los niños alcancen el objetivo deseado. Pasadas 4 semanas se volverán a realizar las mediciones antropométricas iniciales. Como resultado preliminar, se elaboró una botana a la cual se le realizó una evaluación sensorial y una escala hedónica de 5 puntos correspondiente a un color café claro, textura crujiente, sabor y olor característico ligero a soya, con aceptabilidad buena (me gusta mucho), un diámetro de 3 cm y un grosor de 2 mm, con un contenido de 6.8 gramos de proteína y un aporte calórico de 81.8 kcal y sin ningún sello de advertencia. Cabe mencionar que este estudio sigue en curso en la etapa de implementación en la dieta de los niños.

INTRODUCCIÓN. Los niños en edad escolar son especialmente vulnerables a desarrollar algún tipo de desnutrición, ya sea por una dieta deficiente en cantidad o calidad, por la presencia de enfermedades crónicas, o debido a condiciones prenatales adversas. Estos factores suelen tener su origen en un acceso limitado a alimentos nutritivos, la falta de servicios de salud adecuados, un saneamiento ambiental deficiente, y prácticas inadecuadas de cuidado en el hogar. Además, las causas subyacentes de estos problemas

pueden estar relacionadas con una distribución desigual de recursos, conocimientos y oportunidades dentro de la sociedad (Hernández et al., 2009). En México, hasta el 2022, la desnutrición crónica fue el principal problema nutricional que afectó al 14.2 % de la población infantil, es decir, aproximadamente 1.3 millones de niños. Las regiones del sur del país tenían las tasas más altas, con 1 de cada 5 niños con retraso en el crecimiento. Comparado con las Encuestas Nacionales de Salud y Nutrición (Ensanut) desde 2012, la reducción de la desnutrición crónica ha sido poca (Lazcano y Shamah, 2022). Por su parte, la desnutrición calórico-proteica es una condición que resulta de una deficiencia absoluta o relativa en el consumo de calorías y proteínas. Este problema nutricional puede clasificarse en dos tipos: desnutrición primaria, que es causada por un consumo insuficiente de alimentos, y desnutrición secundaria, que se presenta como consecuencia de otras enfermedades. Los extremos de esta condición son conocidos como marasmo y kwashiorkor (Saunders y Igel, 2021).

El tratamiento de la desnutrición calórico-proteica en niños requiere no sólo una ingesta nutricional adecuada para promover el crecimiento y desarrollo, sino también una selección de alimentos que sean tanto nutritivos como agradables al paladar de los niños. Por lo que, el propósito del apoyo nutricional en niños que padecen desnutrición calórico-proteica leve o moderada es incrementar gradualmente su consumo de alimentos hasta proporcionar alrededor de 150 a 200 kilocalorías por kilogramo de peso corporal al día. Además, se debe garantizar una ingesta de proteínas de alto valor biológico de entre dos a tres gramos por kilogramo de peso. Este enfoque tiene como objetivo favorecer una ganancia de peso diaria, permitiendo que el niño supere la fase aguda de desnutrición, alcanzando al menos entre el 80 y 90 % del peso adecuado para su estatura y logrando su percentil de crecimiento normal (Martínez y García-Aranda, s.f.). En este sentido, los ingredientes propuestos en esta investigación para la elaboración de la botana, como la avena, la soya y el ajonjolí, ofrecen características que pueden ser altamente beneficiosas para abordar este problema nutricional. Por su parte, la avena (Avena sativa) es un cereal integral que se distingue por su elevado contenido de carbohidratos, especialmente almidón, y por ser una fuente de proteínas de alta calidad con un perfil balanceado de aminoácidos esenciales, lo que lo hace más nutritivo que otros cereales (Gómez et al., 2017). Uno de los componentes más destacados de la avena es el β-glucano, una fibra soluble que desempeña un papel crucial en la reducción de los niveles de colesterol, la disminución de la respuesta insulínica plasmática, y el control del peso corporal gracias a su efecto saciante. Estos beneficios también contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Gualoto, 2021). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un consumo diario de avena de entre 25 y 30 gramos (Gómez et al., 2017). Por otro lado, la soya (Glycine maxes) es ampliamente reconocida como una fuente principal de proteína vegetal para el consumo humano y animal, con una concentración proteica que representa alrededor del 40% de su materia seca en su forma integral. Cuando se somete a un procesamiento adecuado, la proteína de soya alcanza una calidad nutricional comparable a la de la clara de huevo y la caseína, gracias a su perfil equilibrado de aminoácidos esenciales, que incluye isoleucina, leucina, lisina, metionina, cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina e histidina. Aunque su contenido de metionina y triptófano es relativamente bajo, esta deficiencia puede compensarse al combinar la soya con cereales, lo que genera una proteína tan completa como las de origen animal (De Luna, 2006). Por último, el ajonjolí (Sesamum indicum) es una planta herbácea rica en ácidos grasos esenciales, como la omega 3 y 6, que ayudan a reducir los niveles de colesterol LDL y triglicéridos. Su alto contenido de fibra contribuye a la regulación de la función intestinal, y

también es una fuente importante de minerales como calcio, hierro y zinc, que son esenciales para mantener una buena salud (García et al., 2016). Además, al no contener gluten es una buena opción para las personas que sufren de enfermedad celíaca, y por su contenido proteico es considerado como opción para el aislamiento de proteínas y la preparación de complementos alimenticios, especialmente después de habérsele extraído el aceite (Tejada, 2018).

ANTECEDENTES. En un estudio realizado por Talavera et al. (2021) se sugiere que el consumo diario durante un año de un suplemento alimenticio listo para consumir (SALC) en una dosis individual de cuatro galletas, equivalente a 250 kcal, 6 g de proteína, 12 g de lípidos y 29.5 g de carbohidratos, formuladas con alimentos ricos nutrimentalmente, como avena, cacahuate, leche, huevo y fortificados con vitaminas y minerales, promovió la recuperación de la desnutrición aguda leve hasta en 82.2 % de los niños. Otro estudio realizado por Gordillo y Viteri (2020) reveló que el consumo de un snack de harina de machiaca y frutos secos que contenía en porciones de 20 g: energía (497.40 cal/100 g), carbohidratos (63.46 g/100 g), y proteínas (6.40 g/100 g), más una dieta balanceada, durante un mes impactó de forma positiva en el aumento de peso y talla de niños entre 5-10 años y por lo tanto mejoró el estado nutricional de los infantes.

OBJETIVO. Elaborar una botana a base de avena, soya y ajonjolí para niños con desnutrición calórico-proteica.

MATERIALES Y MÉTODOS. El enfoque fue cuantitativo, experimental. La muestra fue no probabilística, por conveniencia. Se seleccionaron a niños y niñas de 7 años de edad, cuyos padres autorizaron su participación y firmaron el consentimiento informado. Para determinar la presencia de desnutrición se evaluarán el peso para la edad y talla para la edad de los niños y niñas mediante las gráficas y patrones de crecimiento y desarrollo de la OMS, además se realizarán otras mediciones antropométricas; como la circunferencia media de brazo y el pliegue cutáneo tricipital para la obtención del área media del brazo, área grasa del brazo y área muscular del brazo con el objetivo de percentilar los resultados de acuerdo a las tablas de Frisancho 1990.
Posteriormente se brindará un plan de alimentación personalizado a las características de cada niño o niña, en donde, además, a un grupo se incluirá como snack una vez al día, el consumo de 50 g de la botana proteica a base de avena, soya y ajonjolí de forma complementaria, con el objetivo de aumentar su consumo calórico y proteico en su dieta y así lograr un peso saludable dentro de los rangos para su estatura y edad. Pasadas 4 semanas se volverán a realizar las mediciones antropométricas para compararlas con los resultados iniciales.

RESULTADOS. La botana elaborada a base de avena, soya y ajonjolí presentó las siguientes características organolépticas y medidas: un color café claro y una textura crujiente. Su sabor y olor son característicos, con un toque ligero a soya. Las dimensiones de la botana son un diámetro de 3 cm y un grosor de 2 mm (Figura 1). En la prueba sensorial la botana tuvo una aceptación general de “me gusta mucho”.



Figura 1. *Botana de avena, soya y ajonjolí.*

En cuanto a la composición nutricional se analizaron los nutrientes de cada ingrediente de la botana (avena, soya texturizada, ajonjolí y sal) por separado. Con esta información se elaboró una tabla nutricional ilustrada en la Tabla 1, donde se incluyen las cifras y las unidades correspondientes a cada nutriente declarado según corresponda.

Tabla 1. Información nutricional en porciones de 100 g y 30 g de la botana.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
	Por 100 g	Por 30 g
Energía	272.7 kcal	81.8 kcal
Proteína	22.6 g	6.8 g
Grasas totales	6.5 g	2.0 g
Grasas saturadas	0.5 g	0.1 g
Grasas trans	0.0 g	0.0 g
Carbohidratos totales	33.9 g	10.2 g
Azúcares añadidos	0.0 g	0.0 g
Fibra	10.1 g	3.0 g
Sodio	300.7 mg	90.2 mg

Nota. Los datos de la soya, avena y sal fueron obtenidos de FatSecret, (s.f.a, b y c) y los datos del ajonjolí fueron obtenidos de Herbazest, (s.f.)

La botana no presenta sellos de advertencia conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 sobre el etiquetado de alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados, ya que cumple con los límites establecidos para azúcares añadidos, grasas saturadas, sodio y calorías.

Es importante mencionar que esta investigación aún se encuentra en curso, una vez elaborada la botana, la siguiente fase consiste en implementarla dentro de la alimentación de los niños para saber su efecto en la desnutrición.

CONCLUSIONES. La botana de avena, soya y ajonjolí mostró una alta aceptación general y no presenta sellos de advertencia, lo que la convierte en una opción adecuada para niños con desnutrición calórico-proteica. Su perfil nutricional balanceado y su aceptación positiva sugieren que puede ser un complemento favorable en la dieta de estos niños, contribuyendo a mejorar su estado nutricional de manera segura y efectiva.

REFERENCIAS.

1. De Luna, A. (2006). Valor nutritivo de la proteína de soya. Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 14(36), 29-34. https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf
2. Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2010). Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-información comercial y sanitaria. https://www.calidadsanitaria.com/wp-content/uploads/2018/07/NOM-051-SCFI-SSA-2010.pdf
3. FatSecret. (s.f.a). Avena - Información nutricional y calorías. https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/avena
4. FatSecret. (s.f.b). Sal - Información nutricional y calorías. https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/sal?portionid=56639&portionamount=100,000
5. FatSecret. (s.f.c). Soja texturizada - Información nutricional y calorías. FatSecret. https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/soja-texturizada
6. García, R., Quiroz, M. G., Rubio, F. I., y Sosa, M. E. (2016). TOPOJI, totopos enriquecidos con amaranto y ajonjolí, sabor chipotle. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1(2), 698-702. http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/8/122.pdf
7. Gómez, A., Ceballos, I., Ruiz, E., Rodriguez, P., Valero, T., Ávila, J. M., y Varela, G. (2017). Datos actuales sobre las propiedades nutricionales de la avena. https://www.fen.org.es/storage/app/media/PUBLICACIONES%202017/INFORME%20AVENA_FEN_v2_2017__AvenaFEN2017_ok%201.pdf
8. Gordillo M., y Viteri T. (2020). Elaboración de snack con harina de machiaca y frutos secos para combatir la desnutricion en Unidad Educativa Monte Sinaí Guayaquil-Ecuador. Revista Ingenieria Química y Desarrollo. 2(02), 78-87. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9499482
9. Gualoto, J. (2021). Evaluación nutricional de la oca, mashua, quinua y avena para su uso en la elaboración de muesli. [tesis de licenciatura, Escuela superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/15542/1/27T00495.pdf
10. Herbazest. (s.f.). Ajonjolí. Herbazest. https://www.herbazest.com/es/hierbas/ajonjoli
11. Hernández, R.I., Argüelles, M.L., González, C.M.E., Méndez, I.D., Cervantes, R.M., Luna, V.F., López, L.M.R.R. y Pluma, Q.M. (2009). Aceptación cultural de preparaciones alimentarias contra la desnutrición infantil en el municipio de Benito Juárez, Tlaxcala, México. Revista Médica de la Universidad Veracruzana, 9(S1), 14-21. https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=27877
12. Lazcano, E. C., y Shamah, T. (2023). La salud de los mexicanos en cifras: resultados de la Ensanut 2022. Instituto Nacional de Salud Pública. https://www.insp.mx/informacion-relevante/la-salud-de-los-mexicanos-en-cifras-resultados-de-la-ensanut-2022
13. Martínez, G. y García-Aranda, J. A. (s.f.). Desnutrición energético-proteínica. http://www.oda-alc.org/documentos/1341931828.pdf
14. Saunders K.H., y Igel L.I. (2021). Desnutrición proteínico-energética. Papadakis M.A., McPhee S.J., y Rabow M.W.(Eds.), Diagnóstico clínico y tratamiento 2021. McGraw-Hill Education. https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3002&sectionid=255806644
15. Talavera, J., García-Vilchis, M., Labrada-Alba, T., Olvera-Flores, F., Martínez-Jaureguiberry, M. y Salgado-Enríquez, B. (2020). Prevención de desnutrición aguda moderada con un suplemento alimenticio listo para consumir en niños preescolares de comunidades rurales. Gac. Méd. Méx. 156(6), 509-518. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132020000600509
16. Tejada, M. (2018). Estudio sobre grano de ajonjolí (Sesame indicum sp.) y su procesamiento en la actualidad. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/24282/matejadar.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524119**

EFECTO CITOTÓXICO DE UN EXTRACTO LIPÍDICO (LEAS) DE LA SEMILLA DE AGUACATE NATIVO MEXICANO (Persea americana var. drymifolia) EN CÉLULAS DE CÁNCER DE MAMA TRIPLE NEGATIVO

Daniela Paola Durán Vargas[1], Valeria Punzo Mora[1], Ana Carolina Tirado Garibay [1], Alejandra Hernández García[1], Rafael Salgado Garciglia[2], Alejandra Ochoa Zarzosa[1], Joel Edmundo López Meza [1]

1Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología -FMVZ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Mich., CP. 58893, México. Email: 2110807b@umich.mx, 1050629h@umich.mx

2Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Edificio B3, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Múgica S/N, Morelia 58030, Michoacán, México.

Palabras Clave: LEAS, apoptosis, caspasas, cáncer de mama.

RESUMEN. El cáncer de mama es una de las principales causas de muerte a nivel mundial, siendo el subtipo triple negativo el de peor pronóstico debido a su fenotipo metastásico y carencia de blancos terapéuticos. Por lo anterior, se buscan alternativas de tratamiento contra este tipo de cáncer que complementen el esquema terapéutico actual. En el grupo de trabajo se obtuvo y caracterizó un extracto lipídico (LEAS) del aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia), el cual ha demostrado tener actividad citotóxica en distintas líneas celulares de cáncer humano. Previamente se determinó que LEAS afecta la viabilidad celular de la línea MDA-MB-231 de cáncer de mama triple negativo de una manera dependiente de la concentración, con una IC50 de 164 µg/µL a las 24 h de exposición. Sin embargo, se desconoce el mecanismo de muerte que provoca el extracto en esta línea celular, motivo por el cual en este trabajo se analizó el tipo de muerte celular que induce LEAS en las células MDA-MB-231. Los resultados indican que LEAS induce apoptosis a las 24 h de exposición, además se observó un incremento de la actividad de la caspasa 9, que indica la activación de la apoptosis intrínseca. Lo anterior demuestra que LEAS es citotóxico contra células de cáncer de mama triple negativo a través de la apoptosis intrínseca.

INTRODUCCIÓN. La célula es la unidad básica de la vida, la cual crece, se multiplica y muere. Existen varios mecanismos de muerte, siendo la apoptosis el más frecuente. Esta muerte celular desencadena procesos ordenados que permiten la contención de los restos celulares. Por el contrario, la necrosis se caracteriza por la ruptura de la membrana plasmática y la dispersión de los componentes celulares. La necrosis provoca procesos inflamatorios que pueden afectar la integridad de los pacientes, mientras que la apoptosis es una muerte limpia con menores complicaciones. Esta última puede ser inducida por dos vías de señalización: la vía intrínseca, activada por la liberación de factores pro-apoptóticos mitocondriales (como el citocromo c), y la vía extrínseca, activada a través de receptores de muerte que se expresan en la superficie celular (Del Re et al., 2019). Este proceso permite eliminar células dañadas; sin embargo, se encuentra alterado en células

cancerosas permitiendo la formación de tumores (NIH, 2021). El cáncer de mama es el tipo de cáncer más común en las mujeres a nivel mundial y se caracteriza por una proliferación sostenida y el desarrollo de metástasis. El subtipo triple negativo representa el 10-15% de los tumores de seno y a su vez es el que tiene el peor pronóstico debido a la carencia de blancos terapeúticos (WHO, 2024). El esquema terapéutico actual incluye procedimientos como la cirugía, radioterapia y quimioterapia; sin embargo, estos tienen efectos secundarios (ACS, 2022). Por lo anterior, se han buscado nuevas fuentes de moléculas que puedan ser empleadas contra esta patología. En este sentido, el fruto del aguacate (Persea americana) es una fuente rica en moléculas bioactivas, como los ácidos grasos y los péptidos antimicrobianos. En el grupo de trabajo se obtuvo y caracterizó un extracto lipídico (LEAS) del aguacate nativo mexicano (P. americana var. drymifolia), el cual ha demostrado ser citotóxico para varias líneas celulares de cáncer (Ochoa-Zarzosa et al., 2021), como la línea MDA-MB-231 de cáncer de mama triple negativo (Punzo-Mora, datos no publicados); sin embargo, se desconoce el mecanismo involucrado en este proceso. Por lo anterior este proyecto tuvo como objetivo determinar el tipo de muerte celular que induce LEAS en las células de cáncer de mama triple negativo.

ANTECEDENTES. El extracto lipídico (LEAS) de la semilla del aguacate nativo mexicano (P. americana var. drymifolia) es citotóxico en distintos tipos de células cancerosas, incluyendo células de leucemia, colon, osteosarcoma canino y cáncer de mama (Ochoa-Zarzosa et al., 2021). Se ha observado que LEAS activa la apoptosis en células de cáncer de mama luminal MCF-7 (Solís-Avilés, 2021). Sin embargo, se desconoce el efecto de este extracto sobre la viabilidad de las células MDA-MB-231.

OBJETIVO. Determinar la toxicidad y el tipo de muerte celular que induce el extracto lipídico (LEAS) de la semilla del aguacate nativo mexicano (P. americana var. drymifolia) en las células MDA-MB-231 de cáncer de mama triple negativo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Cultivo celular y tratamientos. Las células de cáncer de mama triple negativo (MDA-MB-231) fueron cultivadas en medio DMEM suplementado con suero fetal bovino (5%), suero de ternera (5%), L-glutamina (0.05%), penicilina/estreptomicina (1%) y anfotericina (0.05%) a 37 °C y 5% de CO2, hasta alcanzar una confluencia del 90%. Para los ensayos de viabilidad, la línea celular fue expuesta a medio suplementado (M+), medio sin suplementar (M-), DMSO (0.5 %) como vehículo, LEAS (1-150 µg/mL) y actinomicina D como control de muerte celular. Por otro lado, para los ensayos de citometría de flujo se utilizó DMSO (0.5%) como vehículo, actinomicina D (16 µM) como control positivo de muerte celular por apoptosis, EDTA (0.5 mM) como control positivo de muerte por necrosis y LEAS (164 µg/µL) que representa la IC50 del extracto a las 24 h de exposición.

Evaluación de viabilidad. Se cultivaron 20,000 células/pozo de la línea MDA-MB-231 en una placa de 96 pozos con medio DMEM suplementado por 24 h, pasado ese tiempo se sincronizaron con medio F12 sin rojo fenol y sin suplementar durante 18 h. Posteriormente se colocaron los tratamientos antes mencionados. Después de 24 h se recuperaron los sobrenadantes y las células con tripsina (0.04%) y se realizaron conteos celulares con azul tripano (1:1) en un contador de células automatizado TC2OTM (Bio-Rad). Los ensayos se realizaron por triplicado.

Citometría de flujo: Determinación del tipo de muerte celular. Se cultivaron 80,000 células/pozo de la línea MDA-MB-231 en una placa de 24 pozos con medio DMEM suplementado por 24 h. Pasado ese tiempo, las células se sincronizaron con el medio F12 sin rojo fenol y sin suplementar por 18 h. Luego se colocaron los tratamientos antes mencionados por 24 h. Posteriormente, se recuperaron las células con tripsina (0.04%), se centrifugaron a 1,500 rpm por 15 min y se realizó un lavado con PBS. Finalmente, las células se incubaron con anexina V/7AAD según las indicaciones del fabricante. La lectura se realizó en un citómetro BD Accuri C6 ajustado a 10,000 eventos. Los ensayos se realizaron por duplicado.

Citometría de flujo: Caspasas. Se cultivaron 80,000 células/pozo de la línea MDA-MB-231 en una placa de 24 pozos con medio DMEM suplementado durante 24 h. Después se sincronizaron con medio F12 sin rojo fenol y sin suplementar por 18 h. Pasado este tiempo, se colocaron los tratamientos antes mencionados e inhibidores de caspasas (1 µg/µL) por 24 h. Se evaluaron las caspasas 8 y 9 utilizando el kit de caspasas de Invitrogen e inhibidores para las mismas, los cuales fueron proporcionados por el fabricante. Se utilizaron los fluorocromos en una dilución 1:10 y se incubaron por 30 min a 37°C, posteriormente se realizaron 2 lavados con PBS y se prosiguió con la lectura en el citómetro de flujo ajustado a 10,000 eventos. Los ensayos se realizaron por duplicado.
Análisis de datos. Los datos de viabilidad fueron analizados con el software GraphPad v8 mediante la prueba t-student. Los resultados de citometría de flujo obtenidos fueron compensados en el citómetro Accuri C6 y analizados en el programa FlowJo v10.

RESULTADOS. Se evaluó el efecto de LEAS sobre la viabilidad de las células MDA-MB-231, se utilizaron concentraciones en el rango de 1-250 µg/mL por 24 h. Los resultados mostraron que LEAS afectó la viabilidad de las células MDA-MB-231 de una manera dependiente de la conecentración a partir de 50 µg/mL (**Fig. 1**), obteniendo una IC_{25} = 75.19 µg/mL y una IC_{50} = 164.89 µg/mL.

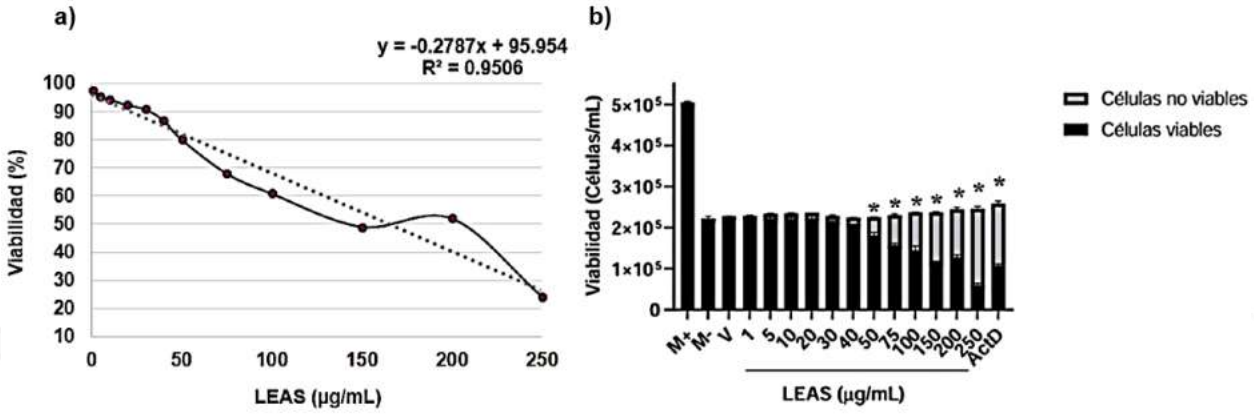


Figura 1. LEAS afecta la viabilidad de las células MDA-MB-231. *Las células MDA-MB-231 fueron expuestas durante 24 a LEAS (1-250 µg/mL). Medio F12 con rojo fenol suplementado (M+), medio F12 sin rojo fenol sin suplementar (M-), vehículo DMSO 0.01% (V) y actinomicina D 16 µM (ActD). a) Los datos fueron sometidos a una regresión lineal para el cálculo de la concentración letal media. b) Se representan las células totales evaluadas, separadas en viables y no viables. Los asteriscos muestran significancia estadística respecto al vehículo. t-student respecto al vehículo, p<0.05. n=3.*

Posteriormente se evaluó el mecanismo de muerte celular activado por LEAS en las células MDA-MB-231, para ello se utilizó anexina V/7AAD y citometría de flujo. Los resultados muestran que las células expuestas al vehículo (**Fig. 1a**) no presentaron tinción, lo que se relaciona con el hecho de que las células están vivas. Por otro lado, el control positivo de actinomicina D (**Fig. 2b**) provocó que las células MDA-MB-231 se tiñeran con anexina V (88%), pero no con 7AAD, resultado esperado ya que este fármaco induce muerte por apoptosis. Finalmente, se aprecia que las células MDA-MB-231 tratadas con LEAS (IC_{50} de 164 µg/µL) por 24 h se tiñeron con anexina V (42.8%), lo que indica la activación de la muerte celular por apoptosis (**Fig. 2c**).

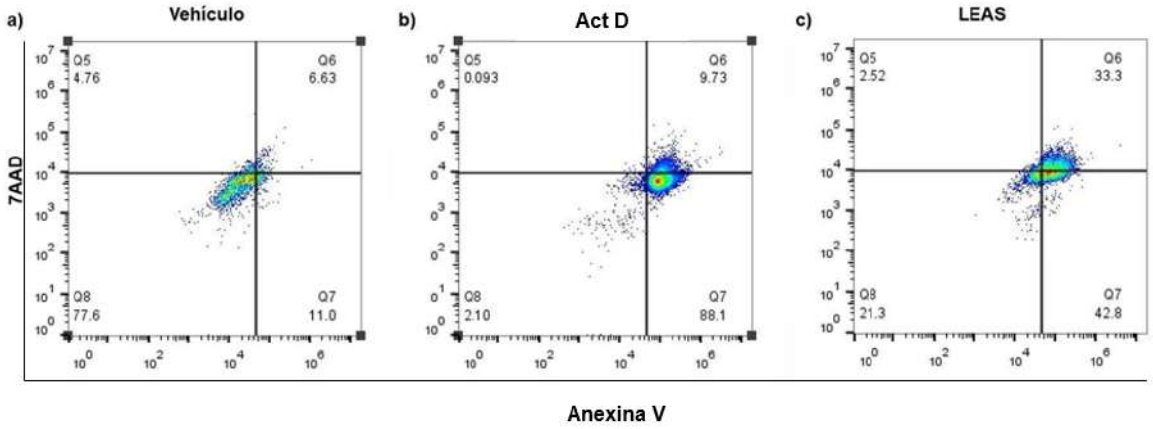
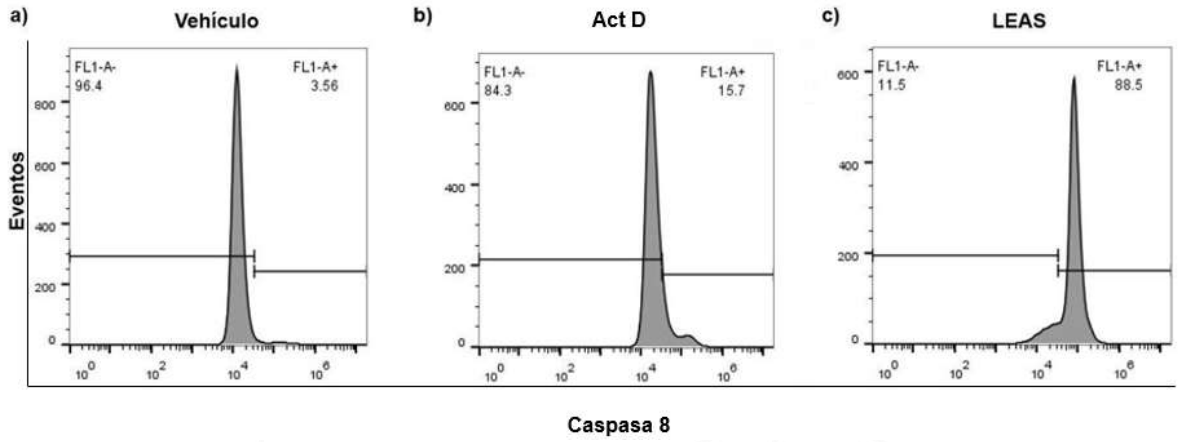


Figura 2. LEAS induce apoptosis en las células MDA-MB-231 de cáncer de mama triple negativo. *Las células MDA-MB-231 fueron tratadas con **a**) vehículo (DMSO 0.05%), **b**) actinomicina D (ActD 16 µM) y **c**) LEAS (164 µg/µL) por 24 h. Se colectaron 10,000 eventos en un citómetro BD Accuri C6. Los cuadrantes representan los siguientes estados celulares: Q5 (necrosis), Q6 (apoptosis tardía), Q7 (apoptosis temprana) y Q8 (células vivas o sin teñir). Los datos fueron analizados con el programa FlowJo v.10. n=2.*

La apoptosis puede ser desencadenada por dos mecanismos: Intrínseco y extrínseco. Por lo anterior, se determinó el tipo de mecanismo inducido por LEAS en las células MDA-MB-231. Para ello se evaluaron la caspasa 8 (apoptosis extrínseca) y la caspasa 9 (apoptosis intrínseca) por medio de citometría de flujo. Los resultados indican que LEAS activa ambas caspasas (**Fig. 3**), pero principalmente la caspasa 9.



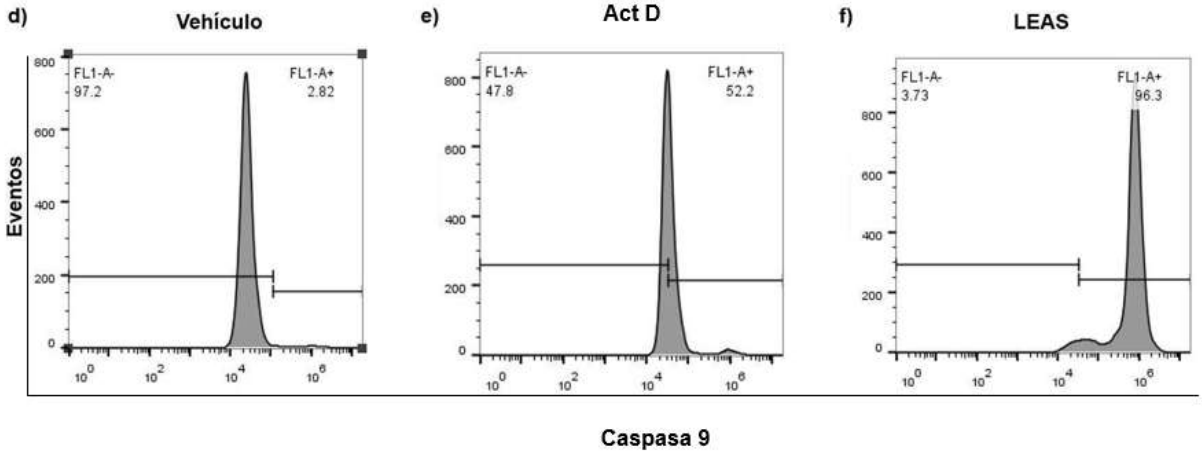


Figura 3. Evaluación de la actividad de caspasas en células MDA-MB-231 expuestas a LEAS. *Las células triple negativo MDA-MB-231 fueron tratadas con vehículo (DMSO 0.05%) (**a,d**), actinomicina D (16 µM) (**b,e**) y LEAS (164 µg/µL) (**c,f**) por 24 h. Se analizó la actividad de la caspasa 8 (extrínseca) (**a-c**) y la caspasa 9 (intrínseca) (**d-f**) por citometría de flujo. Se colectaron 10,000 eventos en un citómetro BD Accuri C6. Los datos fueron analizados con el programa FlowJo v.10. n=2.*

CONCLUSIONES. LEAS induce apoptosis extrínseca e intrínseca en células MDA-MB-231 de cáncer de mama triple negativo.

REFERENCIAS.

1. ACS. (2024). American Cancer Society 2022: Tratamiento contra cáncer de seno triple negativo | Tratatamiento del TNBC. Recuperado el 25 de Agosto de 2024 de https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-seno/tratamiento/tratamiento-de-triple-negativo.html
2. Del Re, D. P., Amgalan, D., Linkermann, A., Liu, Q., Kitsis, R.N.(2019). Fundamental mechanisms of regulated cell death and implications for heart disease. Physiol Rev. 99(4):1765-1817. doi: 10.1152/physrev.00022.2018.
3. NHI. (2024). National Institutes of Health 2021: What is cancer? Recuperado el 25 de Agosto de 2024, de https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es#definicion-del-cancer.
4. Ochoa-Zarzosa, A., Báez-Magaña, M., Guzmán-Rodríguez, J.J., Flores-Alvarez, L.J., Lara-Márquez, M., Zavala-Guerrero, B., Salgado-Garciglia, R., López-Gómez, R., López-Meza, J.E. (2021). Bioactive molecules from native mexican avocado fruit (Persea americana var. drymifolia): A review. Plant Foods Hum Nutr. 76, 133–142. Doi:10.1007/s11130-021-00887-7
5. Solís-Avilés, D. P. (2021). Citotoxicidad de un extracto lipídico de la semilla de aguacate nativo mexicano (Persea americana var. drymifolia) sobre la línea celular MCF-7 de cáncer de mama. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Morelia. México Morelia. 63 pp.
6. W.H.O. (2024). W.H.O. 2022: Cáncer de mama. Recuperado 25 de agosto de 2024, de https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwrKu2BhDkARIsAD7GBovWxP_ZBRoJ5-VWbKQyytxMsPbN9hiUdCo2w1ujZBLQ-CCrLj7KjqQaAgsrEALw_wcB.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524121**

PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA A PIRAZINAMIDA EN CEPAS DE M. tuberculosis AISLADAS EN MICHOACÁN

Orlando Arath González-Zúñiga[1], Andrea M. Negrete-Paz[2], Gerardo Vázquez-Marrufo[3], Eva Nelida Jiménez-Ruíz[4] Ma. Soledad Vázquez-Garcidueñas[5]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1728962d@umich.mx

2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; andrea.negrete@umich.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gerardo.marrufo@umich.mx

4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0835032c@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; soledad.vazquez@umich.mx

Palabras Clave: Tuberculosis, Pirazinamida, Mutaciones, Resistencia a antibióticos.

RESUMEN. Mycobacterium tuberculosis es el agente causal de la tuberculosis (TB). El tratamiento estándar contra la TB involucra seis meses con rifampicina, isoniazida, pirazinamida, etambutol y estreptomicina. Con base en la resistencia a los antibióticos, las cepas de M. tuberculosis se han clasificado en Multidrogorresistentes y Extremadamente Drogorresistentes. Se han encontrado asociaciones entre mutaciones en el gen pncA y la resistencia a pirazinamida, las mutaciones en este gen alteran la enzima pirazinamidasa, impidiendo la activación de la pirazinamida. Las cepas resistentes a antibióticos pueden formar estructuras microscópicas características conocidas como “Factor cuerda”. Conocer tanto las mutaciones como las características microscópicas de las cepas aisladas de la región permitirán en futuros estudios relacionarlas con los patrones de resistencia hacia medicamentos de primera línea como la pirazinamida. En este trabajo se analizaron 30 cepas de M. tuberculosis obtenidas de pacientes con TB de Michoacán. Para detectar el “Factor cuerda”, las cepas 090, 091, 092, 095 y 097 se resembraron en medio Agar BBL seven H11 adicionado con sangre y se incubaron a 37°C por 1 semana. Las colonias crecidas se tiñeron con Ziehl-Neelsen (BAAR) y se observaron al microscopio. Se utilizó el ADN ya extraído de las cepas y se amplificó el gen pncA. Los productos de PCR se visualizaron utilizando electroforesis en geles de agarosa. Se obtuvo el amplicón de 670pb para las cepas 056, 059, 076, 080, 082, 083, 090, 091, 092, 094, 095, 097, 098, 099, 100, 101, 102, 103, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116 y 117. Las cepas 053, 055, 088 y 113 no presentaron el amplicón, lo cual sugiere que son resistentes a pirazinamida, sin embargo, es necesario corroborar mediante antibiograma, al igual que la cepa 097, que no presentó indicios de factor cuerda, sugiriendo sensibilidad al fármaco.

INTRODUCCIÓN. La tuberculosis (TB) es una enfermedad contagiosa e infecciosa que es causada por el bacilo Mycobacterium tuberculosis (Rahlwes et al., 2023). La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que en el 2021, 10 millones de personas enfermaron de TB y en las Américas corroboran 11,000 casos estimados de TB resistente, siendo ahora considerada una de las principales 10 causas de muerte en el mundo (Ortiz Riera et al., 2022). En el 2023 la Secretaría de Salud en México registró más de 28 mil casos de TB en México (Secretaría de Salud, 2023). El tratamiento de TB con antibióticos ha estado

disponible desde hace más de 50 años, pero una limitante importante es que para una terapia exitosa de TB se requieren combinaciones de múltiples fármacos a largo plazo con un cumplimiento estricto del tratamiento. El tratamiento de 6 meses implica una combinación de rifampicina, isoniazida, pirazinamida y etambutol, seguido de rifampicina e isoniazida (Rahlwes et al., 2023). Más recientemente, el tratamiento de Tuberculosis Multidrogorresistente ha cambiado con la introducción de múltiples fármacos novedosos de segunda línea que pueden administrarse por vía oral (bedaquilina y delamanida) (Diacon et al., 2014). Es evidente que la resistencia a fármacos de TB ha ido en aumento, ya sea monorresistencia o polirresistencia; la pobreza, la sobrepoblación y la falta de recursos y programas adecuados para el tratamiento de TB, junto con la aparición del VIH, han propiciado la aparición de cepas Multidrogorresistentes que es la resistencia al menos a isoniazida y rifampicina (Seung et al., 2015). En 1993, la OMS declara a la TB como una emergencia sanitaria mundial (Nakojimo et al., 1993) y en 2006 se introduce el término de tuberculosis Extremadamente Drogorresistente, definida como la resistencia a cualquier fluoroquinolona y al menos a uno de los tres medicamentos inyectables de segunda línea, además de resistencia a isoniazida y rifampicina (Seung et al., 2015; World Health Organization, 2013). La resistencia en M. tuberculosis es debida principalmente a mutaciones cromosómicas en genes existentes. Para 1998, cuando se reportó el genoma de la cepa de referencia H37Rv de M. tuberculosis (Cole et al., 1998), ya se habían descubierto mecanismos de resistencia a los fármacos antituberculosos clásicos de primera y segunda línea, incluida la isoniazida (alteración en genes katG e inhA), rifampicina (en rpoB), estreptomicina (en rrs y rpsL), etambutol (en embB), quinolonas (en gyrA), kanamicina (en rrs) y pirazinamida (en pncA) (Ramaswamy & Musser, 1998). La actividad antituberculosa de la pirazinamida (PZA) se descubrió en 1952 pero no fue hasta 1980 que se informó de la aceleración del efecto en combinación con isoniazida y rifampicina (Scorpio et al., 1997). Hoy en día es el tercer fármaco más importante en el tratamiento de TB. No se ha terminado de comprender el mecanismo de PZA, pero se piensa que se requiere la enzima bacteriana pirazinamidasa para convertir a PZA en ácido pirazinoico, que es tóxico para M. tuberculosis (Konno et al., 1967). A su vez, “el Factor cuerda” o dimicolato de trehalosa se ha asociado a la inhibición de la fusión de los lisosomas con los fagosomas en los macrófagos y su metabolismo se ha visto implicado en el desarrollo de mutaciones asociadas a resistencia a antibióticos (Negrete Paz, 2022). Este “Factor cuerda” es producido por diferentes miembros bacterianos incluido Mycobacterium, es el micósido más importante producido por M. tuberculosis y obtiene su nombre debido al desarrollo que presenta el microorganismo de agregados laterales similar a cuerdas o cordones (De la Parte-Pérez et al., 2001). Se ha demostrado que las micobacterias sin dicho factor no son patógenas y se sospecha se pueda tener una relación entre la resistencia a antibióticos y la formación de cuerdas macroscópicas durante el cultivo.

ANTECEDENTES. En el laboratorio de Genética Molecular Microbiana se cuenta con una colección de 80 cepas de Mycobacterium tuberculosis recolectadas a partir del año 2004 de los estados de Michoacán, Querétaro y Zacatecas. Algunos de estos aislados se han caracterizado mediante al menos una de las siguientes técnicas de genotipificación: espoligotipificación (Viveros Luna et al., 2022), MIRU-VNTR (Mycobacterial Interspersed Repetitive Units – Variable Number of Tandem Repeats) (Viveros Luna et al., 2022) y secuenciación del genoma completo. Con estas técnicas se logró determinar la especie a la que pertenecen ciertos aislados, su familia y su genotipo. En el trabajo realizado por

Reyes (2014) se confirma la presencia de mutaciones en cepas de M. tuberculosis obtenidas en el estado de Michoacán, las cuales confieren resistencia a fármacos de primera línea y nuevas variantes genéticas relacionadas con el fenotipo, por lo que es necesario continuar estudiando mutaciones emergentes a futuro.

OBJETIVO. Predecir la resistencia a pirazinamida en cepas de Mycobacterium tuberculosis aisladas en Michoacán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Caracterizar morfológicamente ("Factor cuerda") las cepas de estudio de M. tuberculosis. Detectar el gen pncA en las cepas de estudio de M. tuberculosis.

MATERIALES Y MÉTODOS.
Material Biológico. Se incluyeron 30 cepas de Mycobacterium tuberculosis, obtenidas de pacientes con TB de Michoacán, y proporcionadas por el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán.
Resiembra y tinción. Se llevaron a cabo en campana de bioseguridad tipo II A, con prácticas Nivel III (en un área aislada y con uso de mascarilla y vestimenta de protección adecuada). Las cepas 090, 091, 092, 095 y 097 se resembraron en medio Agar BBL seven H11 adicionado con sangre y se incubaron a 37oC por 1 semana. A las colonias crecidas se les tiño con Ziehl-Neelsen (BAAR) y se observaron al microscopio para identificar el factor cuerda o indicios de este.
Detección del gen pncA. Se amplificó el gen utilizando las siguientes condiciones. Las reacciones de 15 µL contenían 1.5 µL de una solución reguladora, 0.45 µL de MgCl2 50mM, 1.5 µL dnTP's, 1.5 µL Primers (PR 9 y PR 10), ADN y Taq DNA polimerasa. Se utilizó el termociclador GeneAmp® PCR System 2700. El programa de amplificación utilizado fue: desnaturalización inicial a 95oC/15 min; 30 ciclos con: desnaturalización a 95oC por 1 minuto, alineamiento a 60oC por 30 segundos, extensión a 72oC por 30 seg; y una extensión final a 72oC por 5 min. Los productos de PCR se visualizaron utilizando electroforesis en geles de agarosa al 2% teñidos con bromuro de etidio, usando el fotodocumentador ChemicDocTM (Bio-Rad) (Pérez-Reyes, 2014).

RESULTADOS. De las 5 cepas estudiadas, 4 cepas presentaron indicios de la formación del factor cuerda (Fig. 1). La cepa 097 fue la única cepa que no presentó ningún indicio.

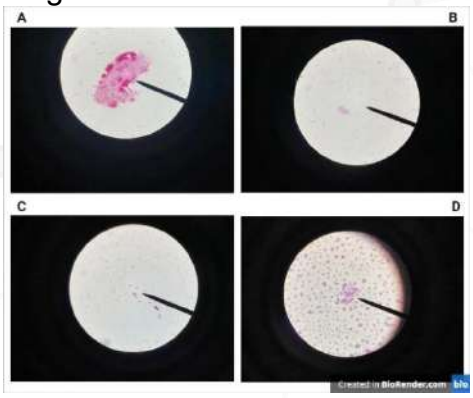


Figura 1. *Detección del factor cuerda por Tinción Ziehl-Neelsen (BAAR). Micrografías al microscopio óptico de cultivos de una semana de incubación. A) Cepa 090, B) Cepa 091, C) Cepa 092 y D) Cepa 095.*

Las amplificaciones demostraron la presencia del gen *pncA* en la mayoría de las cepas de *M. tuberculosis* del estudio (86.7%.) (Fig. 2). Estas cepas pueden o no ser resistentes. Se tiene que continuar con el estudio, secuenciando los amplicones obtenidos para identificar posibles mutaciones y relacionarlo con resistencia, así como aumentar el número de cepas de estudio para correlacionar la resistencia a antibióticos y la formación del "Factor cuerda", para en un futuro usarse como un indicador de resistencia. Es necesario realizar también los antibiogramas correspondientes. La principal limitante de este estudio fue la etapa, permitiendo solo presentar preliminares del estudio.

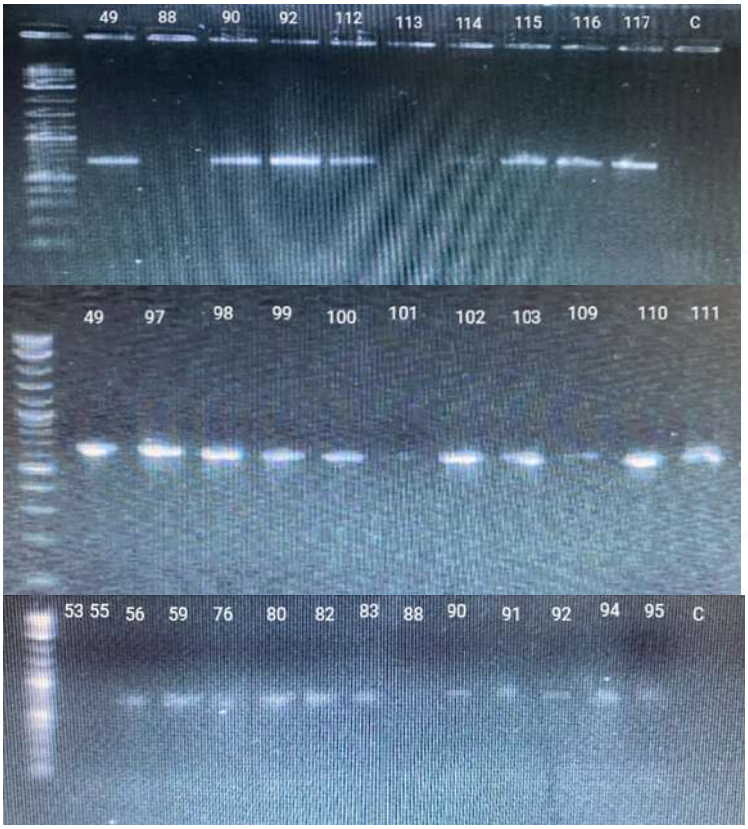


Figura 2. *Amplificación del gen pncA de las cepas de estudio. Geles de agarosa al 2% teñidos con bromuro de etidio que muestran los productos de amplificación. El número de la cepa se muestra sobre cada carril. C: control positivo*

CONCLUSIONES. Se sugiere que las cepas 053, 055, 088 y 113 son resistentes a pirazinamida debido a la ausencia del gen, sin embargo, es necesario corroborar mediante antibiograma, mientras que la cepa 097 es posiblemente sensible al antibiótico al no presentar el "Factor cuerda" pero es necesario también corroborarlo.

AGRADECIMIENTOS. Se contó con el apoyo de la cic-umsnh, del instituto de ciencia tecnología e innovación del estado de michoacán (picir-2022-021) y del conahcyt (cf-2023-

1-565) al proyecto “identificación de polimorfismos en genes asociados con la drogo-resistencia constitutiva en cepas de *mycobacterium tuberculosis* con discrepancias entre la susceptibilidad fenotípica y la genotípica a los antibióticos”

REFERENCIAS.

1. Cole, S. T., Brosch, R., Parkhill, J., Garnier, T., et al. (1998). Deciphering the biology of Mycobacterium tuberculosis from the complete genome sequence. Nature, 393(6685), 537–544. https://doi.org/10.1038/31159
2. De la Parte-Pérez, M., Hurtado, M. P., & Rivera, M. (2001). Tuberculosis en el Nuevo Milenio. Revista de la Facultad de Medicina, 24(2), 104–119.
3. Diacon, A. H., Pym, A., Grobusch, M. P., et al. (2014). Multidrug-resistant tuberculosis and culture conversion with bedaquiline. The New England Journal of Medicine, 371(8), 723–732. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1313865
4. Konno, K., Feldmann, F. M., & McDermott, W. (1967). Pyrazinamide susceptibility and amidase activity of tubercle bacilli. The American Review of Respiratory Disease, 95(3), 461–469. https://doi.org/10.1164/arrd.1967.95.3.461
5. Nakojimo, H., Brown, P., Nunn, P., et al. (1993). Tuberculosis: Aglobal emergency 3. World Health, 4.
6. Negrete Paz, A. M. (2022). Análisis genómico comparativo entre cepas pulmonares y extrapulmonares de Mycobacterium tuberculosis. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/8343
7. Ortiz Riera, C. M., Aspiazu Himostroza, K., & Pacheco Cárdenas, K. E. (2022). Mycobacterium tuberculosis en muestras de pacientes pulmonares y extrapulmonares del Hospital Vicente Corral Moscoso. Revista Vive, 5(14), 470–480. https://doi.org/10.33996/revistavive.v5i14.161
8. Rahlwes, K. C., Dias, B. R. S., Campos, P. C., et al. (2023). Pathogenicity and virulence of Mycobacterium tuberculosis. Virulence, 14(1), 2150449. https://doi.org/10.1080/21505594.2022.2150449
9. Ramaswamy, S., & Musser, J. M. (1998). Molecular genetic basis of antimicrobial agent resistance in Mycobacterium tuberculosis: 1998 update. Tubercle and Lung Disease: The Official Journal of the International Union Against Tuberculosis and Lung Disease, 79(1), 3–29. https://doi.org/10.1054/tuld.1998.0002
10. Pérez-Reyes, L. (2014). Estudio de los determinantes genéticos asociados a la resistencia a antibióticos en cepas de M. tuberculosis aisladas en Michoacán. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/2954
11. Scorpio, A., Lindholm-Levy, P., Heifets, L., et al. (1997). Characterization of pncA mutations in pyrazinamide-resistant Mycobacterium tuberculosis. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 41(3), 540–543. https://doi.org/10.1128/aac.41.3.540
12. Secretaría de Salud. (2023). 079. En 2022 se registran más de 28 mil casos de tuberculosis en México. gob.mx. http://www.gob.mx/salud/prensa/079-en-2022-se-registran-mas-de-28-mil-casos-de-tuberculosis-en-mexico
13. Seung, K. J., Keshavjee, S., & Rich, M. L. (2015). Multidrug-Resistant Tuberculosis and Extensively Drug-Resistant Tuberculosis. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 5(9), a017863. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a017863
14. Viveros Luna, D., Lefort, B., Rendón Bautizta, L., et al. (2022). Genotipificación y epidemiología molecular de tuberculosis; su utilidad para la salud. Revista Médica de la Universidad Veracruzana, 20(2). https://doi.org/10.25009/rmuv.2020.2.13
15. World Health Organization. (2013). Global tuberculosis report 2013. World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/91355

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524124**

LA TRANSFERENCIA DE MICROBIOTA INTESTINAL DE ANIMALES ESTRESADOS NO AFECTA LA NEUROGÉNESIS EN EL HIPOCAMPO DE RATAS ADULTAS EN CONDICIONES MICROBIOLÓGICAMENTE CONTROLADAS

Andrea Gómez-Vázquez[1], Roberto Ruiz-González [2], Luis Téllez[3], Naima Lajud[4], Angélica Roque[5]

1Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales-UMSNH; 2011116f@umich.mx

2Centro de Investigación Biomédica de Michoacán-IMSS; rip_9631@hotmail.com

33Instituto de Neurobiología-UNAM, Campus Juriquilla; ltellez@biomedicas.unam.mx

4Centro de Investigación Biomédica de Michoacán-IMSS; naimalajud@yahoo.com.mx

5Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales-UMSNH; roque_galicia@yahoo.com

Palabras Clave: doble cortina, estrés, microbiota intestinal.

RESUMEN. La microbiota intestinal participa en la regulación de la actividad del eje hipotálamo- hipófisis-adrenal. La transferencia de microbiota fecal (TMF) de ratones sometidos a estrés crónico a ratones control disminuye la neurogénesis hipocampal; no obstante, el efecto de la TMF proveniente de animales estresados durante la vida temprana no ha sido evaluado. Nuestro objetivo fue analizar los efectos de la TMF de animales sometidos a estrés en la vida temprana (ELS) sobre la neurogénesis en el hipocampo de ratas control que crecieron en condiciones microbiológicas controladas. Para ello, utilizamos ratas Sprague-Dawley a las que se les elimino la microbiota utilizando un coctel de antibióticos y fueron recolonizadas con microbiota proveniente de animales sometidos a ELS mediante cohabitación por dos meses. Se evaluó el número de células doble cortina positivas (DCX+) mediante inmunotinciones. Los resultados mostraron que la transferencia de microbiota no afectó la densidad celular, ni el número de células DCX+ que sobreviven en el hipocampo. No se observaron diferencias en el volumen del hipocampo en animales en condiciones microbiológicamente controladas. Estos datos sugieren que, la transferencia de microbiota de animales que sufrieron estrés durante la vida temprana promueve alteraciones en el hospedero control.

INTRODUCCIÓN. La exposición al estrés en etapas tempranas de la vida (ELS) aumenta la reactividad del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HPA). Esto se ha relacionado con alteraciones conductuales (De Santa et al., 2024). De igual forma, se ha reportado que la microbiota intestinal tiene efectos sobre las respuestas neuroendocrinas al estrés (Farzi et al., 2018). La transferencia de microbiota fecal (TFM) consiste en el cambio de la microbiota intestinal de un organismo con el fin de restaurar la diversidad microbiana que se ve afectada por una disbiosis o desequilibrio en dicha microbiota (Hamamah et al, 2022). Se demostró que la TMF de donadores deprimidos induce un comportamiento de tipo ansioso y depresivo en ratas receptoras (Guzzetta et al., 2022). Además, mediante la colonización

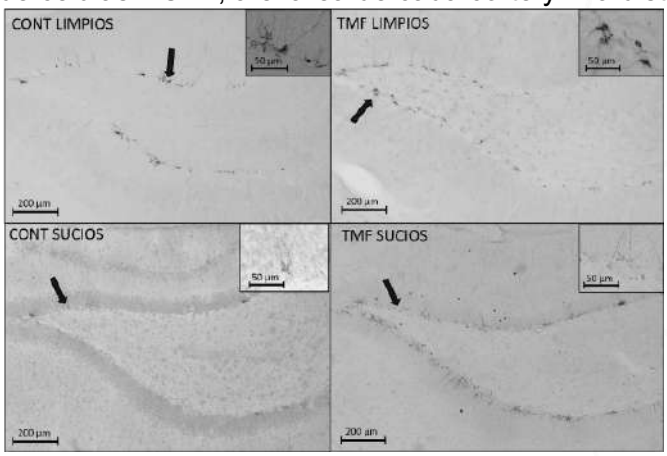
con bacterias comensales pudo revertirse la respuesta anormal del eje HPA al estrés en animales libres de gérmenes (De Palma et al., 2015), lo que representa una estrategia terapéutica futura. En 1963, Joseph Altman dio a conocer sus estudios autorradiográficos sobre la neurogénesis en cerebros de ratas y gatos adultos, revelando la presencia de neuronas marcadas en el giro dentado (GD) del hipocampo, respaldando la posible neurogénesis en el cerebro adulto (Owji & Shoja, 2020). La neurogénesis adulta es importante en el desarrollo de circuitos, la cognición y la regulación emocional, por lo que la exposición prolongada al estrés reduce el número de neuronas en el GD (McEwen et al., 2016).

ANTECEDENTES. Datos previos de nuestro laboratorio demostraron que ratas sometidas a ELS mostraron alteraciones neuroendocrinas, conductuales y metabólicas, así como la disminución de la neurogénesis (Ruiz et al., 2022). Por otro lado, He, H. y colaboradores sugirieron que el trasplante de microbiota fecal de ratones con baja resiliencia al estrés a animales control inhibe la neurogénesis y la proliferación neuronal (He et al., 2024). Estos hallazgos podrían sugerir que las alteraciones en la microbiota intestinal causadas por el estrés podrían ser uno de los mecanismos que subyacen sus efectos a largo plazo; no obstante, el efecto del trasplante de microbiota de animales estresados sobre la neurogénesis en el hipocampo en ratas adultas en condiciones microbiológicamente controladas no han sido estudiados.

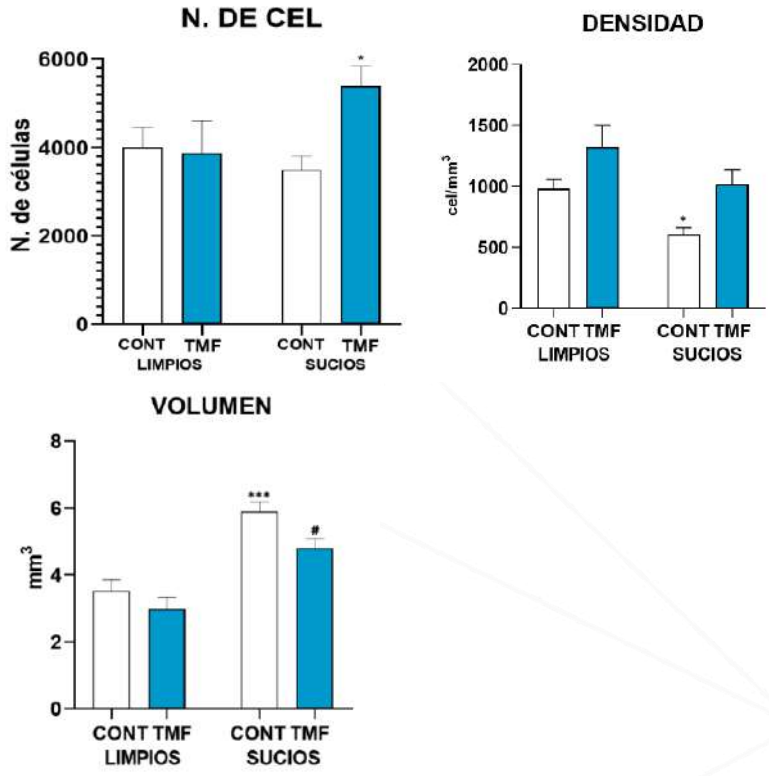
OBJETIVO. Evaluar el efecto de la transferencia de microbiota fecal de animales estresados hacia animales control sobre la neurogénesis hipocampal en condiciones microbiológicamente controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se utilizaron ratas machos de la cepa Sprague-Dawley. El día de nacimiento de las crías se consideró como día postnatal (DPN) 0. Al DPN 1 las crías se mezclaron y aleatoriamente se asignaron a una camada. Al DPN 21 los animales fueron destetados y crecieron en condiciones estándar de bioterio hasta el DPN 60. La mitad de los animales se mantuvieron en condiciones microbiológicamente controladas (limpios) con agua, alimento, material de cama, encierro primario, y filtro de aire HEPA en el bioterio del Instituto de Neurobiología de la UNAM, la otra mitad estuvo en condiciones microbiológicamente no controladas (sucios). Los experimentos se aprobaron por el comité nacional de ética del Instituto Mexicano del Seguro Social (R-2017-785-077) y se apegaron a las especificaciones de la norma mexicana NOM-062-ZOO-1999; especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Al DPN 60 a la mitad de los animales de cada grupo se les eliminó la microbiota a través de la administración de antibióticos (ampicilina, neomicina, vancomicina y metronidazol) en el agua de beber durante treinta días. Para la TMF, los animales a los que se les eliminó la microbiota (receptores) se colocaron en cohabitación en las cajas de los animales con microbiota intacta y previamente expuestos a ELS (donadores) durante dos meses. Se realizó la eutanasia a los animales con pentobarbital sódico y perfusión con solución salina y paraformaldehído al 4%. Los cerebros fueron extraídos y preservados hasta su procesamiento. Se realizaron cortes de 40µm de grosor a lo largo del eje lateral-medial del hipocampo. Se incubaron en un anticuerpo primario Guinea Pig anti DCX (1:1500), posteriormente en anticuerpo secundario biotinilado anti Guinea Pig (1:750) y se revelaron con el kit Ni-DAB. Las secciones fueron montadas y cubiertas con cubreobjetos.

Análisis de las muestras. Se realizó el conteo manual de células DCX+ en el hipocampo dorsal en la capa subgranular del GD con un microscopio de campo claro y un objetivo 20x (Figura 1). Se evaluó del área (mm^2) de la capa granular y sub granular del GD con el programa Axiovision (Karl Zeiss). El volumen de la capa granular del GD se calculó con el principio de Cavalieri; $V(e)=T\sum ni=1Ai$, donde el volumen es la suma de las áreas de cada corte con un grosor T multiplicado por la distancia de muestreo. Se calculó la densidad total de células marcadas con DCX (No cel/mm^3) con la fórmula $Nv=Q/ah$, donde Q es el número de células DCX+, a el área de cada corte y h la distancia entre cortes (Ruiz et al., 2022).



Los datos obtenidos fueron analizados mediante una prueba de ANOVA de dos vías estableciendo una diferencia significativa en $p<0.05$.



RESULTADOS. El ANOVA de dos vías indicó un efecto significativo de la interacción ($F_{1,21}$: 4.6, $p<0.05$), pero no de la TMF ($F_{1, 21}$: 3.6, $p=0.06$), ni las condiciones microbiológicas ($F_{1, 21}$: 1.2, $p= 0.2$) sobre el número de células DCX+. Las comparaciones múltiples revelaron que la TMF a animales en condiciones microbiológicas no controladas (sucios) aumentó el número de células DCX+ comparado con el grupo control ($p<0.01$). No observamos diferencias en el número de células DCX+ en los grupos en condiciones microbiológicas controladas (limpios, $p<0.05$, Figura 2). Se analizó la densidad celular y el ANOVA de dos vías reveló un efecto significativo de las condiciones microbiológicas ($F_{1, 22}$: 9.6, $p<0.01$), pero no de la TMF, ni de la interacción. En las comparaciones múltiples se encontró una diferencia significativa en la densidad celular entre los animales control “limpios” y “sucios” ($p<0.05$, Figura 3). Al analizar el volumen del hipocampo observamos un efecto de la TMF ($F_{1,20}$: 5.3, $p<0.05$) y de las condiciones microbiológicas ($F_{1, 20}$: 44.50, $p<0.0001$). Las comparaciones múltiples indicaron que los animales sometidos a TMF de animales estresados en condiciones microbiológicas sucias tienen un volumen hipocampal mayor que los animales en condiciones limpias ($p<0.01$, Figura 4).

CONCLUSIONES. Estos datos sugieren que la exposición a ambientes microbiológicamente distintos y la cohabitación con animales sometidos a estrés afecta la supervivencia de células en el hipocampo en ratas adultas.

REFERENCIAS.

1. De Palma, G., Blennerhassett, P., Lu, J., Deng, Y., Park, A. J., Green, W., Denou, E., Silva, M. A., Santacruz, A., Sanz, Y., Surette, M. G., Verdu, E. F., Collins, S. M., & Bercik, P. (2015). Microbiota and host determinants of behavioural phenotype in maternally separated mice. Nature communications, 6, 7735.
2. De Santa, F., Strimpakos, G., Marchetti, N., Gargari, G., Torcinaro, A., Arioli, S., Mora, D., Petrella, C., & Farioli-Vecchioli, S. (2024). Effect of a multi-strain probiotic mixture consumption on anxiety and depression symptoms induced in adult mice by postnatal maternal separation. Microbiome, 12(1), 29.
3. Farzi, A., Fröhlich, E. E., & Holzer, P. (2018). Gut Microbiota and the Neuroendocrine System. Neurotherapeutics: the journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics, 15(1), 5–22.
4. Guzzetta, K. E., Cryan, J. F., & O'Leary, O. F. (2022). Microbiota-Gut-Brain Axis Regulation of Adult Hippocampal Neurogenesis. Brain plasticity (Amsterdam, Netherlands), 8(1), 97–119.
5. Hamamah, S., Gheorghita, R., Lobiuc, A., Sirbu, I. O., & Covasa, M. (2022). Fecal microbiota transplantation in non-communicable diseases: Recent advances and protocols. Frontiers in medicine, 9, 1060581.
6. He, H., Zhao, Z., Xiao, C., Li, L., Liu, Y. E., Fu, J., Liao, H., Zhou, T., & Zhang, J. (2024). Gut micrLYRobiome promotes mice recovery from stress-induced depression by rescuing hippocampal neurogenesis. Neurobiology of disease, 191.
7. McEwen, B., Nasca, C. y Gray, J. Efectos del estrés en la estructura neuronal: hipocampo, amígdala y corteza prefrontal. Neuropsicofarmacol 41, 3–23 (2016).
8. Ruiz-González, R., Lajud, N., Tejeda-Martínez, A. R., Flores-Soto, M. E., Valdez-Alarcón, J. J., Tellez, L. A., & Roque, A. (2022). Antibiotic-induced microbiota depletion in normally-reared adult rats mimics the neuroendocrine effects of early life stress. Brain research, 1793, 148055.
9. Owji, S., & Shoja, M. M. (2020). The History of Discovery of Adult Neurogenesis. Clinical anatomy (New York, N.Y.), 33(1), 41–55.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524125**

SÍNTESIS DE ÁCIDOS CUMÁRICOS MEDIANTE ACOPLAMIENTO DE HECK PARA SU USO COMO INHIBIDORES DE LA ENZIMA COX-2

Jovanna Iveth Contreras García[1], Juan Carlos Jiménez Cruz[2], Ramón Guzmán Mejía[3], Pedro Navarro-Santos[4], Hugo Alejandro García Gutiérrez[5], Rafael Herrera Bucio[6], Judit A. Aviña Verduzco[7].

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2000467f@umich.mx@gmail.com

2CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.jimenez@conahcyt.mx

3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ramon.guzman@umich.mx

4CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; pedro.navarro@umich.mx

5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; hgarcia@umich.mx

6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; rafael.herrera.bucio@umich.mx

7Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jaavina@umich.mx

Palabras Clave: COX-2, AINEs, Heck.

RESUMEN. El ácido m- y p-cumárico son micronutrientes dietéticos con beneficios biológicos importantes, presente en una variedad de plantas comestibles, incluidos cereales, frutas y verduras. Estudios in vitro e in vivo han demostrado su amplio beneficio en procesos inflamatorios, demostrando que inhiben las enzimas COX-2 y otras proteínas proinflamatorias como IL-6, TNF-α, PFG2, p65 y IkBa solo por mencionar algunas; además de que, en un medio biológico, presentan excelentes propiedades farmacocinéticas, alta biodisponibilidad y bioaccesibilidad. Es por ello que distintas investigaciones se han centrado en el uso de estos compuestos ampliamente distribuidos en especies vegetales y su obtención eficiente mediante síntesis orgánica a través de reacciones catalíticas de Fisher, reacción de Mitsunobu, Wittig y Steglich. En el presente trabajo se describe la síntesis de los ácidos m- y p-cumárico catalizada por el complejo PdCl2·(Gly)2 , mediante un reactor de microondas, a través de la formación de enlaces C-C mediante la condensación de m- y p-yodofenol con un éster α,β-insaturado, vía un acoplamiento cruzado de Heck; posteriormente los productos obtenidos fueron elucidados mediante técnicas espectroscópicas y espectrométricas. Los productos obtenidos fueron llevados a acoplamiento molecular para conocer teóricamente la interacción que presentan frente a la enzima ciclooxigenasa 2 (COX-2), donde se observa la presencia de puentes de hidrógeno con los aminoácidos Tyr355 y Gln192, responsables y cruciales en el bloqueo de la entrada al sitio catalítico de COX-2, lo que se traduce en la inhibición enzimática de esta proteína. Con lo anterior se concluye que los productos resultados de la presente investigación son candidatos promisorios para su investigación in vitro para su posible utilización como agentes antiinflamatorios presentados en enfermedades crónico-degenerativas como artritis reumatoide.

INTRODUCCIÓN. Los ácidos m- y p-cumárico son ácidos aromáticos que se encuentran principalmente en plantas y alimentos derivados de ellas. Los ácidos cumáricos fenólicos,

con uno o más grupos hidroxilo en el anillo aromático, a menudo contribuyen a las actividades biológicas atribuidas a estos compuestos. La presencia de grupos hidroxilo y un grupo carboxilo hace que estos ácidos sean muy hidrófilos, lo que les impide atravesar las membranas biológicas y ejercer sus actividades biológicas. Los derivados del ácido cinámico fenólico han sido andamios tomados como inspiración para el diseño de fármacos, exhibiendo actividades biológicas notables, a saber, se les relaciona con actividad como antioxidantes, con potencial anticancerígeno y antiinflamatorio, siendo varias de estas actividades biológicas ya analizadas. Sin embargo, la actividad antiinflamatoria atribuida a estos compuestos no ha sido revisada exhaustivamente, por lo que en el presente trabajo se describe la síntesis eficiente de los ácidos m- y p-cumárico catalizada por el complejo PdCl2·(Gly)2 para su síntesis, así como de nuevos análogos.

ANTECEDENTES. Varios extractos de alimentos y productos derivados de plantas contienen ácidos m- y p-cumáricos, sin embargo existen múltiples formas de obtener sus ésteres derivados como son la esterificación catálisis ácida de Fischer, la reacción de haluros de acilo con alcoholes en presencia de una base, la reacción de Mitsunobu utilizando trifenifosfina y un azodicarboxilato, reacción de Witting y la esterificación de Steglich; si bien estas reacciones generan el compuesto, la síntesis de ácido m- y p-cumárico también puede ser obtenida de manera rápida eficiente por medio de una reacción de Heck en medio acuoso y catalizada por el complejo PdCl2·(Gly)2, obteniendo un rendimiento del 90 y 92%.

OBJETIVO. Realizar la síntesis de los ácidos m- y p-cumáricos por medio de una reacción de acoplamiento cruzado de Heck catalizada por el complejo PdCl2·(Gly)2, así como caracterizar los compuestos por espectrometría de masas y realizar estudios de interacción fármaco-receptor con el software AD4 frente con la enzima COX-2.

MATERIALES Y MÉTODOS. El primer paso de reacción consiste en el acoplamiento de Heck (Fig. 1) entre acrilato de metilo con *m*- y *p*-yodofenol en un reactor de microondas, en presencia de diisopropiletilamina, el catalizador $PdCl_2{\cdot}(Gly)_2$ y DMF como disolvente. Transcurrido el tiempo de reacción los compuestos son extraídos y purificados por cromatografía en columna (Fig. 2), posteriormente los productos obtenidos se llevaron a una reacción de hidrólisis en el reactor de microondas por 10 minutos de tiempo a 100W de potencia.

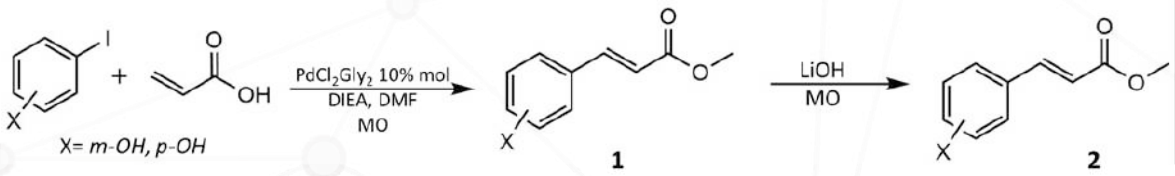


Figura 1. *Síntesis de ácidos m- y p-cumáricos por acoplamiento de Heck catalizada por el complejo de* $PdCl_2{\cdot}(Gly)_2$.

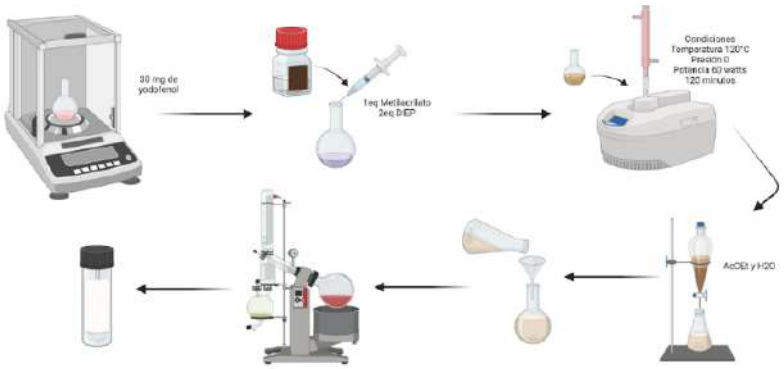


Figura 2. *Representación del proceso de síntesis mediante reactor de microondas, extracción en embudo de separación y secado en rotavapor.*

Posteriormente los productos **1** y **2** fueron caracterizados y optimizados para su posterior análisis de interacción fármaco-receptor para predecir sus energías y modos de enlace entre ligandos y proteínas, lo que nos proporciona información de gran utilidad para el estudio de nuestros compuestos para su posible uso posterior en el área terapéutica.

RESULTADOS. El complejo metálico $PdCl_2{\cdot}(Gly)_2$ permitió generar eficientemente un enlace C-C, mediante una reacción de acoplamiento cruzado de Heck para la obtención de ácido *m-* y *p- cumárico,* con rendimientos excelentes del 90 % para **1** y 92 % para el compuesto **2**.
La caracterización por espectrometría de masas mostró para ambos compuestos un pico en m/z=164.06 umas (Fig. 3a) y m/z=164.05 umas (fig. 3b) respectivamente, que corresponde al ion molecular M^+ de los productos esperados, además de un patrón de fragmentación consistente para ambas estructuras donde se observa la pérdida del anión OH del grupo hidroxilo de los anillos aromáticos.

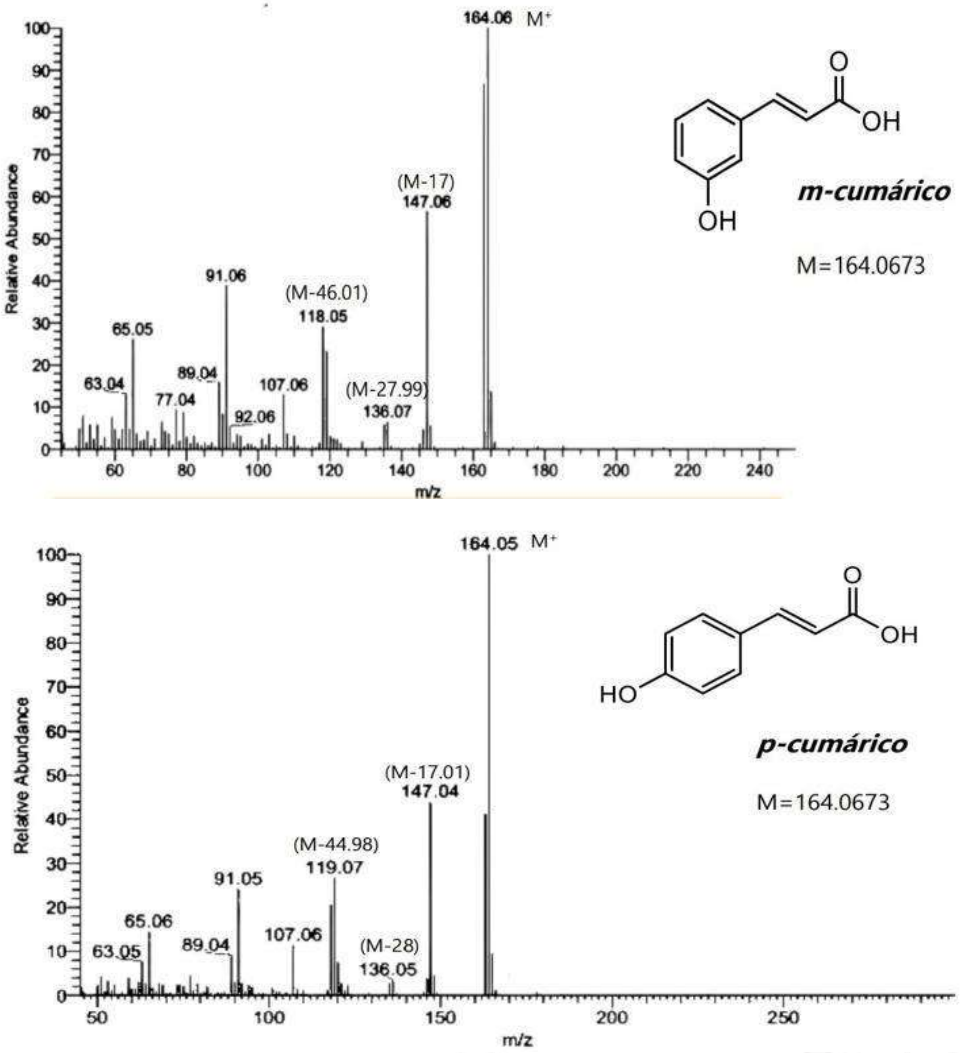


Figura 3. *Espectros de masas para los compuestos 1 y 2 obtenidos por IE.*

Una vez caracterizados, los estudios de simulación realizados con autodock 4 (Fig. 4) mostraron para el ácido *m-cumárico* interacciones con Gln192 y Phe518, un residuo clave para la especificidad de los inhibidores COX-2 selectivos; por otro lado, para el ácido *p-cumárico* la simulación mostró interacciones con Ser 530 y Gln 192, importantes en la actividad de inhibición de la COX-2 y para un proceso de inflamación como el observado por otros AINEs COX-2 selectivos y por el ácido acetil salicílico, quien genera una interacción con este residuo de serina. Lo anterior nos permite determinar cómo aproximación que los compuestos preparados tienen un efecto esperado, además de los reportes biológicos existentes donde moléculas con la misma estructura han logrado tener efectos antiinflamatorios favorables con lo que también se estarían validando esos reportes.

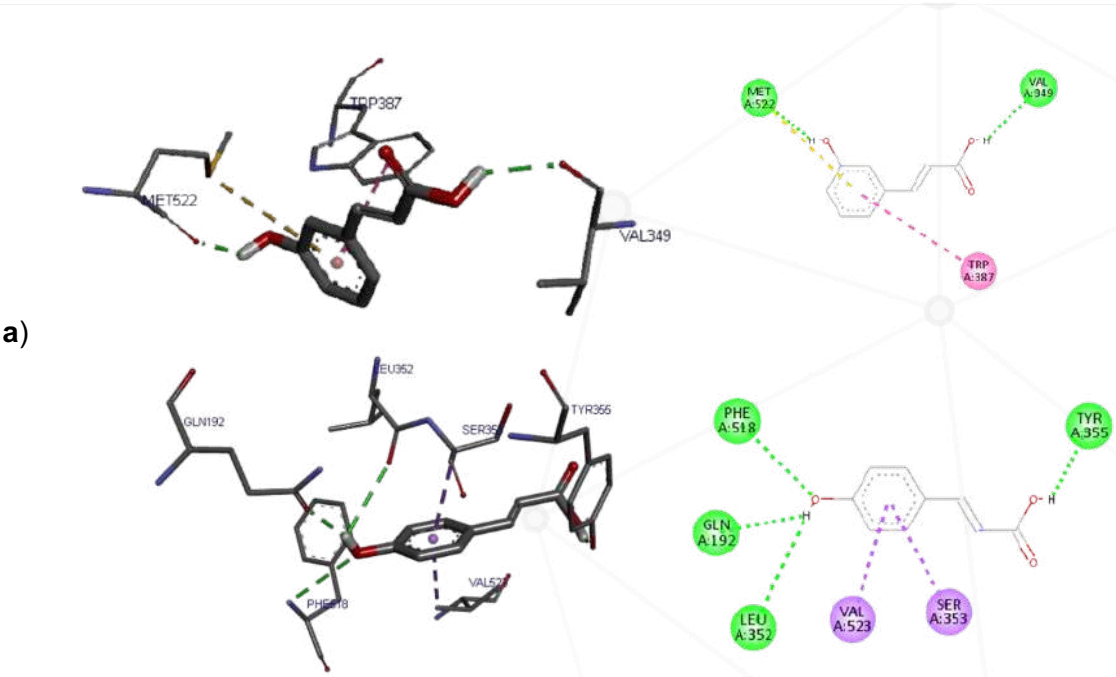


Figura 5. Representación del acoplamiento de los ácidos *m-cumárico* (a) y *p-cumárico* (b) frente a la enzima COX-2.

CONCLUSIONES. Se llevó a cabo la síntesis rápida y eficiente de los ácidos m- y p-cumárico mediante una reacción de acoplamiento cruzado de Heck catalizada por el complejo metálico PdCl2·(Gly)2. Los ácidos se obtuvieron con un rendimiento del 90 y 92% respectivamente; por lo que la metodología que se reporta puede ser considerada como una ruta de síntesis promisoria para la obtención de estos ácidos de alto valor sintético. Los estudios de acoplamiento molecular demostraron interacciones con los aminoácidos responsables de causar inhibición de la proteína COX-2 como los aminoácidos Tyr355 y Gln192 responsables y cruciales en el bloqueo de la entrada al sitio catalítico de la proteína. Los ácidos m- y p-cumáricos son candidatos promisorios para su investigación in vitro para su posible utilización como agentes antiinflamatorios presentados en enfermedades crónico-degenerativas como artritis reumatoide. Relacionadas con la inflamación.

REFERENCIAS.

1. Boz, H. Int. J. Food Sci., 2015, 50, 2323-2328.
2. Reverón, I., De las Rivas, B., Muñoz, R., De Felipe, FL. Mol. Nutr. Food Res., 2012, 56, 1848-1859.
3. Sahindokuyucu-Kocasarı, F., Erdemli-Kose, SB, Erol, Z., Garlı, S. RECIA, 2021,13,1-8.
4. Jiménez-Cruz, J. C., Guzmán-Mejía, R., Navarro-Santos, P., García-Zavala, S., Herrera-Bucio, R., García-Gutiérrez, H. A., Aviña-Verduzco, J. A. J. Mol. Struct., 2023, 1294, 136354-136376.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524126**

EFECTO DEL DIAZÓXIDO Y EL EJERCICIO DE MODERADA INTENSIDAD SOBRE LA FUNCIÓN DE MITOCONDRIAS AISLADAS DE MÚSCULO ESQUELÉTICO DURANTE LA OBESIDAD

Jessica Ortega Pérez[1], Koré Montserrat Moreno Calderón[1], Alfredo Saavedra Molina[1], Christian Cortes Rojo[1], Alain R. Rodríguez Orozco[2], Rocío Montoya Pérez[1]
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: e—mail: 1577840d@umich.mx
Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Palabras Clave: Obesidad, ejercicio, disfunción mitocondrial, músculo esquelético.

RESUMEN. La obesidad es una enfermedad crónica caracterizada por una acumulación excesiva de tejido adiposo, el desarrollo de este estado patológico se asocia con múltiples factores entre ellos, la alimentación y un entorno sedentario. Durante la obesidad, el músculo esquelético se afecta estructural y metabólicamente, relacionado principalmente con una inadecuada función mitocondrial. Asimismo, estudios farmacológicos y no farmacológicos, como el diazóxido y el ejercicio, han reportado incrementar la funcionalidad mitocondrial al mejorar la defensa antioxidante y el estrés oxidativo. Sin embargo, la interacción entre ambos tratamientos aún es desconocida. Es por ello que en el presente trabajo se evaluó la respiración, el hinchamiento y la actividad de los complejos de la cadena transportadora de electrones de mitocondrias aisladas de músculo esquelético de ratas macho Wistar alimentadas con una dieta alta en grasas (8 semanas), con administración con diazóxido (14 días) y ejercicio (8 semanas). Los grupos experimentales se clasificaron en 8 (n=6): Control, dieta alta en grasas (DAG), ejercicio (EJER), diazóxido (DZX). Los resultados muestran un incremento del 30-35% para los grupos EJER y DZX en la respiración, el hinchamiento y la actividad de la cadena transportadora de electrones sobre la funcionalidad mitocondrial comparado con el grupo de DAG.

INTRODUCCIÓN. La obesidad es una enfermedad crónica caracterizada por una acumulación excesiva de tejido adiposo, perjudicial para la salud, es asociada a un desequilibrio entre la ingesta de energía y la energía utilizada. Esta enfermedad se relaciona con la presencia de diversos factores. Sin embargo, el estado sedentario y la mala alimentación son considerados los más importantes. La obesidad, conlleva procesos como la lipotoxicidad, la cual consiste en la acumulación ectópica de lípidos en múltiples tejidos y órganos, tales como el corazón, el hígado y el músculo esquelético (Gómez-Barroso et al., 2020). El músculo esquelético es un tejido ampliamente abundante en el cuerpo humano, el cual puede representar un 40-50% del peso corporal de un individuo sano. Además, de ser considerado como un sistema locomotor clave para los organismos, cumple funciones metabólicas importantes como lo es la absorción, utilización y almacenamiento de sustratos como la glucosa, los lípidos y los aminoácidos. Aunado a esto, el ser un sistema activo requiere de altas cantidades de energía para llevar a cabo sus funciones, por lo que cuenta con un alto contenido de mitocondrias que le permiten realizar funciones durante periodos

de reposo o durante el ejercicio físico. No obstante, durante la obesidad, este tejido se ve afectado tanto estructural como metabólicamente, debido a que la acumulación de lípidos en este tejido promueve la perdida de fibras musculares y reduce significativamente el número de mitocondrias y su función. Por lo cual, se ha asociado que tratamiento farmacológicos y no farmacológicos, como el diazóxido y el ejercicio, promueven el mejoramiento del músculo y se esperaría, por lo tanto, también la función mitocondrial (Yin et al., 2021, Gómez-Barroso et al., 2022).

OBJETIVO. Evaluar el efecto del diazóxido y el ejercicio de moderada intensidad sobre la función de mitocondrias aisladas de músculo esquelético durante la obesidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Determinar el efecto del diazóxido y el ejercicio de moderada intensidad sobre la respiración de mitocondrias aisladas de músculo esquelético de ratas obesas.
Evaluar el efecto del diazóxido y el ejercicio de moderada intensidad sobre el hinchamiento de mitocondrias aisladas de músculo esquelético de ratas obesas. Analizar el efecto del diazóxido y el ejercicio de moderada intensidad sobre los complejos de la cadena transportadora de electrones en mitocondrias aisladas de músculo esquelético de ratas obesas.

MATERIALES Y MÉTODOS. Material biológico. Se utilizaron ratas macho de la cepa Wistar de 8 semanas de edad con un peso inicial entre 300-350 g, mantenidas en condiciones controladas de bioterio (ciclos de luz/oscuridad 12 h, humedad relativa entre 60-70%, temperatura promedio de 20 °C) con alimentación y agua *ad libitum*. Los grupos experimentales fueron divididos en 4 difrentes grupos (n=8): control (C), diazóxido (D), ejercitadas (E), obesas (O). La obesidad fue inducida a través de una dieta alta en grasas conformada por 50% de alimento comercial marca Rodent®, 25% manteca vegetal y 25% manteca animal por un periodo de 8 semanas. Asimismo, se llevó a cabo un protocolo de ejercicio de moderada intensidad durante 5 días a la semana por 8 semenas (tabla 1) y se administró retroperitonealmente diazóxido a una dosis de 35 mg/kg por un periodo de catorce días (Gómez-Barroso *et al.,* 2022).

SEMANAS	PROTOCOLO DE EJERCICIO
1	10 m/min/10 min
2	10 m/min/15 min
3	10 m/min/15 min, 17 m /min/5 min
4	10 m/min/15 min, 17 m/min/10 min
5	10 m/min/15 min, 17 m/min/10 min , 22 m/min/5 min
6	10 m/min/15 min, 17 m/min/10 min, 22 m/min/5 min
7	10 m/min/15 min, 17 m/min/10 min, 22 m/min/5 min
8	10 m/min/15 min, 17 m/min/10 min, 22 m/min/5 min

Tabla 1. *Protocolo de entrenamiento de moderada intensidad. Protocolo descrito de acuerdo a su intensidad y tiempo respectivo semanalmente (Gómez-Barroso et al., 2022).*

Aislamiento de mitocondrias. Las mitocondrias fueron aisladas del músculo esquelético, a través de homogeinización y centrifugaciones diferenciales. Para ello, el músculo fue suspendido en medio 1 (KCl 100 mM, Tris-HCl 50 mM, $MgCl_2$ 5 mM y EDTA 1mM, pH 7.2) y fragmentado con cortes constantes, adicionalmente, se agregó 7.5 µL de proteasa

(Tripsina) para ser homogeinizado. Una vez homogeinizado se centrifugó a 600 *g* durante 10 min a 4 °C. El sobrenadante se recuperó y se centrigó a 14 000 *g* durante 10 min a 4 °C. Se descartó el sobrenadante y el sedimento se resuspendió en medio 2 (KCl 100mM, Tris-HCl 50 mM, $MgCl_2$ 1 mM y EDTA 0.2 mM, pH 7.2) y albúmina sérica bovina (BSA) (1mg/mL) y se centrifugó a 7000 g durante 10 min a 4 °C. Finalmente, el sedimento final fue resuspendido 400 µL de medio 2 para sus posteriores pruebas (López-Cervantes *et al.,* 2022). **Oximetría.** La tasa de consumo de oxígeno fue posteriormente determinada al aislamiento de las mitocondrias, determinando el estado basal (estado 4) y en estado de fosforilación que consiste en la adicón de un sustrato, glutamato + malato (10 mM), y ADP (0.45 mM) (estado 3), para esto las mitocondrias se resuspendió en un medio de respiración (sacarosa 250 mM, KH_2PO_4 10 mM, EGTA 1 mM, Tris 10 mM, pH 7.4) con BSA al 0.3% en un electrodo tipo Clark acoplado a un monitor de oxígeno biológico YSI 5300 con interfas a PC para la adquisición de los datos. La tasa de consumo respiratorio (RCR) se obtuvo en relación entre el consumo de oxígeno del estado 3 y el estado 4 (López-Cervantes *et al.,* 2022). **Hinchamiento mitocondrial.** El hinchamiento se determinó a través de la adición de Calcio en mitocondrias aisladas, determinado por medio de un método espectrofotométrico con una reducción de la absorbancia a 520 nm. Para ello, las mitocondrias a una concentración de 0.3 mg/ml de proteína fueron suspendidas en un medio de hinchamiento (KCl 120 mM, Tris-HCl 10 mM, K_2HPO_4 5 mM, MOPS 20 mM). Finalmente, la apertura del poro de permeabilidad fue inducida con $CaCl_2$ (60 µM), para ser medida espectrofotométricamente (Wang *et al.,* 2005). **Actividad de complejos mitocondriales.** Para la actividad de los complejos de la cadena transportadora de electrones. El complejo I se determinó expectrofotométricamente a una longitud de onda de 340 nm, para ello se utilizará 0.3 mg/ml de mitocondrias aisladas de músculo esquelético que fueron suspendidas en agua desionizada y después de 2 minutos se agregó un buffer de fosfatos (K_2HPO_4 50 mM y KH_2PO_4 50 mM, pH 7.5) y sus respectivos inhibidores, antimicina A (1 mM) y KCN (1 mM), se encubó durante 5 minutos y se agregó $K_3Fe(CN)_6$ (5 mM), se seguió el trazo de absorbancia durante 1 minuto y se añadió NADH para determinar durante 4 minutos su oxidación. Para el complejo II, se añadió 0.2 mg/ml de mitocondrias, se resuspendierón en agua desionizada y se incubó durante 2 minutos para inducir choque osmótico, posteriormente, se añadió buffer de fosfatos utilizado para el complejo I, seguido de succinato (5 mM), rotenona (5 µM), antimicina A (1µg), KCN (0.5 mM) y 0.1 mg de BSA, se mezcló e incubó durante 3 minutos. Finalmente, se añadió DCIP (80 µM) y se midieron los cambios de absorbancia durante 2 minutos a una longitud de onda de 600 nm. Para la determinación de los complejos II-III a una concentración de 0.2 mg de mitocondrias se resuspendieron en agua desionizada como se describió priviamente, se añadió buffer de fosfatos y se incubó durante 3 minutos con succinato (5 mM), rotenona (5 µM), KCN (0.5 mM) y 0.1 g de BSA. Además, se agregó citocromo *c* (250 µg) y se determinó los cambios de absorbancia a una longitud de onda de 550 nm. Por último, pero no menos importante, el complejo IV fue determinado con 0.1 mg de mitocondrias que fueron suspendidas nuevamente en agua desionizada e incubadas durante 2 minutos. A continuación, se añadió buffer de fosfatos utilizado previamente y se adicionó rotenona (5 µM), TTFA (0.5 mM), antimicina A (1 µg) y 0.1 de BSA y se incubó durante 3 minutos. Luego, se añadió citocromo *c* (125 µg) y se monitorizó durante 1 minuto a una longitud de onda de 550 nm (García-Berumen *et al.,* 2022).

RESULTADOS. Respiración.

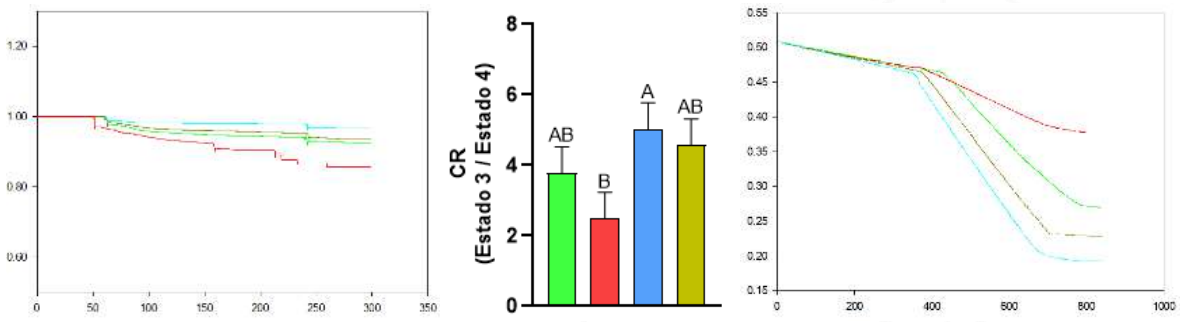


Figura 1. *Respiración mitocondrial de los diferentes tratamientos experimentales. A) Gráficos representativos B) Cocientes respiratorios. Los valores se representan como media ± error estándar (ANOVA de una vía seguido de una prueba post hoc de Tukey, *P ≤ 0.05, n=6).*

Hinchamiento.

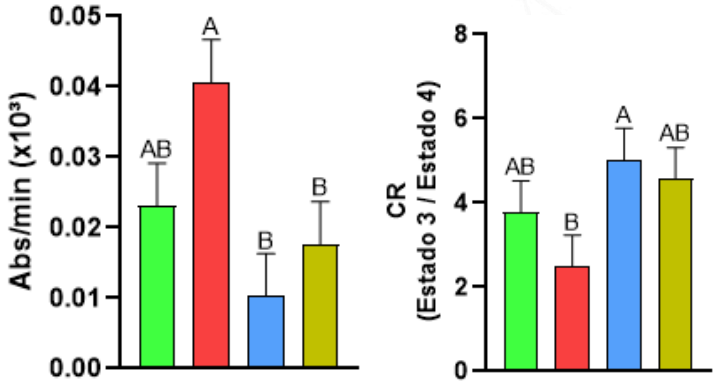


Figura 2. *Hinchamiento mitocondrial de los diferentes tratamientos experimentales. A) Gráficos representativos B) Datos obtenidos. Los valores se representan como media ± error estándar (ANOVA de una vía seguido de una prueba post hoc de Tukey, *P ≤ 0.05, n=6).*

Complejos de la Cadena Transportadora de Electrones

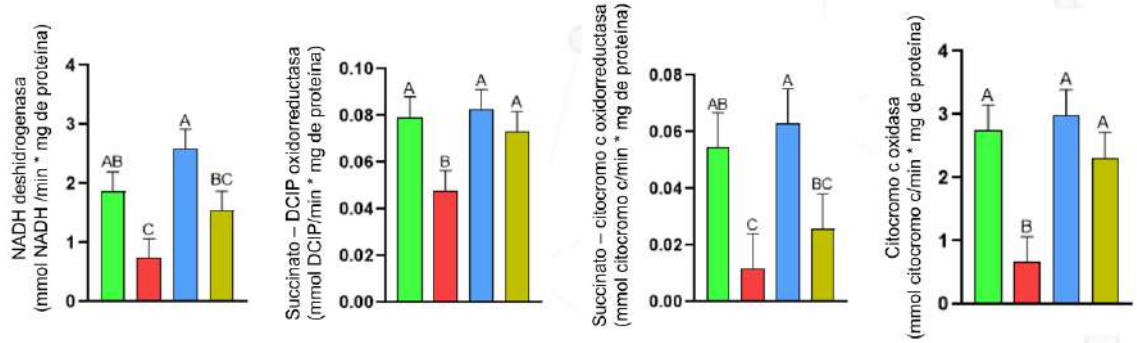


Figura 3. *Actividad de los complejos de la cadena transportadora de electrones. Los valores se representan como media ± error estándar (ANOVA de una vía seguido de una prueba post hoc de Tukey, *P ≤ 0.05, n=6).*

CONCLUSIONES. La obesidad es un factor importante en la reducción de la función de las mitocondrias del músculo esquelético, reduciendo de esta forma la capacidad del mismo. Sin embargo, la implementación de protocolos de ejercicio de moderada intensidad y la

administración farmacológica del diazóxido muestran el incremento de la función mitocondrial, por lo cual podrían ser tratamientos que ayuden a reducir los daños provocados por la obesidad.

REFERENCIAS.

1. García-Berumen, C. I., Vargas-Vargas, M. A., Ortiz-Avila, O., Piña–Zentella, R. M., Ramos-Gómez, M., Figueroa–García, M. D. C., ... & Cortés-Rojo, C. (2022). Avocado oil alleviates non-alcoholic fatty liver disease by improving mitochondrial function, oxidative stress and inflammation in rats fed a high fat–High fructose diet. Frontiers in pharmacology, 13, 1089130.
2. Gómez-Barroso, M., Moreno-Calderón, K. M., Sánchez-Duarte, E., Cortés-Rojo, C., Saavedra-Molina, A., Rodríguez-Orozco, A. R., y Montoya-Pérez, R. 2020. Diazoxide and exercise enhance muscle contraction during obesity by decreasing ROS levels, lipid peroxidation, and improving glutathione redox status. Antioxidants, 9(12), 1232
3. Gómez-Barroso, M., Vargas-Vargas, M. A., Peña-Montes, D. J., Cortés-Rojo, C., Saavedra-Molina, A., Sánchez-Duarte, E., Rodríguez-Orozco, A. R., y Montoya-Pérez, R. 2022. Comparative Effect of Three Different Exercise Intensities in Combination with Diazoxide on Contraction Capacity and Oxidative Stress of Skeletal Muscle in Obese Rats. Biology, 11(9), 1367
4. López-Cervantes, S. P., Sánchez, N. S., Calahorra, M., Mena-Montes, B., Pedraza-Vázquez, G., Hernández-Álvarez, D., Esparza-Perusquía, M., Peña, A., López-Díazguerrero, N. E., Alarcón-Aguilar, A., Luna-López, A., Flores-Herrera, Ó., & Königsberg, M. 2022. Moderate exercise combined with metformin-treatment improves mitochondrial bioenergetics of the quadriceps muscle of old female Wistar rats. Archives of gerontology and geriatrics, 102, 104717.
5. Wang, G., Liem, D. A., Vondriska, T. M., Honda, H. M., Korge, P., Pantaleon, D. M., Qiao, X., Wang, Y., Weiss, J. N., & Ping, P. 2005. Nitric oxide donors protect murine myocardium against infarction via modulation of mitochondrial permeability transition. American journal of physiology. Heart and circulatory physiology, 288(3), H1290–H1295.
6. Yin, L., Li, N., Jia, W., Wang, N., Liang, M., Yang, X. y Du, G. (2021). Atrofia muscular esquelética: de los mecanismos a los tratamientos. Investigación farmacológica, 172, 105807.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524127**

ESTUDIO DE REACTIVIDAD PLAQUETARIA EN PACIENTES CON PROCESOS INFLAMATORIOS

Maritza Torres Ambriz[1], Alan Fabricio Cano Méndez[2], Nallely Itandehui Garcia Larragoiti[3], Martha Eva Viveros Sandoval[4]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2110728b@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alan.cano@umich.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; nallely.garcia@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.viveros@umich.mx

Palabras Clave: Plaquetas, inmunotrombosis, inflamación.

RESUMEN. Las plaquetas juegan un papel crucial como efectoras en la coagulación y la modulación de las respuesta inmune e inflamatoria. Este entorno inflamatorio contribuye en la fisiopatología de trastornos autoinmunes, en los que se ha descrito aumento de actividad plaquetaria. Por otro lado, algunas de las personas recuperadas de COVID-19 han referido síntomas persistentes que prevalecen durante semanas o meses después de contraer la infección. Este síndrome nombrado “Long COVID” (LC). Se ha propuesto una correlación entre la perpetuación de síntomas en pacientes recuperados de COVID-19 y una disfunción tromboinflamatoria. Para evaluar el estado de reactividad plaquetaria en sujetos afectados por estas enfermedades analizamos muestras plaquetarias por medio de citometría de flujo, y observamos actividad plaquetaria elevada en los grupos de LC y enfermedades autoinmunes, existiendo expresión elevada de P-selectina (CD62P/PE) (6450.42); de la glicorpoteína IIbIIIa (PAC-1/FITC) (964.71), con respecto al grupo control, lo que nos sugieren la participación de las plaquetas en los procesos inmunotrombóticos con los que cursan estos pacientes, abriendo un amplio campo de investigación para el desarrollo de posibles terapias dirigidas a las plaquetas.

INTRODUCCIÓN. Las plaquetas juegan un papel crucial como células efectoras altamente especializadas, no solo de la coagulación, sino también como moduladoras de las respuesta inmune e inflamatoria. Esto lo logran a través de la liberación de moléculas biológicamente activas, como la interleucina (IL) 1β, que induce al endotelio a liberar otras interleucinas, como la IL-6 e IL-8, entre otras. También liberan CD154, el ligando del receptor CD40 (CD40L), que activa células inmunes como los linfocitos B y las células dendríticas; además las plaquetas expresan proteínas transmembranales, como el ligando para la glucoproteína P-selectina de tipo 1 (PSGL-1) que se encarga de mediar la interacción con leucocitos y células endoteliales, Es importante destacar la interacción con el receptor del factor de von Willebrand, glicoproteína Ib (GPIbIIa).[1]

ANTECEDENTES. En previas investigaciones se ha descrito que, en el entorno inflamatorio de trastornos autoinmunes o autoinflamatorios como Psoriasis, Lupus Eritematoso Sistémico (LES) o Espondiloartrosis Paraxial, las plaquetas contribuyen de manera activa a la fisiopatología de estas enfermedades, observándose un aumento de actividad de estas

y un incremento en la liberación de moléculas inflamatorias. [2,3] Por otro lado, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 ha afectado a millones de personas alrededor del mundo. Algunas de las personas recuperadas de COVID-19 han referido persistencia en los síntomas durante semanas o meses después de contraer la infección. Este síndrome se ha nombrado “Long COVID” (LC) o COVID Persistente. Se ha propuesto una correlación entre la perpetuación de síntomas en pacientes recuperados de COVID-19 y una disfunción tromboinflamatoria.[4] Por lo anterior, resulta imperante evaluar el estado de reactividad plaquetaria en sujetos afectos por enfermedades autoinmunes y LC.

OBJETIVOS. Estudiar la respuesta plaquetaria en pacientes con enfermedades autoinmunes (artritis reumatóide, lupus) y COVID persistente. Establecer una metodología de laboratorio para la evaluación de actividad plaquetaria mediante citometría de flujo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Evaluar mediante estudios de laboratorio la participación de las plaquetas en enfermedades autoinmunes y COVID persistente. Evaluar la respuesta plaquetaria en enfermedades autoinmunes, COVID persistente mediante citometría de flujo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Mediante venopunción se obtuvo una muestra sanguínea en tubo con anticoagulante citrato de sodio al 3.2%. Se aisló Plasma Rico en Plaquetas (PRP) mediante centrifugación lenta. Para la tinción de las muestras se separaron 200µl de PRP y se realizó un lavado con cocktail de inhibición que contiene acido acetil salicílico, ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y Prostaglandila E1 (PGE1), manteniendo una relación 1:1 durante 30 minutos y se centrifugó de nuevo a 800rpm por 3 minutos. Las plaquetas se resuspendieron en 200µl buffer Tyrodes y se agregararon 20µl de un cocktail de anticuerpos que incluye: anti CD41/PECy7 utilizado como marcador de identidad y PAC-1/FITC y CD62P/PE como marcadores de activación plaquetaria, identificando presencia de la glucorpoteína IIbIIA y la P selectina respectivamente. Se incubaron las muestras por 30 minutos en condiciones de oscuridad y temperatura controladas. Finalmente se fijó con 20µl de p-formaldehido al 4%y se analizó la muestra por medio de citometría de flujo en un equipo CytoFLEX BECKMAN COULTER.

RESULTADOS. Se diseño un panel de identificación de marcadores de actividad plaquetaria por citometría de flujo para evaluar la respuesta de plaquetas en los grupos controles y experimentales, los resultados se muestran en la figura 1.

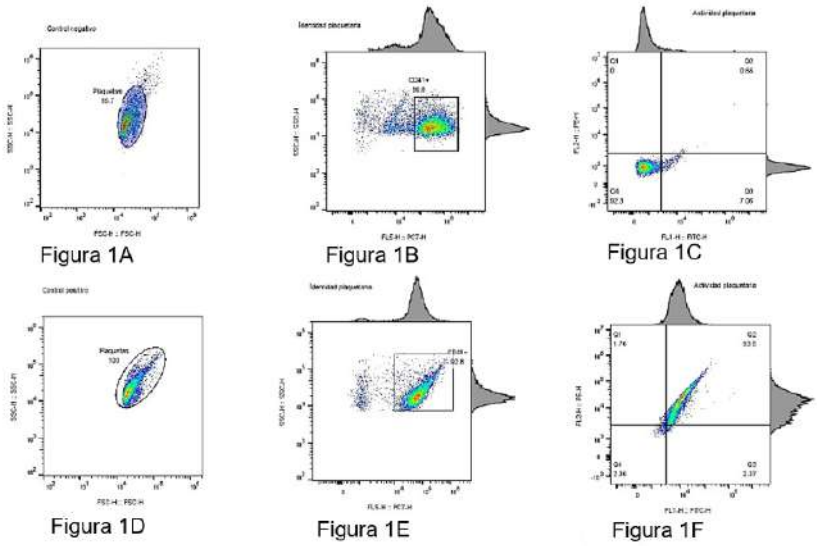


***Fig. 1**. Estrategia de citometría de flujo para identificar plaquetas activadas. 1A) Se adquirió la suspensión de PRP en el citómetro y se seleccionó la población de plaquetas por tamaño y complejidad. 1B) La expresión de CD41-PE / Cy7 se consideró como marcador de identidad plaquetaria y se seleccionó la población positiva. 1C) La activación plaquetaria se determinó por doble positividad a la expresión de IIbIIIa-FITC y CD62-PE. D) Se utilizó PRP no estimulado como control negativo 1E) Se determinó el área de negatividad para CD41-PE / Cy7 1F) La población doble negativa para αIIbβIII-FITC y CD62-PE se determinó como plaquetas inactivas.*

Con la finalidad de evaluar la actividad plaquetaria en pacientes con enfermedades autoinmunes que tuvieran persistencia de síntomas post COVID se evaluaron los porcentajes de expresión del complejo αIIbβIII (PAC1-FITC) y P-selectina (CD62-PE) los cuales fueron comparados contra un pool de plaquetas de voluntarios sanos. Observamos que existe un incremento en la reactividad plaquetaria en los grupos de LC y enfermedades autoinmunes, caracterizada por una expresión elevada de P-selectina (CD62P/PE) (6450.42) (Fig. 2); de la glicoproteína IIbIIIa (PAC-1/FITC) (964.71) (Fig. 3), con respecto al grupo control (1400 y 1198.8 respectivamente).

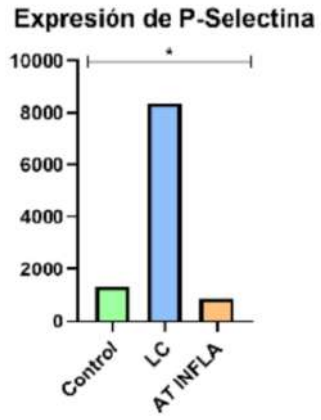


***Figura 2.** Determinación de expresión de P-selectina. Comparación de expresión de P-Selectina por medio de análisis estadístico entre un grupo control y grupos experimentales. Se observa en grupo de Long Covid (LC) una persistencia significativa de la expresión elevada de P selectina (CD62P/PE) en la media geométrica comparando con la actividad de un grupo control y del grupo experimental con enfermedades autoinmunes inflamatorias (ANOVA: 0.0406.*

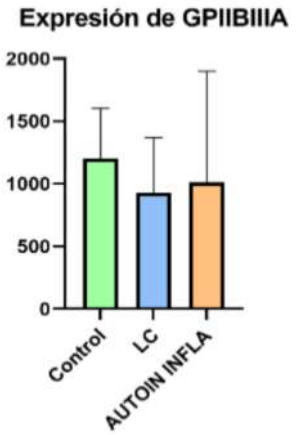


Figura 3. *Determinación de expresión de GPIIAIIIA. Comparación de expresión de la GPIIAIIIA por medio de análisis estadístico entre un grupo control y grupos experimentales. No se observa diferencia significativa entre los grupos experimentales de Long Covid (LC), enfermedades autoinmunes inflamatorias ni el grupo control de la expresión de GPIIAIIIA en la media geométrica.*

AGRADECIMIENTOS. Presento un profundo agradecimiento a la Dra. Martha Eva Viveros Sandoval, profesora investigadora de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas “Dr. Ignacio Chávez” de la UMSNH, a los Dres. Alan Cano y Nallely García Larragoiti, a la Maestra Patricia Guzmán y al Licenciado Rogelio Vega, por guiarme a través de la presente investigación; sin olvidar una mención y agradecimiento especial a todas las personas que participaron e hicieron posible la realización de este trabajo.

CONCLUSIONES. Nuestros resultados sugieren que las plaquetas desempeñan un papel clave en los procesos inmunotrombóticos observados en estos pacientes. Por lo tanto, es fundamental continuar investigando la activación plaquetaria en distintos procesos inflamatorios y su contribución a la patogenia de diversas enfermedades. Además, estos hallazgos abren un amplio campo de investigación para el desarrollo de posibles terapias dirigidas a las plaquetas, con el objetivo de reducir la inflamación asociada a estas patologías y mejorar el manejo clínico de los pacientes afectados.

REFERENCIAS.

1. Scherlinger, M., Richez, C., Tsokos, G.C. et al. The role of platelets in immune-mediated inflammatory diseases. Nature Reviews Immunol 23, 495–510 (2023). https://doi.org/10.1038/s41577-023-00834-4
2. Fan Z, Wang L, Jiang H, Lin Y, Wang Z. Platelet Dysfunction and Its Role in the Pathogenesis of Psoriasis. Dermatology. 2021;237(1):56-65. doi: 10.1159/000505536. Epub 2020 Apr 29. PMID: 32349003.
3. Ramirez-Cruz NE, Ilescas I, Gallegos B, Solorzano C, Perez Y y Hernández Cruz P. El papel de las plaquetas en enfermedades autoinmunes. Medigraphic 34 (2):49-58, 2015.
4. Cano-Mendez A, García-Larragoiti N, Damian-Vazquez M, Guzman-Cancino P, Lopez-Castaneda S, Ochoa-Zarzosa A, Viveros-Sandoval ME. Platelet Reactivity and Inflammatory Phenotype Induced by Full-Length Spike SARS-CoV-2 Protein and Its RBD Domain. Int J Mol Sci. 2022 Dec 2;23(23):15191. doi: 10.3390/ijms232315191. PMID: 36499540; PMCID: PMC9738415.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524128**

ESTUDIO IN SILICO DEL ÁCIDO 4-AMINO-4-(4-METOXIFENIL)BUTANOICO FRENTE AL RECEPTOR GABAB

Salvador Domínguez Guzmán[1], Juan Carlos Jiménez Cruz[2], Ramón Guzmán Mejía[3], Hugo A. García Gutiérrez[4], Julio C. Ontiveros Rodríguez[5], Judit A. Aviña Verduzco[6].

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2000232h@umich.mx

2 CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.jimenez@conahcyt.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ramon.guzman@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, hgarcia@umich.mx

5 CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, julio.ontiveros@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, javinaa@umich.mx

Palabras Clave: GABA, Acoplamiento molecular, Barrera hematoencefálica.

RESUMEN. En este trabajo se sintetizó el ácido 4-amino-4-(4-metoxifenil)butanoico (un γ-amino ácido) en tres etapas: primero, mediante un acoplamiento de Heck entre yodoanisol y 2,3-dihidrofurano para obtener el γ-cetoácido 4-(metoxifenil)-4-oxobutanoico; luego, mediante una reacción con hidróxido de amonio y ácido clorhídrico para formar una imina; y finalmente, reduciendo la imina con $NaBH_3$ y Pd/C. El γ-aminoácido sintetizado se comparó estructuralmente con el neurotransmisor GABA y fármacos como baclofeno y pregabalina. Los estudios de docking molecular y dinámica molecular mostraron que el enantiómero S presenta una mayor afinidad y estabilidad en la interacción con la proteína 4MS4 en comparación con el enantiómero R. Además, el análisis LogBB sugirió que el γ-aminoácido puede atravesar la barrera hematoencefálica, ofreciendo una base prometedora para su potencial terapéutico en trastornos neurológicos.

INTRODUCCIÓN. El ácido γ-aminobutírico (GABA) es el principal neurotransmisor inhibidor del sistema nervioso central, jugando un papel esencial en la regulación de la excitación neuronal y la prevención de la sobreestimulación. A pesar de su importancia terapéutica potencial, el GABA presenta una limitación significativa, su estructura que incluye dos grupos polares (NH_2 y COOH) le confiere una capacidad nula para atravesar la barrera hematoencefálica (BHE). Esta incapacidad limita su uso directo como agente terapéutico para trastornos neurológicos. Para superar esta limitación, se han desarrollado diversos análogos del GABA que mejoran la capacidad de cruce de la BHE. Ejemplos notables incluyen el baclofeno y la gabapentina, cuyos diseños incorporan grupos alifáticos en el esqueleto molecular para facilitar su permeabilidad a través de la barrera. En este contexto, el ácido 4-amino-4-(4-metoxifenil)butanoico emerge como un compuesto de interés debido a su estructura química que permite su comparación con fármacos como baclofeno y pregabalina; ambos fármacos se utilizan en el tratamiento de trastornos neurológicos, pero la efectividad de estos compuestos puede verse limitada por su capacidad para atravesar la BHE. Este trabajo tiene como objetivo sintetizar y caracterizar el ácido 4-amino-4-(4-metoxifenil)butanoico, así como evaluar su potencial terapéutico en comparación con fármacos establecidos. A través de este estudio, se busca proporcionar una base sólida

para futuros desarrollos que puedan ampliar la aplicación clínica de este γ-aminoácido en el tratamiento de trastornos neurológicos y otras afecciones relacionadas, optimizando así su eficacia y permeabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS. La síntesis del ácido 4-amino-4-(4-metoxifenil)butanoico consta de tres etapas principales. En primer lugar, se realizó la síntesis mediante un acoplamiento de Heck entre yodoanisol y 2,3-dihidrofurano en medio básico, catalizada con $PdCl_2(Gly)_2$, obteniendo como producto mayoritario el γ-cetoácido 4-(metoxifenil)-4-oxobutanoico (**1**), el cual sirve como punto de partida para la reacción subsecuente. Posteriormente se hizo reaccionar el cetoácido **1** con amoniaco, en metanol y agitación constante. La reacción se dejó actuar durante un tiempo para permitir la formación de la imina correspondiente, **2**. Por último, la imina se redujo utilizando $NaBH_3$, catalizado por Pd/C al 10%, para obtener el γ-aminoácido **3**, como se puede apreciar en la siguiente figura.

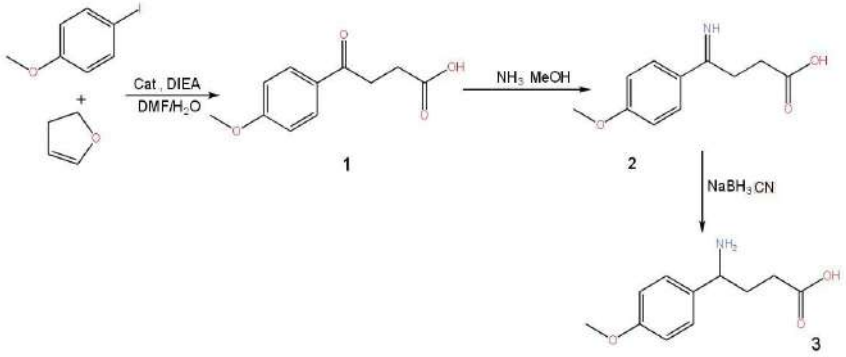


Figura 1. *Esquema de síntesis del ácido 4-amino-4-(4-metoxifenil)butanoico.*

RESULTADOS. En primera instancia, podemos comparar las moléculas del γ-aminoácido con el GABA. Ambos compuestos son aminoácidos que presentan el grupo amino en la posición γ con respecto al grupo carboxilo. Como se puede observar en la figura 2, el γ-aminoácido presenta una estructura lineal conformada por cuatro átomos de carbono, lo que lo convierte en un análogo estructural del GABA. Este mismo patrón estructural se observa en los fármacos de referencia, como la pregabalina y el baclofeno, los cuales también comparten una disposición similar entre el grupo amino y el carboxilo.

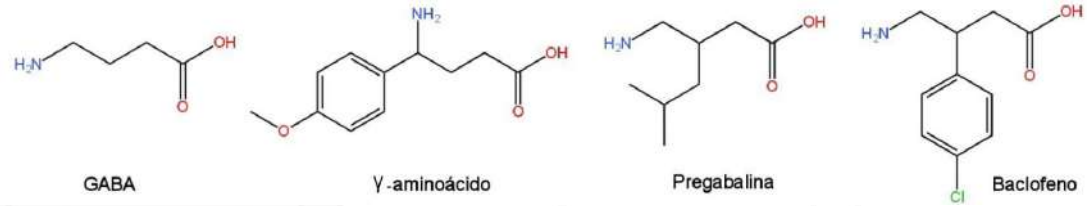
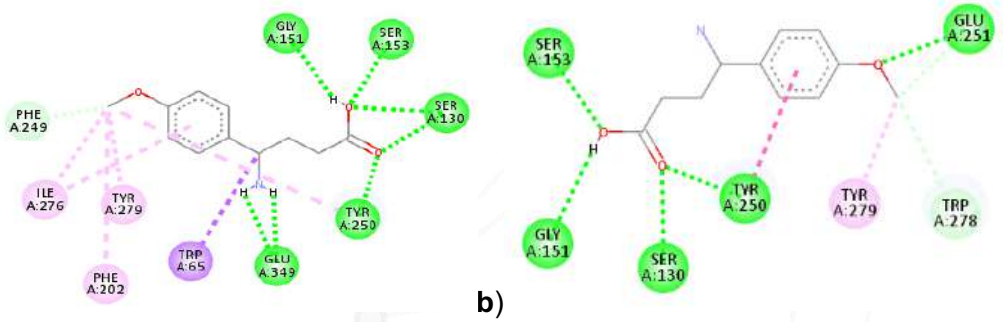


Figura 2. *Estructura química de γ-aminoácidos.*

El GABA, como fármaco, se ve impedido de llevar a cabo su acción farmacológica debido a su incapacidad para atravesar la barrera hematoencefálica. Por ello, se han buscado moléculas análogas al GABA que sí puedan cruzar esta barrera. Una estrategia ha sido extender la molécula con grupos alquilo, como en el caso del fármaco pregabalina, o añadir grupos arilo, como en el caso del baclofeno (Fig. 2). El γ-aminoácido descrito posee un grupo arilo, pero, a diferencia del baclofeno, conserva la estructura lineal del GABA, lo que podría mejorar su capacidad de interacción con la proteína. Además, este compuesto

presenta un grupo metoxilo (OMe) en la posición para con respecto a la cadena central, en contraste con el baclofeno, que en esa posición tiene un átomo de cloro. El baclofeno, la pregabalina y el γ-aminoácido sintetizado son moléculas que, además de ser análogos estructurales del GABA, comparten una característica estructural importante, un centro estereoquímico, lo que les confiere la propiedad de quiralidad. La quiralidad es una propiedad que implica que la molécula no es superponible a su imagen especular, algo que puede tener un impacto significativo en su interacción con los receptores biológicos y en su actividad farmacológica.

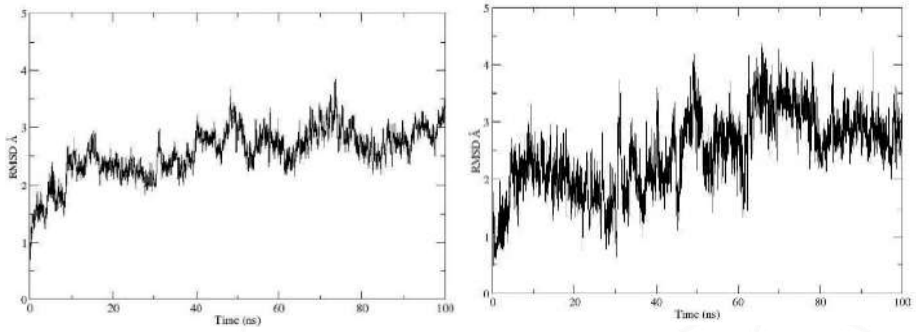
Interacciones Ligando-Receptor. Brown et al. (2015) estudiaron las interacciones de la molécula del fármaco de referencia, Baclofeno, con la proteína 4MS4. Las interacciones observadas incluyen puentes de hidrógeno con los residuos de aminoácidos Ser130 y Ser153 en un extremo de la molécula, y enlaces de hidrógeno con His170 y Glu349 en el otro extremo, con una energía de interacción fármaco-receptor de -8.64 kcal/mol. Para comparar, realizamos un estudio de *docking* molecular γ-aminoácido sintetizado con la proteína 4MS4. El *docking* molecular es una técnica computacional utilizada para predecir la estructura de unión entre un fármaco y su receptor, proporcionando información valiosa sobre la interacción a nivel atómico. En el caso del enantiómero S, observamos que presenta tres interacciones similares a las del Baclofeno: enlaces de hidrógeno del grupo carboxilo con Ser130 y Ser153, así como enlaces de hidrógeno del grupo amino con Glu349. Esto resulta en una energía de interacción fármaco-receptor de -9.34 kcal/mol, que es ligeramente más baja que la del Baclofeno, sugiriendo una posible mayor afinidad. Por otro lado, el enantiómero R exhibe únicamente dos de las cuatro interacciones presentes en el Baclofeno: los enlaces de hidrógeno del grupo carboxilo con Ser130 y Ser153. La energía de interacción de -8.93 kcal/mol indica una interacción menos favorable en comparación con el enantiómero S.



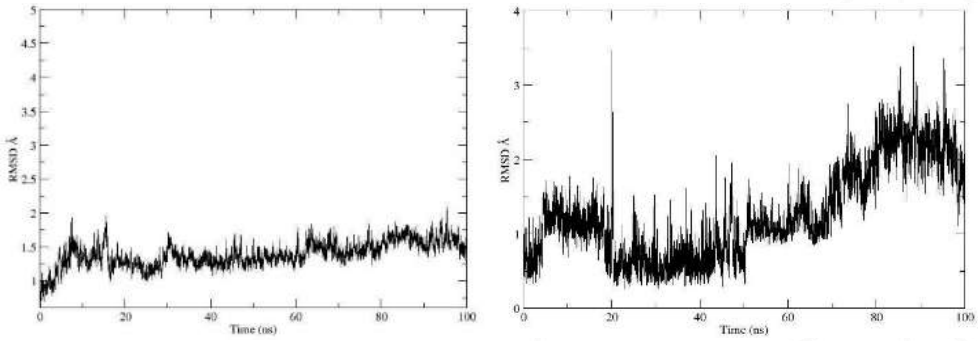
a) **b)**

Figura 3. *Interacciones ligando-receptor a) enantiómero S y b) enantiómero R.*

Estudio de dinámica molecular



a)



b)

Figura 4. *Gráficas de la Fluctuación de la Proteína y el Ligando Durante la Interacción a) enantiómero (R), b) enantiómero (S).*

La dinámica molecular es una técnica de simulación computacional utilizada para estudiar el comportamiento y las interacciones de átomos y moléculas a lo largo del tiempo. Esta técnica nos fue de utilidad para observar el comportamiento del γ-aminoácido con la proteína 4MS4 en condiciones fisiológicas. La interacción del enantiómero *R* con la proteína se describe en la figura 4. En el lado izquierdo de la figura 4a, se muestra la gráfica de fluctuaciones en angstroms de la proteína 4MS4, con una media aritmética de 2.566 Å. En el lado derecho, se presenta la gráfica correspondiente al ligando, que muestra una media de fluctuaciones de 2.433 Å durante la interacción. Estos datos indican una estabilidad en las fluctuaciones durante la interacción entre el ligando y el receptor. La interacción del enantiómero *S* con la proteína se ilustra en la figura 4b. La gráfica muestra que la proteína 4MS4 tiene una fluctuación media de 1.386 Å, mientras que el ligando presenta una fluctuación media de 1.255 Å durante la interacción. Estos resultados indican que el enantiómero *S* exhibe una menor fluctuación en ambos componentes en comparación con el enantiómero *R*, lo que sugiere una mayor estabilidad en la interacción entre el enantiómero *S* y la proteína 4MS4.

CONCLUSIONES. En conclusión, el γ-aminoácido sintetizado muestra características estructurales y de interacción prometedoras en comparación con los fármacos de referencia. Los estudios de docking molecular y dinámica molecular sugieren que el enantiómero S, en particular, podría ofrecer ventajas significativas en términos de afinidad y estabilidad en su interacción con la proteína objetivo. Además, el análisis mediante el programa en línea LogBB indicó que esta molécula posee la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuros estudios que exploren el potencial terapéutico del γ-aminoácido en el tratamiento de trastornos neurológicos.

REFERENCIAS.

1. Silverman, R. B.; Andruszkiewicz, R.; Nanavati, S. M.; Taylor, C. P.; & Vartanian, M. G. (1991). 3-Alkyl-4-aminobutyric acids: the first class of anticonvulsant agents that activates L-glutamic acid decarboxylase. J. Med. Chem., 34 (7), 2295-2298.
2. Knutsson, E.; Lindblom, U. L. F.; Mårtensson, A. (1974). Plasma and cerebrospinal fluid levels of baclofen (Lioresal®) at optimal therapeutic responses in spastic paresis. J. Neurol. Sci., 23 (3), 473-484.
3. Ríos, A., Aviña, J., Guzmán, R. (2021). Aminación reductiva de γ-hidroxicetonas y γ-cetoácidos como una alternativa en la obtención de análogos aromáticos del ácido γ-aminobutírico. (Tesis de maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

4. Brown, K. M., Roy, K. K., Hockerman, G. H., & Colby, D. A. (2015). Activation of the γ-Aminobutyric Acid Type B (GABAB) Receptor by Agonists and Positive Allosteric Modulators. J Med Chem. 58(16), 6336–6347.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524129**

ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES ESTRUCTURALES DE LA PROTEÍNA FACTOR DE VON WILLEBRAND EN PACIENTES RECUPERADOS DE COVID-19 Y PACIENTES CON COVID-19 PROLONGADO

Aidyl Morelia Tiznado Leyva[1], Alejandro Miguel Mora Silva[2], Camila Victoria Serrato Rivera[3], Sofía Zavala Guijosa[4], Patricia Guzmán Cancino[5], Alan Fabricio Cano Méndez[6], Martha Eva Viveros Sandoval[7]

1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1909216j@umich.mx
2Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2215328j@umich.mx
3Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2215132e@umich.mx
4Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2028252j@umich.mx
5Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1178918e@umich.mx
6Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; alan.cano@umich.mx
7Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; martha.viveros@umich.mx

Palabras Clave: SARS-CoV-2, Long COVID, Factor de von Willebrand, biomarcador, hipercoagulabilidad, inflamación.

RESUMEN. El COVID prolongado, o Long COVID (LC), es una complicación que se presenta aproximadamente en el 10% de las personas recuperadas de SARS-CoV-2. Se ha reconocido la disfunción endotelial como un factor central en la progresión del COVID prolongado, que conduce al desarrollo de un estado de hipercoagulabilidad. El Factor de von Willebrand (FvW) es una proteína que se almacena de manera fisiológica en los cuerpos de Weibel-Palade del endotelio, pero se libera cuando este es activado por una lesión, por lo que se ha considerado como marcador de daño endotelial. El FvW existe en varios tamaños, denominados multímeros de FvW, e incluye formas de peso molecular bajo (L), intermedio (I), alto (H) y ultra-alto (UL). La actividad adhesiva y procoagulante del FvW depende del tamaño de sus multímeros, considerando que la presencia de multímeros de mayor peso molecular sugieren un estado protrombótico asociado a la inflamación promovida por el LC. El objetivo del presente estudio es analizar la estructura proteica del Factor de von Willebrand en el suero de pacientes con LC y compararlo con un grupo control de pacientes recuperados de COVID-19. Se utilizó la técnica de Western-Blot para evaluar la estructura del FvW previamente recolectado de muestras de plasma de pacientes voluntarios con y sin secuelas de LC. Se separaron las proteínas usando geles de agarosa en una electroforesis vertical, posteriormente se realizó una transferencia en semi-seco a membranas de nitrocelulosa, para después bloquear la membrana con albúmina e incubar con el anticuerpo Polyclonal Rabbit Anti-Human FvW y un anticuerpo secundario Anti-Rabbit. Para obtener las imágenes se empleó un fotodocumentador de quimioluminiscencia. Observamos una mayor prevalencia de multímeros de alto peso molecular en pacientes con Long-COVID respecto a los del grupo control.

INTRODUCCIÓN. La COVID-19 continúa afectando a la población mundial debido a la aparición de variantes y la presentación de secuelas prolongadas. El COVID prolongado es una enfermedad debilitante que ocurre aproximadamente en el 10% de las personas infectadas por SARS-CoV-2. Si bien no se comprende completamente la patogénesis de la enfermedad, la disfunción endotelial se ha reconocido como un factor central en la progresión del Long-COVID. El Factor de von Willebrand es almacenado fisiológicamente en el endotelio y su liberación ha sido considerado como marcador de daño endotelial. El objetivo del presente estudio es analizar la estructura proteica del Factor de Von Willebrand en pacientes afectados y recuperados de COVID-19 y de aquellos con secuelas.

ANTECEDENTES. La enfermedad por COVID-19 es una entidad clínica causada por la infección del coronavirus SARS-CoV-2, que fue declarada pandemia por la OMS en marzo de 2020 debido al número alarmante de casos y muertes que se presentaron a nivel mundial. Desde entonces, a marzo de 2024 se han reportado un total de 774,834,251 casos a nivel mundial, y un total de 7.7 millones de casos en México (WHO COVID-19 Dashboard). El SARS-CoV-2 es un virus de ARN monocatenario positivo perteneciente a la familia Coronaviridae, que contiene 16 proteínas no estructurales y 4 proteínas estructurales, de las cuales la proteína Spike (S) es responsable de la entrada del virus a las células del huésped. Spike tiene un dominio de unión al receptor (RBD) que media el contacto directo con receptores propios de células, principalmente el receptor para la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA2) (Harrison, A., et al., 2020). Debido a que el receptor ECA2 no solo se encuentra en las células alveolares pulmonares sino que tiene una amplia distribución corporal, la infección por SARS-CoV-2 afecta a otros órganos y sistemas como el cardiovascular, gastrointestinal, sistema nervioso central, hígado, riñones, entre otros, lo que explica la variabilidad del desarrollo clínico de la enfermedad (Wu, X., et al., 2024). En un 20% de los casos, los pacientes sufren una infección que se expande al parénquima pulmonar y que conlleva a un deterioro progresivo, rápido y grave que compromete la homeostasis del individuo (Perico, L., et al., 2022), asociándose a vasculopatía, tormenta de citocinas inflamatorias, activación del sistema del complemento y desarrollo de un estado de hipercoagulabilidad (de Maistre, E., et al., 2023). El término inmunotrombosis fue descrito originalmente por Engelmann y Massberg para referirse a una vía intrínseca de inmunidad innata desencadenada por patógenos y daño celular para reducir el riesgo de propagación del daño. No obstante, durante este proceso las células inflamatorias liberan factores tisulares y nucleosomas intracelulares y degradan anticoagulantes endógenos (Bonaventura, A., et al., 2021), lo que puede provocar una retroalimentación positiva que conlleve a la formación exagerada de microtrombos e inflamación. Esta inmunotrombosis desencadenada por la disfunción endotelial se reconoce como un factor central en la progresión de la COVID-19 y el desarrollo de COVID prolongado (Wu, X., et al., 2024).
El factor de von Willebrand (FvW) es una glicoproteína multimérica que es almacenada en los cuerpos de Weibel-Palade del endotelio. El FvW existe en varios tamaños, denominados multímeros de FvW, e incluye formas de peso molecular bajo (L), intermedio (I), alto (H) y ultra-alto (UL). La actividad adhesiva y procoagulante del FvW depende del tamaño de sus multímeros, que oscilan entre 500 y más de 10 000 kDa(10). Los multímeros inusualmente grandes del FvW son, en condiciones normales, escindidos por la metaloproteinasa plasmática ADAMTS13 en multímeros más pequeños y menos adhesivos(Stockschlaeder, M., et al., 2014). En COVID-19, la activación y la lesión del endotelio ante la estimulación de la proteína Spike, inducen la liberación de FvW de los cuerpos de Weibel-Palade en

grandes cantidades y en configuraciones de multímetro ultra grandes (ULvWF). ADAMTS13 no puede contrarrestar el exceso de ULvWF, lo que resulta en altos niveles de ULvWF que conducen a una mayor formación de microtrombos vasculares. Estos ULvWF son pioneros en la determinación de un estado de hipercoagulabilidad y protrombótico en la COVID-19, causando un grado mayor de severidad (Wu, X., et al., 2024). El 2 de febrero de 2022, el Instituto Nacional de Salud y Cuidados de Excelencia (NICE, por sus siglas en inglés) publicó una guía que define la COVID-19 prolongada como los síntomas que continúan o se desarrollan después de una infección aguda por COVID-19 y que no pueden explicarse con un diagnóstico alternativo. Este término incluye COVID-19 sintomático en curso, de 4 a 12 semanas posteriores a la infección, y el síndrome posterior a COVID-19, más allá de las 12 semanas posteriores a la infección (Garg, P., et al., 2020). Dado que se conoce que el estado de disfunción endotelial es un mecanismo fuertemente asociado al desarrollo de Long-COVID y que se caracteriza por la expresión endotelial de la proteína FvW, este estudio pretende analizar la estructura multimérica de esta proteína y la potencial correlación existente entre la presencia de multímeros de alto peso molecular con un estado protrombótico así como la persistencia de síntomas en sujetos recuperado de COVID-19.

OBJETIVO. Estudiar alteraciones estructurales de la proteína del Factor de von Willebrand en pacientes recuperados de COVID-19 sin secuelas y pacientes con COVID prolongado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Identificar de una base de datos previa las variables demográficas y clínicas de los pacientes recuperados de COVID-19 con o sin síntomas prolongados. Evaluar el estado protrombótico en pacientes recuperados con y sin secuelas de COVID-19 a través de la estructura multimérica del Factor de von Willebrand. Comparar los multímeros del Factor de von Willebrand en pacientes recuperados de COVID-19 y pacientes con COVID prolongado.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se tomaron muestras de plasma y se determinaron las concentraciones plasmáticas del FvW en pacientes con LC. La estructura multimérica del FvW se evaluó mediante la técnica de Western-Blot. Se prepararon geles de agarosa al 1.8% para la separación de proteínas. Con las muestras se realizó una electroforesis vertical a 30 V durante 12-13 horas. Una vez separadas, las proteínas fueron transferidas a membranas de nitrocelulosa, previamente sensibilizadas con metanol, utilizando un sistema de transferencia en semi-seco a 18 V,1 hora. Posteriormente, la membrana se bloqueó con una solución de albúmina, 1 hora, para prevenir la unión no específica de anticuerpos. A continuación, se incubó la membrana con el anticuerpo Polyclonal Rabbit Antihuman von Willebrand Factor, 2 horas. Después de lavar la membrana con TBS-Tween, se incubó con un anticuerpo secundario Anti-Rabbit, 1 hora. Finalmente, la señal de la proteína fue detectada y se documentó utilizando un sistema quimioluminiscente.

RESULTADOS.

Estandarización de la técnica. Se logró estandarizar la técnica para visualizar la proteína Factor de von Willebrand con el método Western Blot a partir de las muestras obtenidas de los pacientes con COVID prolongado y el grupo control. Se lograron avances importantes en la disminución de ruido y diluciones en la imagen, así como la eliminación de burbujas y la visualización de las bandas electroforéticas. Además de ello, se mejoró la técnica de transferencia y bloqueo de las membranas de nitrocelulosa. Se muestran los resultados de

un experimento en las figuras 1 y 2, pudiendo observar las bandas proteicas y el corrimiento completo de ambos geles.

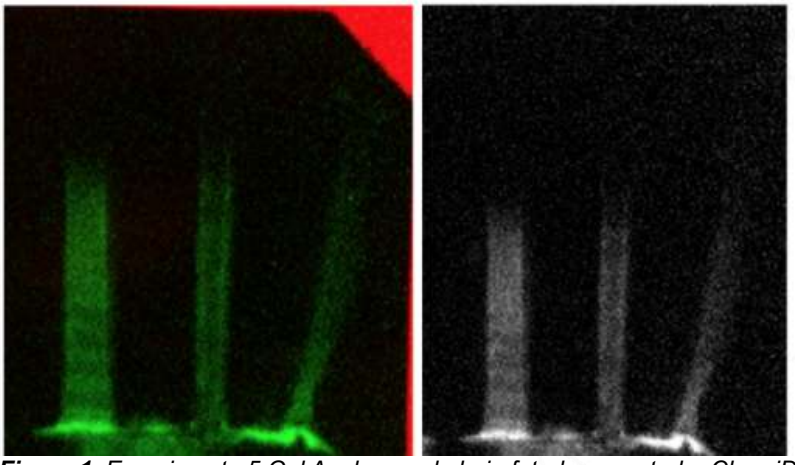


Figura 1. *Experimento 5 Gel A, observado bajo fotodocumentador ChemiDoc MP*

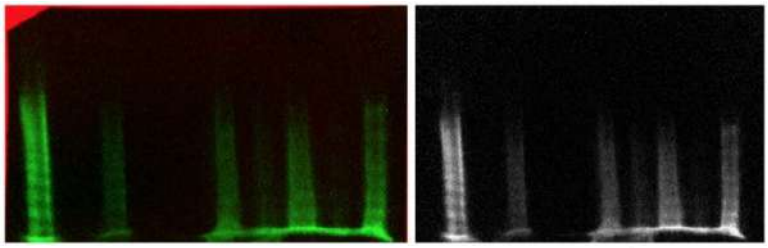


Figura 2. *Experimento 5 Gel C, observado bajo fotodocumentador ChemiDoc MP*
Imágenes obtenidas de la estandarización de técnica de Western Blot. No se incluye comparación de grupos.

CONCLUSIONES. En las imágenes obtenidas se aprecia la presencia de multímeros de alto peso molecular en los pacientes que presentan secuelas de Long-COVID, lo que orienta a la obtención favorable de resultados esperados en una correlación positiva de la aparición de secuelas y COVID prolongado con un estado protrombótico.

REFERENCIAS.

1. Harrison, A., et al (2020). Mechanisms of SARS-CoV-2 Transmission and Pathogenesis. Trends in immunology, 41(12), 1100–1115.
2. WHO COVID-19 Dashboard. Geneva: World Health Organization, 2020. Available online: https://covid19.who.int/ (cited: [2024 mar 21]).
3. Wu, X., et al (2024). Daño a las barreras endoteliales y su contribución a la COVID a largo plazo. Angiogénesis, 27(1), 5-22.
4. Perico, L., et al (2022). SARS-CoV-2 Spike Protein 1 activa las células endoteliales
5. microvasculares y el sistema de complemento que conduce a la agregación plaquetaria. Fronteras en inmunología, 13, 827146.
6. de Maistre, E., et al (2023). COVID-19 y el concepto de tromboinflamación: revisión de la relación entre la respuesta inmune, el endotelio y la coagulación. Revista de Medicina Clínica, 12(23), 7245.
7. Bonaventura, A., et al. (2021). La disfunción endotelial y la inmunotrombosis como mecanismos patógenos clave en la COVID-19. Reseñas de la naturaleza. Inmunología, 21(5), 319-329.
8. Stockschlaeder, M., et al (2014). Update on von Willebrand factor multimers: focus on high-molecular-weight multimers and their role in hemostasis. Blood coagulation & fibrinolysis: an international journal in haemostasis and thrombosis, 25(3), 206–216.
9. Garg, P., et al (2020). The "post-COVID" syndrome: How deep is the damage?. Journal of medical virology.

Área 5: Ciencias Médicas, Biomedicina y Salud. **Octubre, 2024**
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán **ID: EN0524132**

BÚSQUEDA DE POTENCIALES INHIBIDORES DE PAD2 IDENTIFICADOS POR ACOPLAMIENTO MOLECULAR PARA EL TRATAMIENTO DE ESCLEROSIS MÚLTIPLE

Itzel Herrera Hernández[1], Bryan German Pineda Cagua[2], Gildardo Rivera Sánchez[3]
1Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 201_1170c@umich.mx
2Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica; pad4inhibitorsthesis@gmail.com
3Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica; giriveras@ipn.mx

Palabras Clave: Esclerosis múltiple, acoplamiento molecular, PAD2.

RESUMEN. La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad crónica y autoinmune caracterizada por la desmielinización y la neurodegeneración del sistema nervioso central; es la causa principal de discapacidad neurológica no traumática en adultos jóvenes y afecta a aproximadamente 2.3 millones de personas en todo el mundo. Evidencia científica reciente sugiere que la citrulinación desempeña un papel significativo en la patogénesis de la EM, particularmente, se ha observado que la PAD2 induce la citrulinación de la proteína fijadora de mielina; por ello es un blanco farmacológico prometedor. El objetivo de esta investigación fue identificar potenciales inhibidores de PAD2 mediante acoplamiento molecular; se seleccionó el cristal 4N2C del PDB y se hicieron múltiples acoplamientos ciegos y dirigidos para determinar las coordenadas de los residuos del sitio catalítico y validar la metodología de acoplamiento utilizando el inhibidor selectivo AFM30A. Se hizo un cribado virtual basado en ligando de la base de datos COCONUT filtrando compuestos con similitud estructural del 75%, acoplamiento molecular con Vina y análisis de interacciones PLIP. De 1,120 compuestos naturales inicialmente filtrados y acoplados se lograron identificar 4 potenciales inhibidores de PAD2 con mejor energía de unión que el control (-6.548 kcal/mol), interactúan con al menos tres residuos del sitio catalítico y presentan propiedades farmacocinéticas semejantes a fármacos actualmente usados para el tratamiento de EM, resaltando que son capaces de permear la barrera hematoencefálica y cumplen con la regla de Lipinski, por lo que la principal perspectiva de este trabajo seria la determinación biológica de la actividad inhibitoria de estos compuestos. Como conclusión, la utilización de herramientas bioinformáticas permite el análisis de grandes volúmenes de datos para identificar potenciales compuestos para ser utilizados como fármacos, de esta manera el análisis in vitro e in vivo subsecuente para determinar la actividad biológica es más eficiente en términos de tiempo e inversión.

INTRODUCCIÓN. La Esclerosis Multiple (EM) es una enfermedad autoinmune caracterizada por la desmielinización y la neurodegeneración del sistema nervioso central, siendo la causa principal de discapacidad neurológica no traumática en adultos. A nivel global, la EM afecta a aproximadamente 2,3 millones de personas. Por lo general, se diagnostica entre los 20 y los 50 años, y es más frecuente en mujeres, en relación 3:1 con los hombres. En los últimos años, se ha acumulado evidencia que sugiere que la citrulinación puede desempeñar un papel significativo en la patogénesis de la EM. La

citrulinación es una modificación postraduccional de las proteínas en la que la peptidilarginina, cargada positivamente, se convierte en peptidilcitrulina, una molécula neutra, mediante la acción de la familia de enzimas peptidilarginina deiminasas (PAD). La familia de enzimas PAD cuenta con cinco isotipos conocidos: PAD1, PAD2, PAD3, PAD4 y PAD6. En el caso del cerebro, la isoforma PAD2 es la más prevalente. Particularmente, se ha observado que la PAD2 induce la citrulinación de la proteína fijadora de mielina (MBP), un componente esencial de la mielina. El presente proyecto tuvo como objetivo identificar mediante estudios de acoplamiento molecular nuevos inhibidores potenciales de la PAD2 para tratamiento de EM. Dado que el desarrollo de inhibidores específicos de PAD2 podría proporcionar una opción terapéutica eficaz para los pacientes con EM, con el potencial de reducir significativamente la carga de la enfermedad al prevenir la desmielinización y la neurodegeneración.

ANTECEDENTES. La peptidilarginina deiminasa 2 (PAD2) es una enzima dependiente de Ca2 + que cataliza la conversión de residuos de proteína arginina en citrulina. Este tipo de modificación postraduccional puede conducir a la exposición de neoepítopos, lo que desempeña un papel clave en la aparición y progresión de la esclerosis múltiple y otras enfermedades crónico-degenerativas, esto hace que PAD2 sea un objetivo atractivo para el desarrollo de nuevos fármacos. (Cicek et al., 2022). La isoforma PAD2 es la más prevalente en el cerebro, particularmente, se ha observado que la PAD2 induce la citrulinación de la proteína fijadora de mielina (MBP). En la EM, la proporción de MBP citrulinada (MBPcit) respecto a la MBP total (MBPtotal) es elevada. La citrulinación reduce las cargas positivas de los residuos de arginina en la MBP, lo que disminuye su interacción con los lípidos cargados negativamente. Como resultado, la MBPcit no puede formar las vainas compactas necesarias para la mielina, lo que provoca que esta permanezca inmadura o se vuelva inestable. Por lo tanto, se considera que las PAD, y en particular la PAD2, desempeñan un papel perjudicial en la EM (Falcao et al., 2019). En la búsqueda de inhibidores para PAD2 hay estudios que demuestran que AFM-30A es altamente potente y selectivo, mientras que también demuestra una excelente eficacia en múltiples ensayos basados en células. Además, AFM-30A posee una gran ventana terapéutica mientras exhibe >30 veces menos toxicidad no específica (Muth, et al., 2017).
En años más recientes Monreal y colaboradores, confirmaron que el inhibidor de PAD AFM-30A presentaba una alta especificidad en diversas pruebas experimentales y se mostraba esencialmente no tóxico. Aunque el estudio se centró en su aplicación para la artritis reumatoide (AR), los hallazgos sugieren que AFM-30A también podría ser prometedor para otras enfermedades donde la citrulinación es relevante, como podría serlo la EM (Monreal, et al., 2021).

OBJETIVO. Identificar mediante estudios de acoplamiento molecular nuevos potenciales inhibidores de PAD2 para el tratamiento de esclerosis múltiple.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se buscó y seleccionó una estructura cristalografíada de la Proteína Arginina Deiminasa tipo 2 humana en la base de datos PDB (Banco de Datos de Proteínas por sus siglas en inglés) que tuviera una resolución menor a 3.0 Å, que esté en la forma Holo y sin mutaciones. Como a la fecha no existe una estructura reportada con inhibidor co-cristalizado, se seleccionó un inhibidor selectivo para PAD2 para ser usado como control. La proteína se importó en MGL Tools 1.1.6, se eliminó las moléculas de agua,

los heteroátomos y se conservó solo una cadena en formato pdbqt. Se hicieron multiples acoplamientos ciegos y dirigidos de la proteína con el ligando control utilizando CB-Dock2 (https://cadd.labshare.cn/cb-dock2/index.php) y Vina 1.2.5 para validar la metodología, con una caja que cubra todos los residuos del sitio catalítico (R347, W348, Q350, D351, H471, D473 y C647). Para confirmar que el programa reproduzca la interacción con los mismos, se realizó por triplicado y mediante el cálculo del RMSD se confirmó las variaciones en la orientación que presentaron las poses predichas. Utilizando la base de datos COCONUT (https://coconut.naturalproducts.net/) se realizó una búsqueda por similitud estructural ≥ 75% para obtener una biblioteca de potenciales compuestos. Se filtraron los compuestos para eliminar duplicados y aquellos con un peso molecular >500 g/mol. Todos los compuestos obtenidos se prepararon minimizando cargas y se crearon coordenadas con el programa Data Warrior, las estructuras se exportaron en 3D y en formato sdf. Cada compuesto de la biblioteca fue acoplado con PAD2 en Vina 1.2.5 y se extrajeron las energías de unión de la primera pose predicha. Con la primera pose predicha se generaron los complejos inhibidores–proteína y se obtuvo el perfil de interacciones con PLIP. Se seleccionaron los compuestos que presentaron al menos 3 interacciones con residuos del sitio catalítico y los que presentaron al menos 5 interacciones totales. Se evaluaron las propiedades farmacocinéticas de los compuestos con fármacos utilizados actualmente para el tratamiento de EM administrados por vía oral (teriflunamida, dimetil fumarato y fingolimod). Las propiedades de similitud con los fármacos de estas moléculas se evaluaron utilizando ADMETlab 3.0 (https://admetlab3.scbdd.com/server/evaluation) mediante el cálculo de la regla de los cinco de Lipinski, la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, inhibidor de PGP (Glucoproteína P), genotoxicidad y cancerogenocidad. Con los valores farmacocinéticos se realizó una evaluación consenso, para cada propiedad considerada se estableció un valor de -1 cuando el efecto no es bueno, 0 cuando no hay efecto y 1 cuando el efecto es bueno, esto a partir de la revisión de literatura para establecer parámetros influyentes para un potencial fármaco para el tratamiento de EM. Finalmente, se eligieron los 4 compuestos con mejor puntaje consenso farmacocinético y se evaluó su potencial de actividad mediante predicciones PASS (https://www.way2drug.com/passonline/).

RESULTADOS. Tras validar la metodología de acoplamiento identificando como importantes los residuos del sitio catalítico R347, W348, D351, S404, H471, C647 y con un RMSD promedio de 0.53 Å se determinaron las coordenadas para la caja de acoplamiento (Fig.1).

Se logró establecer una biblioteca de compuestos de 1,120 elementos por similitud al 74% en la base de datos COCONUT, al acoplar y excluir de acuerdo a la energía de unión se obtuvieron 408 compuestos (Fig.2).

Con el análisis de interacciones cuantitativo y cualitativo se determinaron 20 compuestos totales, siendo las mayores interacciones para los residuos del sitio catalítico R347, W348 y D351 (Fig.2). Los compuestos CNP0335905, CNP0138116, CNP0004626 y CNP0014722 presentaron puntajes iguales en cuanto a propiedades farmacocinéticas al comparar con tratamientos actuales para EM, así como los puntajes altos en las propiedades determinadas *in silico* (Tabla 1). Finalmente, estos compuestos al evaluar con pass se ven asociados con características de interés para el tratamiento de EM.

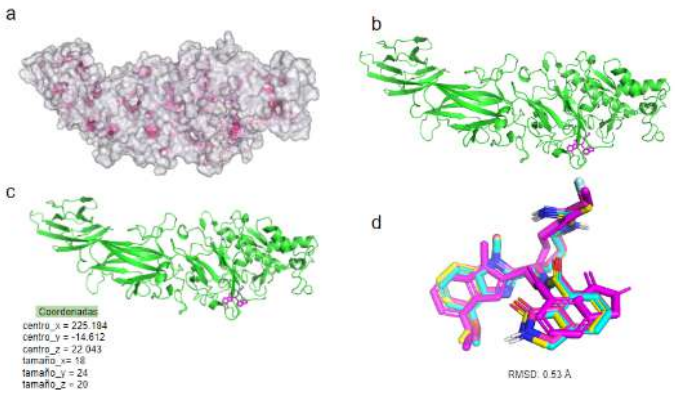


Figura 1. *Validación de la metodología mediante acoplamientos ciegos y dirigidos. (a) Acoplamiento ciego en CB-DOCK 2 (b) Acoplamiento ciego en VINA. (c) Acoplamiento dirigido en VINA y extracción de las coordenadas. (d) Validaciones de las repeticiones del acoplamiento en VINA*



Figura 3. *Cribado virtual basado en ligando. De una base datos inicial de 406,747 compuestos se estableció una biblioteca virtual de 1,120 compuestos se filtraron al realizar el acoplamiento molecular reduciéndose a 408 elementos, al realizar el análisis de interacciones se redujeron los compuestos a 20 y al evaluar las características farmacocinéticas se redujo a 4 potenciales tratamientos de EM.*

		Propiedades In Silico			Propiedades Farmacocinéticas					Puntaje Total		
	Compuestos	EU	RSC	IT	RL	BBB	PGP	Cancerígeno	Genotóxico	In Silico	F.C.	General
1	Teriflunomida	-1	-1	-1	1	0	0	1	-1	-3	1	-2
2	Dimetil_Fumarato	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	-3	2	-1
3	Fingolimod	-1	-1	-1	1	0	-1	1	1	-3	2	-1
4	AFM30A	0	0	0	1	-1	1	-1	-1	0	-1	-1
5	CNP0037628	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	3	-1	2
6	CNP0034768	1	0	1	1	1	-1	1	-1	2	1	3
7	CNP0347220	1	0	1	1	-1	1	0	-1	2	0	2
8	CNP0138116	1	1	1	1	1	1	-1	-1	3	1	4
9	CNP0335905	1	1	1	1	1	1	0	-1	3	2	5
10	CNP0014722	1	1	1	1	1	0	0	-1	3	1	4
11	CNP0383221	1	0	1	1	-1	1	0	-1	2	0	2
12	CNP0388389	1	1	1	1	-1	-1	0	-1	3	-2	1
13	CNP0003910	1	0	1	1	-1	-1	-1	-1	2	-3	-1
14	CNP0282718	1	1	1	1	-1	1	0	-1	3	0	3
15	CNP0418605	1	0	1	1	-1	1	1	-1	2	1	3
16	CNP0470933	1	0	1	1	-1	-1	0	-1	2	-2	0
17	CNP0045518	1	1	1	1	0	-1	0	-1	3	-1	2
18	CNP0014758	1	0	1	1	-1	-1	0	-1	2	-2	0
19	CNP0325785	1	0	1	1	1	-1	0	-1	2	0	2
20	CNP0347649	1	0	1	1	-1	-1	0	-1	2	-2	0
21	CNP0016890	1	0	1	1	-1	-1	1	1	2	1	3
22	CNP0004626	1	0	1	1	0	1	1	-1	2	2	4
23	CNP0235164	1	0	1	1	-1	-1	-1	-1	2	-3	-1
24	CNP0005005	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	3	-1	2

***Tabla 1**. Análisis consenso de propiedades In Silico y propiedades farmacocinéticas.*

CONCLUSIONES. Las herramientas bioinformáticas permiten analizar grandes volúmenes de datos y predecir la actividad biológica de una gran variedad de compuestos, lo cual facilita la búsqueda de nuevos fármacos para el tratamiento de enfermedades crónicas como la EM. De esta manera el análisis in vitro e in vivo subsecuente para determinar la actividad biológica es más eficiente en términos de tiempo e inversión.

REFERENCIAS.

1. Cicek, E., Monard, G., & Sungur, F. A. (2022). Molecular Mechanism of Protein Arginine Deiminase 2: A Study Involving Multiple Microsecond Long Molecular Dynamics Simulations. Biochemistry, 61(13), 1286-1297.
2. Falcao, A. M., Meijer, M., Scaglione, A., Rinwa, P., Agirre, E., Liang, J., ... & Castelo-Branco, G. (2019). PAD2-mediated citrullination contributes to efficient oligodendrocyte differentiation and myelination. Cell Reports, 27(4), 1090-1102.
3. Monreal, M. T., Rebak, A. S., Massarenti, L., Mondal, S., Šenolt, L., Ødum, N., ... & Damgaard, D. (2021). Applicability of small-molecule inhibitors in the study of peptidyl arginine deiminase 2 (PAD2) and PAD4. Frontiers in Immunology, 12, 716250.
4. Muth, A., Subramanian, V., Beaumont, E., Nagar, M., Kerry, P., McEwan, P., ... & Thompson, P. R. (2017). Development of a selective inhibitor of protein arginine deiminase 2. Journal of medicinal chemistry, 60(7), 3198-3211.

Área 6: Ciencias Exactas
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624101

SÍNTESIS SOSTENIBLE DE BISINDOLES: APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE

Max Oswaldo Mendoza Quiroz[1], Claudia Araceli Contreras Celedón[2], Fátima Montserrat Soto Suarez[2]

1 Facultad de Químico Farmacobiología; 1628165h@umich.mx

2 Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Claudia.contreras@umich.mx, fatima.soto@umich.mx

Palabras Clave: DES, química verde, disolventes verdes.

RESUMEN. Los disolventes son compuestos que han formado parte de la historia de la química debido a sus diversas aplicaciones. Sin embargo, con el nuevo enfoque que está tomando la industria estos se muestran insuficientes al cumplir los criterios necesarios para ser amigables con el medio ambiente, por lo que surge la necesidad de buscar nuevas alternativas, entre las que la química verde nace como una respuesta a esta problemática, englobando en ella a una serie de nuevos disolventes. Por lo cual en este trabajo se evalúa la síntesis de bis(indolil)metanos apoyándonos de los disolventes eutécticos profundos que han sido catalogados como disolventes verdes.

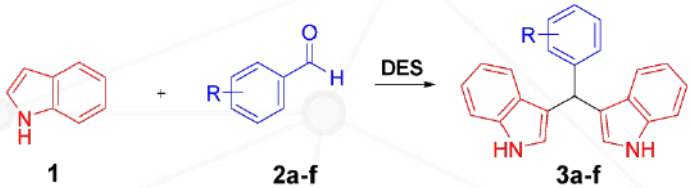
INTRODUCCIÓN. En la síntesis orgánica es muy común encontrarnos con rutas previamente planificadas y muy bien sistematizadas de los procesos que están implicados en cuestión. Estos procesos estructurales y funcionales deben seguir una secuencia lógica que nos permita obtener un producto final. Entre los componentes que existen para lograr la obtención de un producto final se encuentran los disolventes orgánicos, los cuales están formados a base de carbono y que se utilizan en grandes cantidades para una variedad de productos debido a la capacidad que tienen para disolver y facilitar la interacción de diferentes compuestos. Además, se usan en la elaboración de pinturas, recubrimientos y adhesivos, también como materias primas para la síntesis de productos, como medios de reacción y para la limpieza de equipos. Asimismo, se ha reportado que los disolventes constituyen entre el 80 y 90% de la masa no acuosa de los materiales utilizados para fabricar un ingrediente farmacéutico activo3, lo que deja como precedente su vital importancia. Algunos de los disolventes más empleados incluyen al benceno, tolueno, diclorometano, tetrahidrofurano, acetona, dimetilformamida, etc. Por otro lado, en las últimas dos décadas se ha buscado disminuir los efectos que se generan a partir de los procesos industriales, debido a los inconvenientes intrínsecos que presentan los compuestos orgánicos volátiles (COVs) como su acumulación en la atmósfera, inflamabilidad, alta toxicidad y no biodegradabilidad procedente de disolventes y carburantes. A pesar de estas consideraciones, un disolvente es el medio común para llevar a cabo reacciones orgánicas debido al fácil control sobre la transferencia de masa y calor, por esta razón los químicos no se han quedado de brazos cruzados y con el objetivo de que las principales instituciones, agencias de financiamiento y los principales usuarios industriales entiendan el potencial de nuevas alternativas, en las últimas décadas se han

incrementado los esfuerzos en utilizar nuevos disolventes (líquidos iónicos, fluidos supercríticos, bio solventes, disolventes eutécticos profundos) amigables con el medio ambiente en las diferentes rutas sintéticas, todos ellos con una serie de ventajas y desventajas englobados en lo que hoy día conocemos como la química verde4.

ANTECEDENTES. Dentro de la química verde, entre los disolventes sostenibles nos encontramos a los disolventes eutécticos profundos (DES por sus siglas en inglés) los cuales presentan propiedades prometedoras en el ámbito de la química verde al ser biodegradables, baratos, tener baja volatilidad y toxicidad. Esto los posiciona como una alternativa considerable que debe ser estudiada en los laboratorios. Fue el profesor Andrew Abbott y sus colaboradores de la Universidad de Leicester en el Reino Unido los primeros en trabajar con estos disolventes, en sus investigaciones observaron que al mezclar urea con cloruro de colina y otras sales, estos presentaban características interesantes como la depresión del punto de fusión de la mezcla que resultaba en un compuesto cristalino homogéneo que podía ser utilizado como disolvente en distintas reacciones de síntesis. La síntesis de bis(indolil)metanos se da a partir de la unión entre dos anillos indol unidos a un carbono central, el cual puede ser proporcionado por un aldehído o cetona, son compuestos de gran importancia debido a que presentan interesantes propiedades farmacológicas. Además, los derivados de bis(indolil)metano se encuentran entre los compuestos más activos en el campo de la farmacia. Existen rutas de síntesis bien establecidas para estos compuestos con buenos rendimientos tanto en síntesis de un solo paso como en síntesis multietapa. Se han encontrado reportes de su preparación utilizando ácidos proticos4 y ácidos de Lewis5. En este trabajo teniendo como principal enfoque utilizar un método que sea amigable con el medio ambiente, se evalúa la síntesis de bis(indolil)metanos utilizando a los DES como medio de reacción, teniendo como parámetros a analizar la temperatura, el tiempo de reacción y el rendimiento que se pueda obtener al utilizar las mezclas eutécticas.

OBJETIVOS. Llevar a cabo la síntesis de bis(indolil)metanos de manera sostenible y amigable con el medio ambiente. Minimizar la generación de residuos químicos peligrosos y no deseados. Evaluar las ventajas y desventajas de los disolventes eutécticos profundos (DES) como medio de reacción. Aislar, identificar y caracterizar a los productos que se obtengan en la síntesis propuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS. En la elaboración de este trabajo se propuso seguir la siguiente metodología general para lograr la obtención de nuestro producto.



1 **2a-f** **3a-f**

En la tabla 1 se muestran los ensayos realizados para la elección del DES más adecuado para llevarse a cabo la reacción, se evalúa su estabilidad, viscosidad, y el rendimiento que se obtenga de la reacción con dicho DES. Para optimizar la reacción se opta por utilizar sólo un DES que será nuestro medio de reacción para diferentes ensayos en los que utilizaremos aldehídos sustituidos.

Ensayo	DES	Proporción molar	Temperatura de formación (°C)

1	ChCl/p-TSOH	1:1	120
2	ChCl/Urea	1:2	80
3	ChCl/$ZnCl_2$	1:2	120
4	ChCl/Glicerol	1:2	120
5	ChCl/Ác. Tartárico	1:2	120
6	ChCl/$FeCl_3$	1:2	120

Tabla 1. *Optimización de la reacción modelo con distintos DES.*

Para la preparación del DES, se ponen en un vial de reacción las proporciones molares indicadas de cada reactivo, estos se llevan a calentamiento y agitación hasta lograr ver la formación de un líquido cristalino homogéneo.

Una vez formado el DES se añaden las materias primas **1** y **2**, en agitación constante hasta lograr la formación del producto. La reacción se monitorea por cromatografía en capa fina analizándola por luz ultravioleta. La extracción de la fase orgánica se lleva a cabo con agua y AcOEt. La purificación del crudo de reacción se realiza en cromatografía en columna con mezclas de Hexano/AcOEt en proporciones variadas. Los productos formado son caracterizados por espectrometría de GC-MS.
Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2 junto con los rendimientos de reacción obtenidos habiendo utilizado el DES 3.

RESULTADOS.

Ensayo	DES	Temperatura de reacción (°C)	Producto	Rendimientos obtenidos en (%) GC-MS
1	ChCl/ $ZnCl_2$	t.a.	3a	46
2	ChCl/ $ZnCl_2$	t.a.	3b	n.d.[a]
3	ChCl/$ZnCl_2$	t.a.	3c	33
4	ChCl/ $ZnCl_2$	t.a.	3d	31
5	ChCl/ $ZnCl_2$	t.a.	3e	n.d.[a]
6	ChCl/ $ZnCl_2$	t.a.	3f	21

Tabla 2. *Rendimientos obtenidos con el DES 3 en aldehídos sustituidos*
[a] No determinado

CONCLUSIONES. Se logró realizar con éxito la síntesis de bis(indolil)metanos mediante la síntesis propuesta, usando técnicas que son respetuosas con el medio ambiente, aplicando en el camino los principios de la química verde. En la síntesis de BIMs se obtienen mejores resultado usando medios de reacción ácidos o que se comporten como ácidos, por lo que se facilitó mejor la reacción en el DES 3. Es importante añadir que las síntesis de BIMs empleando disolventes eutécticos profundos es una vía poco explorada y es importante estudiarla. También cabe mencionar que el uso de los DESs en diferentes áreas de investigación todavía se encuentra en desarrollo, por lo que es necesario continuar con estas investigaciones para contribuir al cuidado del medio ambiente por medio de estas alternativas como lo es la química verde.

REFERENCIAS.

1. Constable DJC, Jimenez-Gonzalez C, Henderson RK. Org Process Res Dev. 2007;11(1):133-137.
2. Horváth IT, Anastas PT. Chem Rev. 2007;107(6):2169-2173.

3. Niknam K, Zolfigol MA, Sadabadi T, Nejati A. Journal of the Iranian Chemical Society. 2006; 3:318-322.
4. KK, C. Bulletin of the Catalysis Society of India. 2004; 3:23-42.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624104

ALTERACIONES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO Y LARVARIO POR EFECTO SUBLETAL DEL NITRATO DE SODIO DEL AJOLOTE DE PÁTZCUARO (Ambystoma dumerilii)

María Magdalena Tapia Castrejón[1], Rebeca Aneli Rueda Jasso[2]
1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx
2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Toxicidad, nitratos, ajolote, Ambystoma dumerilii, huevo y larva, alteraciones.

RESUMEN. Los compuestos nitrogenados son contaminantes abundantes en cuerpos de agua, que a concentraciones elevadas propician la eutrofización de los mismos y causan alteraciones a los organismos habitantes de estos sitios. Entre los principales afectados se encuentran los anfibios, debido a su alta sensibilidad y limitada capacidad para enfrentar cambios abruptos en el ambiente. La información del efecto tóxico de los nitratos en anfibios es escasa y en particular para A. dumerilii, no obstante, su hábitat está eutrofizado y sus poblaciones se han reducido. El presente trabajo buscó evaluar los efectos de un gradiente de concentración de nitrato de sodio en el desarrollo temprano de A. dumerilii. Para ello, los organismos se sometieron a una prueba subletal (31 días) bajo condiciones controladas de laboratorio, exponiendo a los huevos y las larvas a cinco diferentes concentraciones de nitrato de sodio (NaNO3) (450.5, 570.4, 690, 810, 930.6 mg N-NO3/L) para evaluar las afectaciones comparativamente con el grupo control. El experimento inició en la etapa de huevo y continuó hasta la fase larvaria. Las larvas se alimentaron dos veces al día y se registró el tiempo de respuesta al alimento por tratamiento. Diariamente se tomaron fotografías para comparar y detectar anomalías morfológicas. Los resultados mostraron que concentraciones elevadas de tóxico T3, T4 y T5), aumentan el tiempo de respuesta al alimento comparado con los organismos del grupo control y con T1 y T2; a la vez que generan afectaciones, como daño en las branquias, deformación en aleta caudal, lesiones cutáneas, desviación de la columna vertebral, inflamación abdominal e incluso la muerte. En el grupo control no se presentó mortalidad, pero en los tratamientos se registró un incremento de la mortalidad conforme aumento la concentración (T1-28 %, T233 %, T3-46 %, T4-82 % y T5-100 %).

INTRODUCCIÓN. De las actividades realizadas por los seres humanos, la agricultura es una de las que más influye en la modificación de la calidad y cantidad del agua. En México, la agricultura emplea 78 % del agua que se extrae (Conagua, 2012), además de que el uso de agroquímicos modifica su calidad. Esto propicia la eutrofización de los sitios, la pérdida del hábitar y la muerte de muchos organismos acuáticos (Grijalva, 2020). Los datos actuales sugieren que los fertilizantes nitrogenados, como el nitrato de amonio (NH4NO3), el nitrato de potasio (KNO3) y el nitrato de sodio (NaNO3), pueden estar contribuyendo a la pérdida de biodiversidad (Camargo y Salamanca, 2005). Los excedentes de nitratos a concentraciones elevadas han tenido un gran impacto sobre los anfibios, esto debido a su

alta sensibilidad, limitada capacidad para tolerar cambios abruptos en el ambiente (Mattoon, 2000). La respuesta del ajolote A. dumerilii a los nitratos es poco conocida. Dentro de los estudios que se han realizado para conocer su tolerancia a estos se encontró que la exposición al nitrato de potasio retrasó el desarrollo embrionario de A. dumerilii y provocó malformaciones (González, 2020). Con el fin de comprobar el comportamiento del nitrato de sodio (NaNO3), se determinó la concentración letal 50 (CL50) y las afectaciones subletales a fin de conocer sus efectos y establecer los límites máximos permisibles (concentraciones) a los cuales esta especie puede sobrevivir.

ANTECEDENTES. En estudios anteriores, se determinó que exposición la exposición crónica del caracol acuático (Potamopyrgus antipodarum) a los nitratos no le causa la muerte, pero si provoca la disminución de la velocidad de movimiento y reducción del número de organismos nacidos vivos (Alonso y Camargo, 2013). En el pez piscarido de cabeza gorda (Pimephales promelas) se encontró que es una especie sensible a los nitratos, pues su presencia altera el metabolismo de las hormonas esteroides en ambos sexos, lo cual tiene implicaciones para su reproducción (Kellock., et al., 2018). En el pez acúmara (Algansea lacustris) se sometió a diferentes concentraciones de la mezcla de nitratos y fosfatos, los resultados mostraron una disminución del desplazamiento, rompimiento del cardumen, pérdida de equilibro y disminución del nado en la mayor concentración, así como alteraciones histológicas en branquias y cerebro (Guadarrama-Cárdenas, 2023). En los estudios toxicológicos que se han realizado anteriormente con A. dumerilii se utilizó nitrato de potasio, el cual a partir de las concentraciones intermedias a altas provocó inflamación abdominal, branquias rizadas, retraso en el desarrollo, interrupción del desarrollo embrionario (González, 2020). Para el presente trabajo se eligió investigar el ion sodio dado que el potasio se asocia a alteraciones cardiovasculares.

OBJETIVO. Evaluar las afectaciones en el desarrollo temprano de A. dumerilii como respuesta a un gradiente de concentración de NaNO3 en condiciones de laboratorio, comparativamente contra un grupo control sin tóxico.

OBJETIVOS PARTICULARES. Establecer la CL50 de NaNO3 durante el desarrollo temprano de A. dumerilii por medio de una prueba subletal. Evaluar las respuestas conductuales y morfológicas de A. dumerilii a una prueba subletal de NaNO3

MATERIALES Y MÉTODOS. El desarrollo de los experimentos se llevó a cabo en el laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología, UMSNH, en un área aislada bajo condiciones controladas. Los organismos se obtuvieron a partir de los reproductores que se encuentran en cautiverio en el laboratorio. La prueba subletal se llevó a cabo con 31 días de exposición y se utilizaron cinco diferentes concentraciones de $NaNO_3$ (450.5, 570.4, 690, 810, 930.6 mg $N\text{-}NO_3/L$). La concentración letal 50 (CL_{50}) se determinó mediante la prueba PROBIT.

El diseño experimental se resume en la fig. 1.

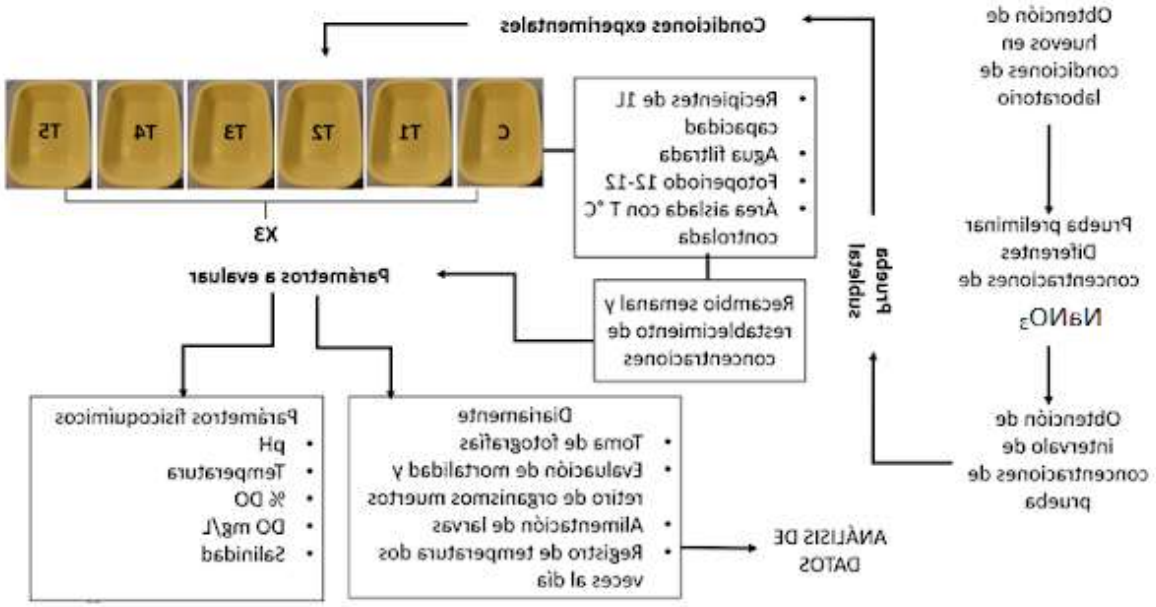


***Figura 1**. Diseño experimental del efecto subletal de los nitratos en la mortalidad, alteraciones morfológicas y respuesta al alimento del ajolote A. dumerilli.*

RESULTADOS. La prueba PROBIT arrojó que la CL_{50} a 31 días de exposición a $NaNO_3$ fue de 624.5 mg N-NO_3/L (Tabla. 1). La mortalidad se presenta en la figura 2, la cual muestra un aumento de este parámetro conforme aumentaban las concentraciones del tóxico, donde el T5 alcanza el 100 % de mortalidad en el día 14.

Prueba PROBIT			
CL%	mg/L	Límite inferior	Límite superior
CL10	360.5	308.7	421.1
CL25	461.4	395.0	538.8
CL50	624.5	534.7	729.4

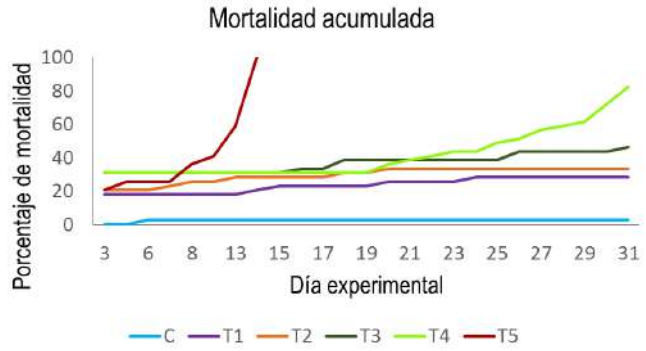
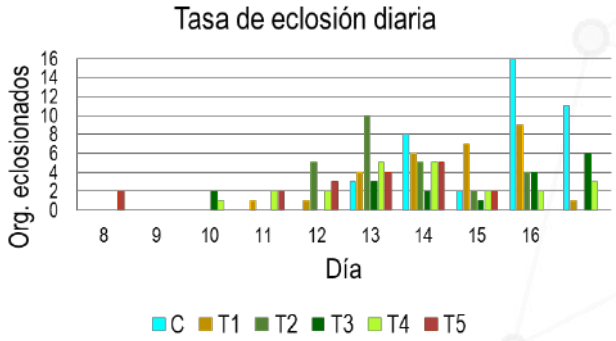


Tabla 1. CL_{50} con su límite inferior y superior
Figura 2. Mortalidad acumulada causada por la exposición subletal (31 días) de A. dumerilii al $NaNO_3$

En cuanto al porcentaje de eclosión, los organismos tratados con la mayor concentración presentaron eclosión temprana en comparación con el grupo control (fig. 3). De igual forma se registró un incremento en el tiempo de respuesta al estímulo del alimento en los organismos expuestos a concentraciones elevadas de nitratos (fig. 4).



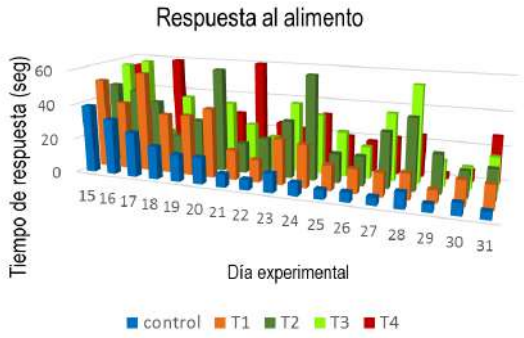


Figura 3. *Tasa de eclosión diaria de A. dumerilii a partir del día ocho hasta el día 16 de exposición a $NaNO_3$*
Figura 4. *Tiempo de respuesta al alimento (seg) de las larvas de A dumerilii durante la prueba subletal.*

Las afectaciones morfológicas que se presentaron a partir de la eclosión, se resumen en la figura 5, en la que se observa que los daños más frecuentes son la deformación de la aleta caudal y las afectaciones branquiales, que van desde hiperpigmentación en la zona distal de la branquia hasta la reducción del largo y la deformación de las mismas.

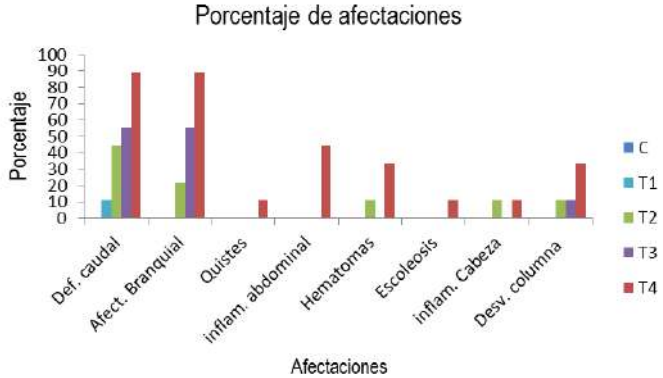


Figura 5. *Porcentaje de afectaciones por tratamiento durante la exposición subletal de $NaNO_3$ a 31 días de exposición.*

CONCLUSIONES. A. dumerilli mostró ser una especie tolerante a los nitratos en comparación con otras especies, sin embargo, las alteraciones provocadas son evidentes desde la fase embrionaria aún en los organismos expuestos a la concentración más baja. Este puede ser un factor que incide en la disminución de poblaciones. Asimismo, se evidencia la importancia de realizar sistemáticamente pruebas toxicológicas que den la pauta para establecer límites máximos permisibles de diferentes compuestos que se encuentran el ambiente, evitando así que la vida silvestre se vea afectada.

REFERENCIAS.

1. CONAGUA. (2012). Estadísticas del agua en México. 2011, México, Conagua-SEMARNAT p. 259.
2. Grijalva, A., Jiménez, M., y Ponce, H., (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento (Recimundo), 4(4), 79-93. doi:10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.79-93
3. Camargo, J. A., Alonso, A. y Salamanca, A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. Chemosphere, 58(9), 1255-1267.
4. Mattoon, A. (2000). El declive de los anfibios. Worldwatch Institute, 23, 11-21.
5. Guadarrama-Cárdenas, J., (2023). Efecto de la mezcla de diferentes concentraciones de fosfatos y nitratos en crías de acúmara (Algansea lacustris). Tesis de maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pp. 87.
6. González, V, M. A., (2020). Efecto letal50 de nitratos en el desarrollo temprano del achoque Ambystoma dumerilii Dugès, 1870. Tesis de licenciatura, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Pp. 69.
7. Alonso, Á., y Camargo, J. A. (2013). Nitrate causes deleterious effects on the behaviour and reproduction of the aquatic snail Potamopyrgus antipodarum (Hydrobiidae, Mollusca). Environmental Science and Pollution Research, 20, 5388-5396.
8. Kellock, K. A., Moore, A. P., y Bringolf, R. B., (2018). Chronic nitrate exposure alters reproductive physiology in fathead minnows. Environmental pollution (Barking, Essex: 1987), 232, 322–328. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.004

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624106

SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA HETEROCÍCLICO INDOL-TETRAZOL 1,5-DISUSTITUIDO VÍA UNA REACCIÓN DE MULTICOMPONENTES DE ALTO ORDEN Y SU ESTUDIO DE ACTIVIDAD CITOTÓXICA HACIA LA LÍNEA CELULAR MCF-7

Nadia Valeria Emilio Velázquez[1], Cesia Manuella Aguilar Morales[1], Jesús Adrián López[2], Angelica Judith Granado López[2], Luis Chacón García[1], Carlos Jesús Cortés García[1]*

Laboratorio de Diseño Molecular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, C.P. 58033 Morelia, Michoacán, México.; 1915341e@umich.mx, jesus.cortes@umich.mx

Laboratorio de microRNAs y Cáncer, Universidad Autónoma de Zacatecas, Av. Preparatoria S/N, Agronómica, Campus II, Zacatecas 98066, Zacatecas, Mexico

Palabras Clave: Indoles, tetrazoles 1,5-disustituidos, MCF-7, actividad citotóxica, reacciones de multicomponentes de alto orden, isonitrilos.

RESUMEN. Se presenta una estrategia de síntesis novedosa para la obtención de una nueva serie de híbridos de tetrazol-indol 1,5-disustituidos mediante una reacción multicomponente de alto orden que consistió en una secuencia en cascada de Ugi-azida / heteroanulación catalizada por Pd/Cu. Este protocolo de un solo paso y operacionalmente simple, permitió una alta eficiencia en la formación de enlaces, creando seis nuevos enlaces (dos C-C, tres C-N y uno N-N). Además, los productos se evaluaron contra células de cáncer de mama MCF-7, encontrándose actividad moderada en los compuestos sustituidos con flúor y cloro.

INTRODUCCIÓN. Los heterociclos nitrogenados como los tetrazoles 1,5-disustituidos e indoles se encuentran en una plétora de compuestos con relevancia biológica y farmacológica[1]. Son indispensables en el diseño y la síntesis de nuevos fármacos destinados a contrarrestar la farmacorresistencia, la cual es una de las principales amenazas globales a la salud[2]. Así, una estrategia para acceder a compuestos altamente bioactivos que pueden convertirse en candidatos a fármacos de manera rápida y eficiente es la hibridación molecular[3], que consiste en la unión covalente de dos o más fragmentos farmacofóricos para obtener nuevos compuestos híbridos con mayor bioactividad que el fármaco de comparación. Esto se logra mediante herramientas sintéticas poderosas, como las reacciones multicomponentes (MCRs)[4]. Entre estas, las reacciones de multicomponentes basadas en isonitrilos (I-MCRs), como la reacción de Ugi-azida, han demostrado ser de mayor relevancia biológica y sintética[5].

En el mismo contexto, la hibridación de tetrazoles 1,5-disustituidos con el fragmento indol mediante reacciones multicomponentes basadas en isonitrilos (I-MCRs), como la reacción de Ugi-azida, es muy limitada. A la fecha, solo existen tres reportes que describen su síntesis, y que se muestran en la figura 1a-c. En 2021, el grupo de investigación de Dömling sintetizó una serie de 1,5-disustituidos tetrazol-indoles **6** con rendimientos de buenos a excelentes a través de una secuencia Ugi-azida/ciclación intramolecular mediada por

ácido[6]. En 2018, Balalaie describió un método eficiente para la síntesis de un nuevo sistema de 1,5-disustituidos tetrazol-indol **10**, en una reacción de dos pasos: Ugi-azida seguida de una ciclización catalizada por $AuCl_3$, en buenos rendimientos[7]. En 2019, Salahi y colaboradores sintetizaron una serie de tetrazoles-indoles **15** mediante una reacción de Ugi-azida con rendimientos de moderados a buenos[8]. Cabe destacar que ninguna de las estrategias descritas previamente involucró el uso de reacciones multicomponentes de alto orden (HO-MCRs).

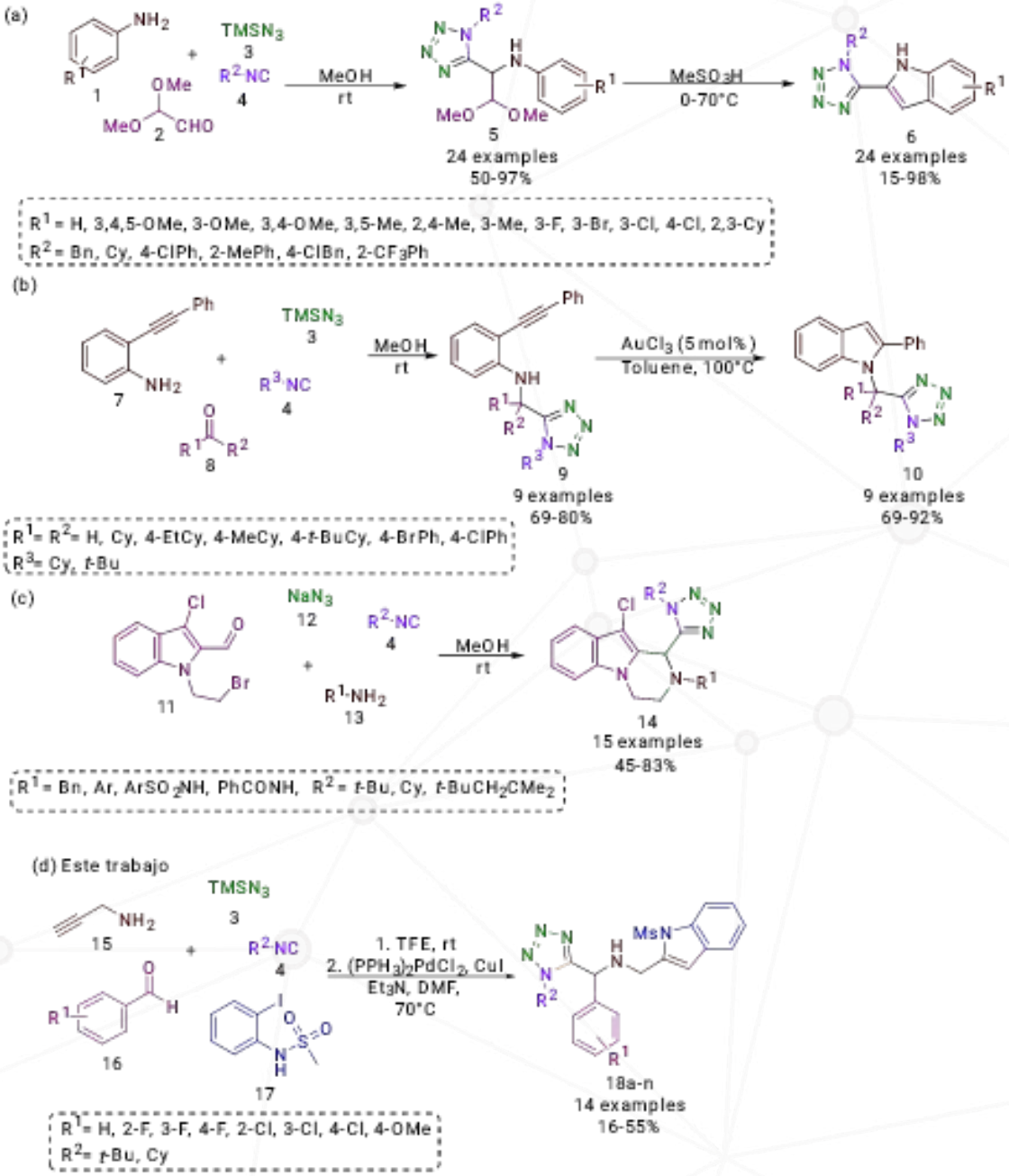


Fig. 1. *Aproximaciones sintéticas para la síntesis de indoles-tetrazoles.*

OBJETIVO. Sintetizar una serie de compuestos híbridos indol-tetrazol 1,5-disustituido y evaluar la actividad citotóxica hacia la línea celular del cáncer de mama MCF-7.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Sintetizar una serie de compuestos híbridos del tipo indol-tetrazol 1,5-disustituido. Evaluar su actividad in vitro de los compuestos sintetizados a la línea celular MCF-7.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso.

La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. Se comenzó con la síntesis de una serie de indoles tetrazol-1,5-disustituidos **18a-n**, mediante una reacción multicomponente de alto orden que implicó un doble proceso: una reacción multicomponente de Ugi-azida acoplada a una heteroanulación catalizada por Pd/Cu (Figura 2). Las condiciones para la reacción de Ugi-azida se optimizaron con base a lo descrito por nuestro grupo de trabajo, que es el uso de trifluoroetanol como disolvente a temperatura ambiente [23–25]. Posteriormente, investigamos la reacción de heteroanulación bajo las condiciones más comunes, utilizando un sistema catalítico compuesto por $PdCl_2(PPh_3)_2$, Et_3N y CuI. El componente clave para esta reacción fue la 2-iodoanilina mesilada **17**, ya que se conoce que el uso de 2-iodoanilina favorece exclusivamente a la formación del producto de acoplamiento de Sonogashira. Como se muestra en la Figura 2, se obtuvieron catorce ejemplos de indoles tetrazol-1,5-disustituidos **18a-n**, con rendimientos que varían entre el 16% y el 55% después de su purificación por cromatografía en columna. Aunque algunos rendimientos son relativamente bajos, se consideran aceptables dado la complejidad estructural, la economía atómica y la eficiencia en términos de tiempo y recursos que ofrece esta reacción multicomponente de alto orden. Las moléculas objetivo fueron completamente caracterizados mediante espectroscopía de RMN de ^{1}H y ^{13}C, así como espectrometría de masas de alta resolución (HRMS).

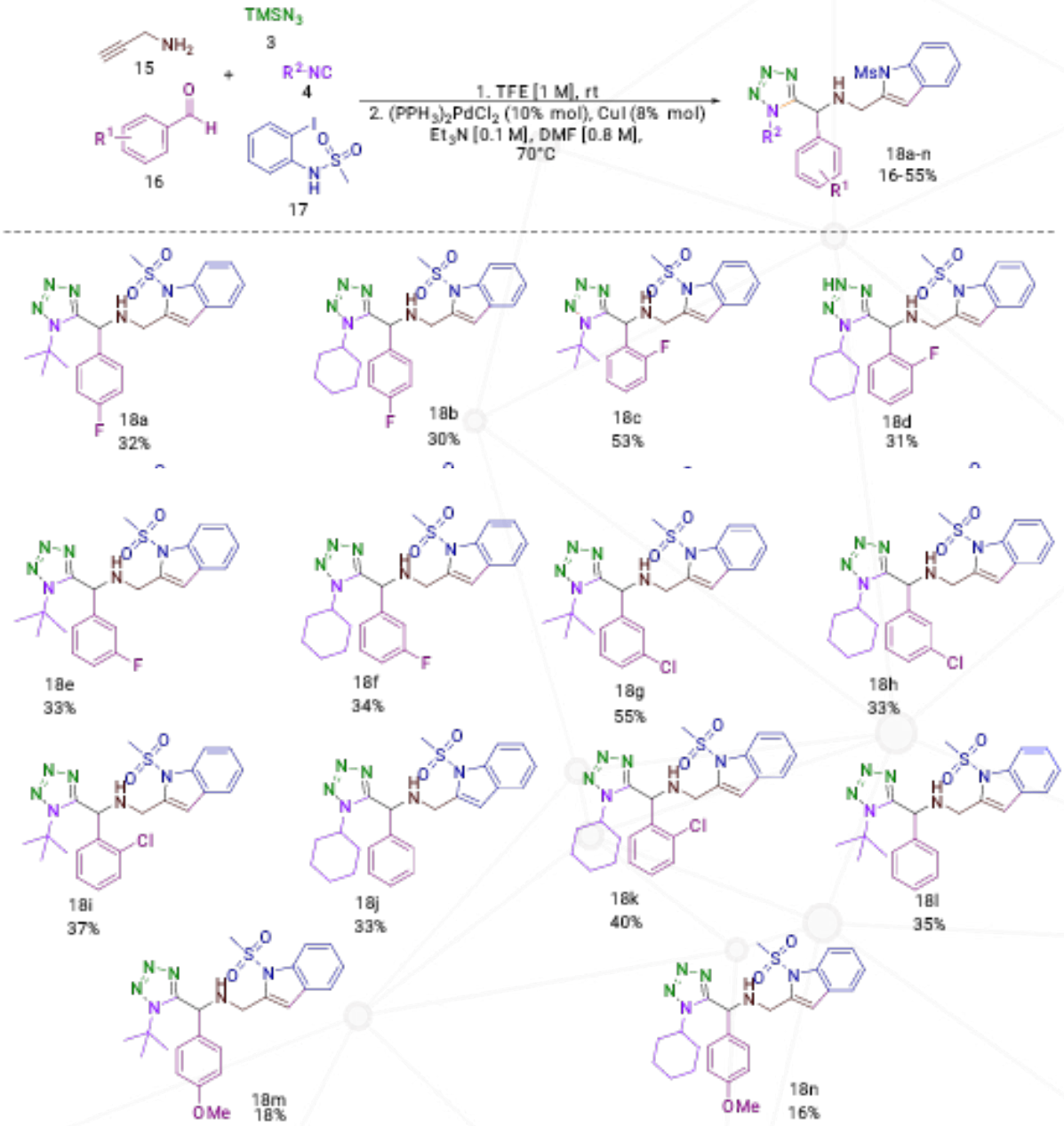


Fig. 2. *Síntesis de los indoles tetrazol-1,5-disustituidos 18a-n vía RMC de alto orden.*

Por lo tanto, en este trabajo se exploró la actividad citotóxica de los indoles-tetrazol **18a-i** contra la línea celular MCF-7, que se utiliza como modelo de cáncer de mama (BC), mostrando diferentes efectos en la inhibición de la proliferación celular en las células MCF-7 (Figura 3), lo cual podría atribuirse a las características moleculares de las células [40–43]. Los compuestos que provocaron inhibición de la proliferación se ordenan de mayor a menor efecto sobre la línea celular MCF-7: **18d, 18j, 18h, 18i, 18b, 18f, 18a, 18g, 18c y 18e**. Los compuestos **18c** y **18e** no afectaron la inhibición de la proliferación en las células

MCF-7. No se alcanzó el IC_{50} para los compuestos **18c** y **18e**, en contraste con los otros compuestos, lo que probablemente esté influenciado por el sustituyente tetrazol, ya que los compuestos que contienen *terc*-butilo son menos activos, mientras que los compuestos que contienen ciclohexilo y fluorofenilo, así como ciclohexilo y clorofenilo (compuestos **18d, 18j, 18h, 18i, 18b, 18f, 18a** y **18g**), son más activos. De hecho, los híbridos tetrazol-1,2,3-triazol 1,5-disustituidos sintetizados por nuestro grupo [25] presentan efectos similares a los compuestos actuales, lo que sugiere que el tetrazol 1,5-disustituido y el indol son fragmentos farmacofóricos con un potencial biológico y farmacológico significativo en el diseño de fármacos contra el cáncer.

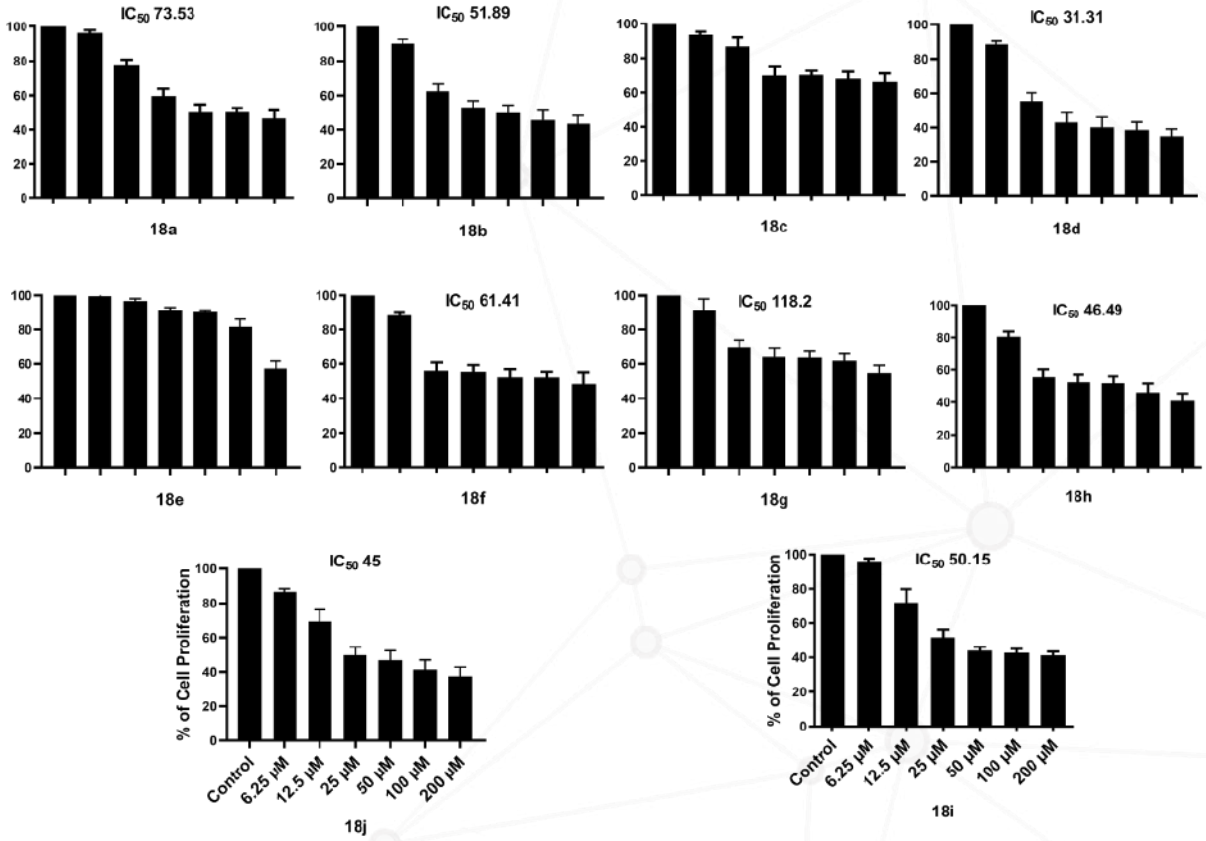


Fig. 3. *Síntesis Efecto diferencial de los compuestos híbridos tetrazol-indol 1,5-disustituidos 18a-18i sobre la proliferación de la línea celular MCF-7. Las células MCF-7 fueron tratadas con dosis crecientes de los compuestos 18a-18i. Los controles fueron células tratadas con DMSO.*

CONCLUSIONES. Se desarrolló una estrategia sintética novedosa para acceder a un nuevo sistema híbrido del tipo indol-tetrazol 1,5-disustituido bajo condiciones suaves de reacción. De manera significativa, este protocolo permitió la síntesis rápida y simple de indoles 2-sustituidos con alta eficiencia en la formación de enlaces, creando seis nuevos enlaces (dos C-C, dos C-N, uno N-N y uno C-O). Nuestra estrategia sintética representa el segundo reporte en el que se utiliza la reacción de heteroanulación catalizada por Pd/Cu como una reacción post condensación de Ugi-azida, empleando propargilamina como un reactivo clave bifuncional. Los resultados de la actividad citotóxica fueron moderados. Sin embargo, la información obtenida de este estudio, junto con la de los análogos previamente

descritos por nuestro grupo de investigación proporciona datos importantes para proponer nuevas estructuras con actividad mejorada.

REFERENCIAS.

1. Neochoritis, C. G., Zhao, T., & Dömling, A. (2019). Tetrazoles via Multicomponent Reactions. Chemical reviews, 119(3), 1970–2042. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00564 Zhang, J., Wang, S., Ba, Y., & Xu, Z. (2019). Tetrazole hybrids with potential anticancer activity. European journal of medicinal chemistry, 178, 341–351. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.05.071 (c) Kumari, A., & Singh, R. K. (2019). Medicinal chemistry of indole derivatives: Current to future therapeutic prospectives. Bioorganic chemistry, 89, 103021. https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103021 (d) Thanikachalam, P. V., Maurya, R. K., Garg, V., & Monga, V. (2019). Corrigendum to"An insight into the medicinal perspective of synthetic analogs of indole: A review" [Eur. J. Med. Chem. 180 (2019) 562-612 11516]. European journal of medicinal chemistry, 183, 111680. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.111680.
2. Salam, M. A., Al-Amin, M. Y., Salam, M. T., Pawar, J. S., Akhter, N., Rabaan, A. A., & Alqumber, M. A. A. (2023). Antimicrobial Resistance: A Growing Serious Threat for Global Public Health. Healthcare (Basel, Switzerland), 11(13), 1946. https://doi.org/10.3390/healthcare11131946 (b) Bergkessel, M., Forte, B., & Gilbert, I. H. (2023). Small-Molecule Antibiotic Drug Development: Need and Challenges. ACS infectious diseases, 9(11), 2062–2071. https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.3c00189. (c) Szumilak, M., Wiktorowska-Owczarek, A., & Stanczak, A. (2021). Hybrid Drugs-A Strategy for Overcoming Anticancer Drug Resistance Molecules (Basel, Switzerland), 26(9), 2601. https://doi.org/10.3390/molecules26092601.
3. Singh, A. K., Kumar, A., Singh, H., Sonawane, P., Paliwal, H., Thareja, S., Pathak, P., Grishina, M., Jaremko, M., Emwas, A. H., Yadav, J. P., Verma, A., Khalilullah, H., & Kumar, P. (2022). Concept of Hybrid Drugs and Recent Advancements in Anticancer Hybrids. Pharmaceuticals (Basel, Switzerland), 15(9), 1071. https://doi.org/10.3390/ph15091071 (b) Alkhzem, A. H., Woodman, T. J., & Blagbrough, I. S. (2022). Design and synthesis of hybrid compounds as novel drugs and medicines. RSC advances, 12(30), 19470–19484. https://doi.org/10.1039/d2ra03281c. (c) Ivasiv, V., Albertini, C., Gonçalves, A. E., Rossi, M., & Bolognesi, M. L. (2019). Molecular Hybridization as a Tool for Designing Multitarget Drug Candidates for Complex Diseases. Current topics in medicinal chemistry, 19(19), 1694–1711. https://doi.org/10.2174/1568026619666190619115735
4. Graziano, G., Stefanachi, A., Contino, M., Prieto-Díaz, R., Ligresti, A., Kumar, P., Scilimati, A., Sotelo, E., & Leonetti, F. (2023). Multicomponent Reaction-Assisted Drug Discovery: A Time- and Cost-Effective Green Approach Speeding Up Identification and Optimization of Anticancer Drugs. International journal of molecular sciences, 24(7), 6581. https://doi.org/10.3390/ijms24076581. (b) Brandão, P., Marques, C. S., Carreiro, E. P., Pineiro, M., & Burke, A. J. (2021). Engaging Isatins in Multicomponent Reactions (MCRs) - Easy Access to Structural Diversity. Chemical record (New York, N.Y.), 21(4), 924–1037. https://doi.org/10.1002/tcr.202000167 (c) Ibarra, I. A., Islas-Jácome, A., & González-Zamora, E. (2018). Synthesis of polyheterocycles via multicomponent reactions. Organic & biomolecular chemistry, 16(9), 1402–1418. https://doi.org/10.1039/c7ob02305g.
5. Mohammadkhani, Leyla & M. Heravi, Majid. (2020). Synthesis of N-heterocycles containing 1,5-disubstituted-1H-tetrazole via post-Ugi-azide reaction. Molecular Diversity. 24. 10.1007/s11030-019-09972-1. (b) Fouad, M. A., Abdel-Hamid, H., & Ayoup, M. S. (2020). Two decades of recent advances of Ugi reactions: synthetic and pharmaceutical applications. RSC advances, 10(70), 42644–42681. https://doi.org/10.1039/d0ra07501a (c) Dömling, A., Wang, W., & Wang, K. (2012). Chemistry and biology of multicomponent reactions. Chemical reviews, 112(6), 3083–3135. https://doi.org/10.1021/cr100233r
6. Lei, X., Lampiri, P., Patil, P., Angeli, G., Neochoritis, C. G., & Dömling, A. (2021). A multicomponent tetrazolo indole synthesis. Chemical communications (Cambridge, England), 57(54), 6652–6655. https://doi.org/10.1039/d1cc02384e
7. Saeed Balalaie, Nikbakht, A., Fatemeh Baghestani, & Rominger, F. (2018). Efficient Synthesis of Indole Derivatives Containing the Tetrazole Moeity Utilizing an Ugi-Azide Post-Transformation Strategy. Synlett, 29(14), 1892–1896. https://doi.org/10.1055/s-0037-1610502
8. Saleh Salahi, Mehdi Ghandi, Alireza Abbasi,An Efficient Ugi-Azide Four-Component Approach for the Preparation of Novel 1-(1H-tetrazol-5-yl)-10-chloro-1,2,3,4-tetrahydropyrazino[1,2-a] Indoles, Journal of Heterocyclic Chemistry, Volume 56, 4,(2019),Pages 1296-1305, https://doi.org/10.1002/jhet.3499.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624107

SÍNTESIS DE NUEVOS ANÁLOGOS ESTRUCTURALES DEL FÁRMACO IMATINIB VÍA REACCIONES DE MULTICOMPONENTES DE UGI CLÁSICA

Karla Citlali Sandoval Baca[1], Camila Garibay Manríquez[1], Nadia Valeria Emilio Velazquez[1], Luis Chacón García[1], Carlos Jesús Cortés García[1]

Laboratorio de Diseño Molecular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, C.P. 58033 Morelia, Michoacán, México.; 1915341eumich.mx, jesus.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Imatinib, Análogos de fármacos, Isonitrilos, Reacciones de multicomponentes, Ugi clásica, Farmacorresistencia.

RESUMEN. El Imatinib es un fármaco revolucionario en el tratamiento de ciertos tipos de cáncer, como la leucemia mieloide crónica (LMC). Sin embargo, a pesar de su eficacia inicial, el desarrollo de resistencia al imatinib ha surgido como un problema clínico significativo. Esta resistencia limita la efectividad del tratamiento y reduce las opciones terapéuticas disponibles para los pacientes. Por lo tanto, existe una necesidad urgente por parte de los químicos sintéticos y medicinales de desarrollar nuevos análogos estructurales de imatinib que puedan superar estos mecanismos de resistencia. una aproximación para lograrlo es a partir de la síntesis de análogos de un líder o fármaco, bajo el concepto desarrollado por Sir James Whyte Black ganador del premio nobel de medicina, que citó lo siguiente: “El fundamento más valioso para el descubrimiento de un nuevo fármaco es empezar con uno ya conocido. Por otro lado, una manera rápida y eficiente para acceder a análogos estructurales de fármacos son las son las reacciones de multicomponentes (RMC), estas permiten a partir de tres o más reactantes, formar en una etapa y en un mismo matraz de reacción productos que incorporan las porciones y/o átomos de todos y cada uno de los componentes en el producto final. Las RMC más importantes y estudiadas son las que utilizan isonitrilos. Siendo la de mayor relevancia sintética-biológica la reacción de Ugi de cuatro componentes (U-4CR), para la síntesis de acetoamido-amidas o péptidos mediante la reacción entre un isonitrilo, un compuesto carbonílico de aldehído o cetona, una amina (primaria o secundaria) y un ácido carboxílico.

INTRODUCCIÓN. Uno de los retos actuales en la química medicinal es la búsqueda de nuevas moléculas con alto potencial biológico, una aproximación para lograrlo es a partir de la síntesis de análogos de un líder o fármaco, bajo el concepto desarrollado por Sir James Whyte Black ganador del premio Nobel de Medicina, que citó lo siguiente: “El fundamento más valioso para el descubrimiento de un nuevo fármaco es empezar con uno ya conocido”.[1]

Por otro lado, Imatinib (Gleevec) **1**, es un inhibidor de la tirosina cinasa útil para el tratamiento de ciertos tipos de cáncer como leucemia mieloide crónica y tumores de estroma gastrointestinal. El imatinib presenta como núcleo estructural base a la fenilaminopirimidina (PAP) (Figura 1, color morado). Actualmente, la mutación T315I por parte de las células cancerosas, es uno de los principales problemas que presenta el

imatinib, debido a que su actividad biológica ante esta mutación es nula. Por lo que es necesario sintetizar análogos estructurales al imatinib para obtener nuevas generaciones de compuestos químicos que son de gran interés para los químicos sintéticos y farmacéuticos.[2]

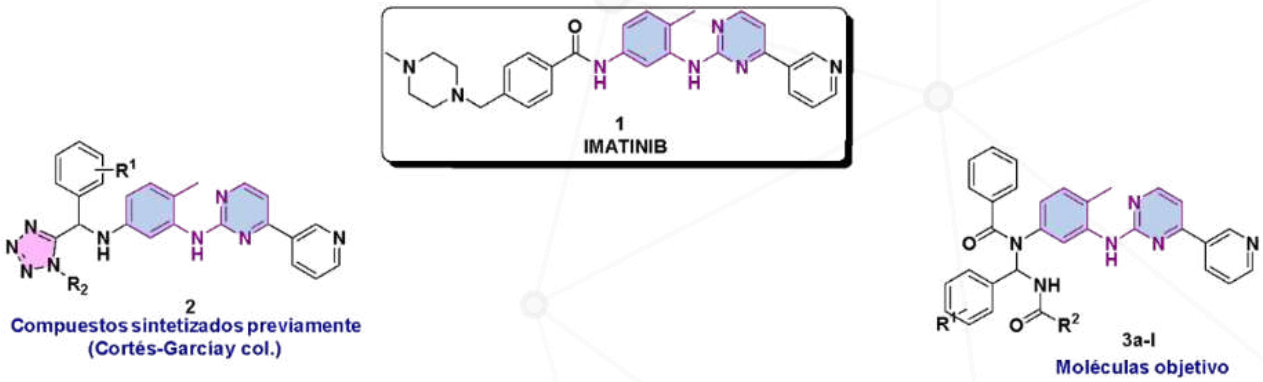


Fig. 1. *(a) Estructura Química del Fármaco Imatinib. (b) Compuestos sintetizados previamente. (c) Moléculas objetivo.*

Por lo tanto, en este trabajo se describe la síntesis de una serie de nuevos análogos estructurales del fármaco Imatinib, a partir de su fragmento principal, la amino fenilaminopirimidina haciendo uso de las reacciones de multicomponentes con isonitrilos como las RMC clásica de Ugi de cuatro componentes, ampliando la línea de conocimiento en nuestro grupo de investigación.

OBJETIVO. Explorar la reactividad del componente amino fenilaminopirimidina en la reacción de multicomponentes de Ugi para sintetizar una serie de nuevos análogos estructurales del fármaco Imatinib.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Explorar las condiciones óptimas de la reacción de Ugi para la síntesis de las bis-amida fenilaminopirimidinas. Sintetizar una serie de bis-amida fenilaminopirimidinas 3a-l vía RMC de Ugi.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso. La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. Se inició con la búsqueda de las condiciones óptimas de la reacción de Ugi para la síntesis de las moléculas objetivo variando disolventes, catalizadores y temperatura, encontrándose que el uso de TFE como disolvente, a temperatura ambiente y sin catalizador, se obtuvo mayor rendimiento con la reacción modelo. Así con base a las condiciones óptimas encontradas se probó el alcance de la reacción variando la naturaleza estereoelectrónica del aldehído y utilizando los isonitrilos comerciales el *tert* butil y

ciclohexilisonitrilo, para obtener una familia análoga del fármaco Imatinib, las *bis* amida fenilaminopirimidinas **3a-l** en rendimientos de moderados a buenos (Esquema 1).

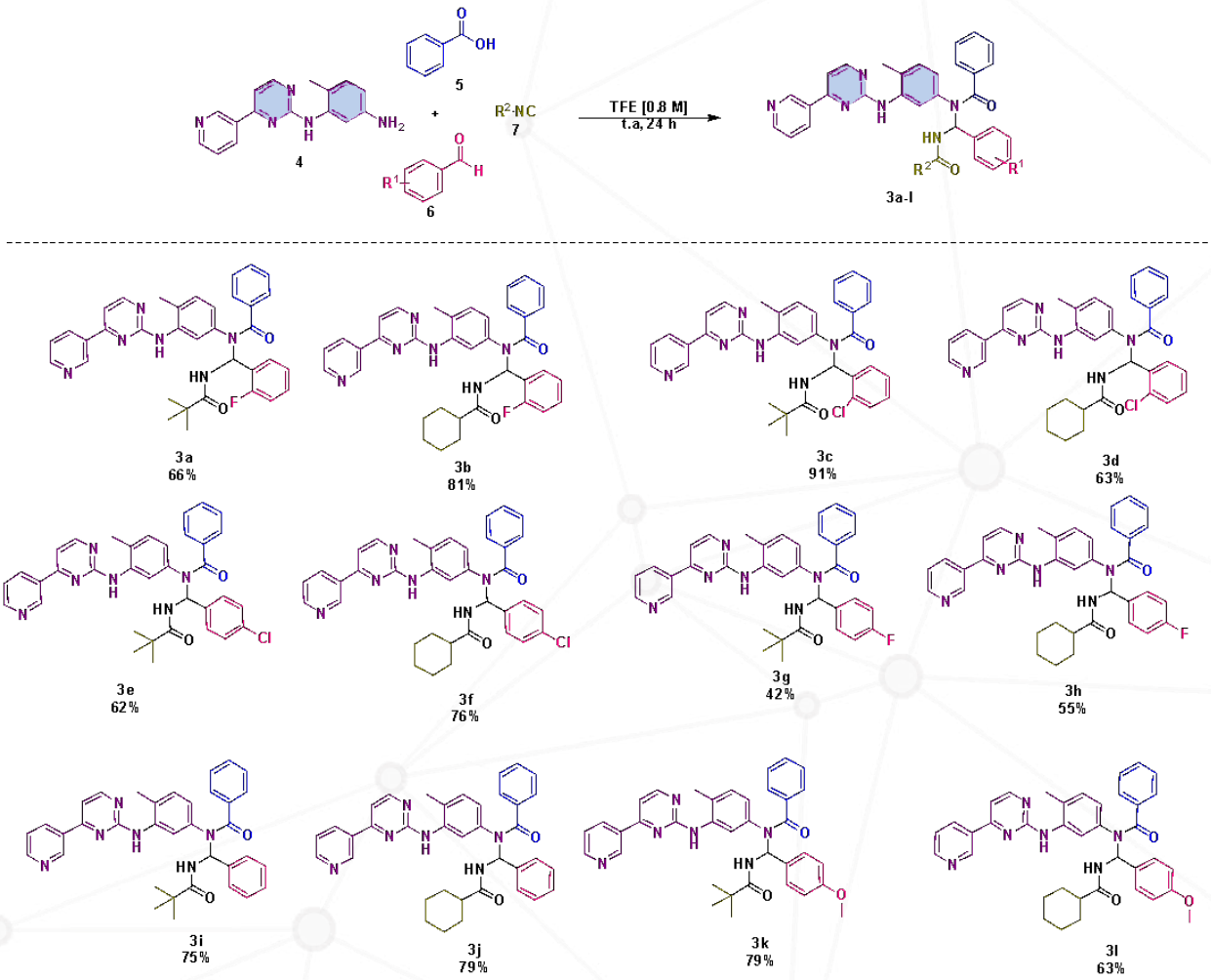


Fig. 2. *Síntesis general de las bis-amida fenilaminopirimidinas 3a-l vía RMC de Ugi.*

CONCLUSIONES. Se desarrolló de manera preliminar una estrategia de síntesis para acceder a una nueva generación de análogos de Imatinib sintetizados por nuestro grupo de investigación. Esto se realizó en cuatro etapas de reacción utilizando como reacción clave la cicloadición alquino-azida catalizada con cobre. Por otro lado, la molécula objetivo al ser

novedosa permitirá estudiarla a través de estudios in-silico para evaluar su potencial biológico y así pueda ser candidata a estudios in-vitro.

REFERENCIAS.

1. Papadatos, G., & Brown, N. (2013). In silico applications of bioisosterism in contemporary medicinal chemistry practice. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science, 3(4), 339-354. (b) Scaffold Hopping in Medicinal Chemistry. (2013). In Methods and principles in medicinal chemistry. Wiley. https://doi.org/10.1002/9783527665143. (c) Fischer, J., & Ganellin, C. R. (2010). Analogue-based drug discovery. Chemistry International--Newsmagazine for IUPAC, 32(4), 12-15.
2. Azevedo, L. D., Bastos, M. M., Vasconcelos, F. C., Hoelz, L. V. B., S, F. P., Junior, Dantas, R. F., De Almeida, A. C. M., De Oliveira, A. P., Gomes, L. C., Maia, R. C., & Boechat, N. (2017). Imatinib derivatives as inhibitors of K562 cells in chronic myeloid leukemia. Medicinal Chemistry Research, 26(11), 2929-2941. https://doi.org/10.1007/s00044-017-1993-8. (b) Musumeci, F., Schenone, S., Grossi, G., Brullo, C., and Sanna, M. (2015). Analogs, formulations and derivatives of imatinib: a patent review. Expert Opin. Ther. Pat. 25, 1411–1421. doi:10.1517/13543776.2015.1089233.
3. Jourdan, J.-P., Since, M., Laïla El Kihel, Cédric Lecoutey, Corvaisier, S., Legay, R., Sopkova-de, J., Thierry Cresteil, Aurélie Malzert-Fréon, Christophe Rochais, & Dallemagne, P. (2016). Novel benzylidenephenylpyrrolizinones with pleiotropic activities potentially useful in Alzheimer's disease treatment. European Journal of Medicinal Chemistry, 114, 365–379. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.03.023
4. Niño-Pantoja, I., Gallardo-Alfonzo, A., Solis-Santos, M., Ordoñez, M., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2022). Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazole−Indolizine Bis-Heterocycles and Their Copper (II) Recognizing Properties. European Journal Of Organic Chemistry, volum, 2022(34). https://doi.org/10.1002/ejoc.202200230 (b) Aguilar-Morales, C. M., Araujo-Huitrado, J. G., López-Hernández, Y., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Granados-López, A. J., Solorio-Alvarado, C. R., López, J. A., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2021). A One-Pot Six-Component Reaction for the Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazol-1,2,3-Triazole Hybrids and Their Cytotoxic Activity against the MCF-7 Cell Line. Molecules, 26(20), 6104. https://doi.org/10.3390/molecules26206104 (c) Aguilar-Morales, C. M., De Loera, D., Contreras-Celedón, C., Cortés-García, C. J., & Chacón-García, L. (2019). Synthesis of 1,5-disubstituted tetrazole-1,2,3 triazoles hybrids via Ugi-azide/CuAAC. Synthetic Communications, 49(16), 2086-2095. https://doi.org/10.1080/00397911.2019.1616301.
5. Díaz-Cervantes, E., Cortés-García, C. J., Chacón-García, L., & Suárez-Castro, A. (2020). Molecular docking and pharmacophoric modelling of 1,5-disubstituted tetrazoles as inhibitors of two proteins present in cancer, the ABL and the mutated T315I kinase. In Silico Pharmacology, 8(1). https://doi.org/10.1007/s40203-020-00059-6 (b) Cortes-García, C. J., Islas-Jácome, A., Rentería-Gómez, A., & Gámez-Montaño, R. (2016). Synthesis of 1,5-disubstituted tetrazoles containing a fragment of the anticancer drug imatinib via a microwave-assisted Ugi-azide reaction. Monatshefte Für Chemie - Chemical Monthly, 147(7), 1277-1290. https://doi.org/10.1007/s00706-016-1686-x.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624108

ESTUDIO DE LA REACTIVIDAD QUÍMICA DEL SISTEMA BIS-PROPARGIL TETRAZOL-1,5-DISUSTITUIDO PARA LA OBTENCIÓN DE MOLÉCULAS POTENCIALMENTE BIOACTIVAS

Guadalupe Jimenez Reyes, Jaime David Vieyra Velázquez1, Nadia Valeria Emilio Velazquez1, Gabriela Rodríguez García1, Luis Chacón García1, Carlos Jesús Cortés García1

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Reacciones de Multicomponentes de alto orden, Tetrazoles 1,5-disustituidos, isonitrilos, Ugi-azida.

RESUMEN. Uno de los campos de la Química Orgánica que se encuentra en constante evolución e innovación es la Química Heterocíclica. Esta disciplina ha contribuido significativamente a la mejora de la calidad de vida mediante la síntesis de moléculas de interés en diversas áreas del conocimiento, tales como la química medicinal, la agroquímica y la ciencia de los materiales, entre otras. Dentro de los heterociclos más importantes y estudiados se destacan los heterociclos aromáticos nitrogenados y oxigenados. Además de sus amplias aplicaciones, muchos de estos heterociclos poseen actividad biológica, lo que ha llevado a que más del 85% de los fármacos aprobados por la FDA (Food and Drug Administration) de origen sintético contengan al menos un heterociclo oxigenado o nitrogenado en su estructura. Más allá de sus amplias aplicaciones, la bioactividad de muchos heterociclos ha sido un factor determinante en su estudio intensivo. Por esta razón, el desarrollo de nuevas estrategias sintéticas para la obtención de estos sistemas heterocíclicos es de gran interés. La literatura reporta avances significativos en métodos como la catálisis de metales de transición, la organocatálisis y las reacciones multicomponente, que permiten la síntesis de heterociclos de manera rápida, eficiente y con alta selectividad. En este contexto, el presente trabajo explorará la reactividad química del sistema bis-propargil tetrazol-1,5-disustituido (BPT), obtenido a través de una reacción de multicomponentes de alto orden. Se investigarán las reacciones de ciclaciones intra e intermoleculares catalizadas por metales de transición como oro, paladio y cobalto, con el objetivo de acceder a nuevos sistemas heterocíclicos nitrogenados. Este enfoque busca no solo ampliar la diversidad de compuestos heterocíclicos disponibles, sino también optimizar los procesos sintéticos para que sean más eficientes y sostenibles, contribuyendo así al avance de la Química Heterocíclica y sus aplicaciones en diversas áreas científicas y tecnológicas.

INTRODUCCIÓN. Los procesos “one-pot” son secuencias *bi*-moleculares que se llevan a cabo bajo un mismo matraz de reacción sin aislar intermediarios de reacción[1]. Estos se clasifican en procesos domino, tándem, cascada y zipper[2]. De estos, los procesos domino son reacciones donde se forman dos o más nuevos enlaces bajo las mismas condiciones de reacción y que pueden llevarse a cabo de una manera unimolecular, *bi*-molecular y

multicomponentes[3]. Así, las reacciones de multicomponentes (RMC) se definen como procesos altamente convergentes donde tres o más materiales de partida reaccionan para formar un producto que contiene de manera proporcional todos los componentes iniciales y que siguen el principio de las reacciones domino, que es: reacciones subsecuentes son consecuencias de transformaciones previas[4]. Un campo que se encuentra en desarrollo dentro de las RMC son las reacciones de multicomponentes de alto orden y las de pseudo-multicomponentes clásicas y de alto orden. Las primeras consisten en hacer reaccionar cinco o más componentes y las otras, consisten en que al menos un reactivo se incorpora en al menos dos o más ocasiones (Figura 1).



Fig.1 *Representación general de las reacciones de multicomponentes de alto orden y pseudo multicomponentes.*

Por lo tanto, las reacciones de multicomponentes, ya sea su versión clásica, de alto orden o pseudo ha impactado directamente en la síntesis eficiente de quimiotecas moleculares con alto grado de funcionalización que presenten en su estructura base al menos dos fragmentos farmacofóricos en un mínimo de etapas a partir de materiales simples y accesibles[5]. Este concepto es conocido como hibridación molecular farmacofórica que consiste en que los compuestos objetivo presenten al menos dos núcleos privilegiados o fragmentos farmacofóricos de interés en química medicinal, y que mediante un efecto sinérgico se espera que estos sean más activos que su fármaco de comparación[6].

ANTECEDENTES. Algunos ejemplos que son considerados fragmentos farmacofóricos y que están presentes en este trabajo son el tetrazol 1,5-disustituido y el benzofurano[7]. Algunos ejemplos de fármacos que presentan estos núcleos se muestran en la figura 2.

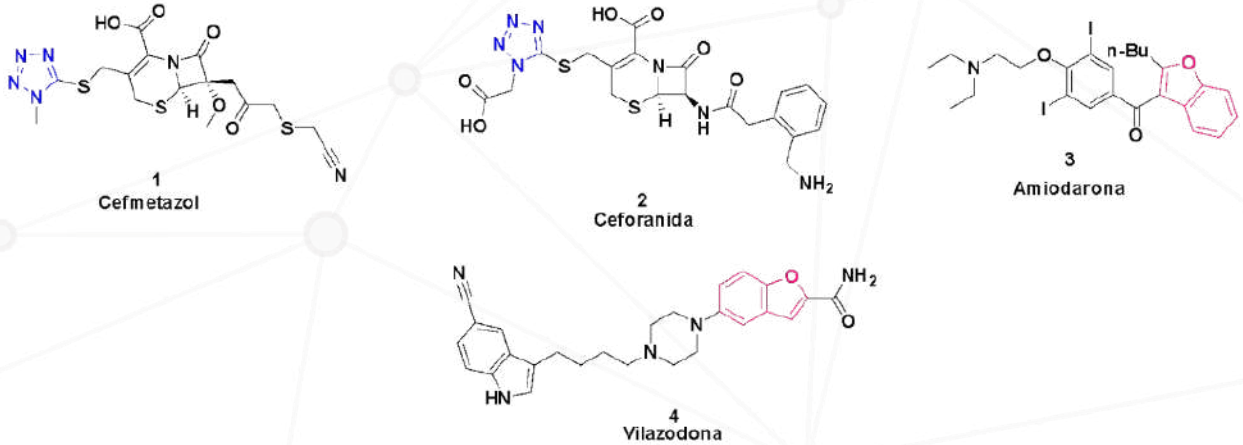


Fig. 2 *Fármacos que presentan los núcleos del tetrazol 1,5-disustituido y el benzofurano.*

OBJETIVO. Sintetizar un nuevo sistema bis-benzofurano-tetrazol 1,5-disustituido vía una doble secuencia reacción de multicomponentes de alto orden/reacción de pseudo-multicomponentes

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Explorar las condiciones óptimas de la reacción de pseudo-multicomponentes. Sintetizar una familia pequeña de bis-benzofurano-tetrazol 1,5-disustituido.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso. La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. Se presentan los resultados preliminares de la síntesis de cuatro ejemplos de un nuevo sistema híbrido, *bis*-benzofurano-tetrazol 1,5-disustituido, que consistió en dos etapas de reacción y que se muestra en la Figura 3. La primera etapa involucró una reacción de multicomponentes de alto orden que consistió de dos procesos: una reacción de multicomponentes de Ugi-azida, donde se hizo reaccionar la propargil amina **5**, derivados de benzaldehído **6**, trimetilsililazida **7** como fuente de ácido hidrazoico y *tert*-butil y ciclohexil isonitrilos **8**, bajo las condiciones reportadas por nuestro grupo de investigación[8] para obtener el intermediario amina secundaria del tetrazol 1,5-disustituido, el cual, sin aislar y solo evaporando el disolvente se realizó el segundo proceso que consistió en una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular (S_N2) haciendo reaccionar el tetrazol con bromuro de propargilo **9**, para así obtener los *bis*-propargil tetrazol **10a** y **10b** (BPT) en rendimientos moderados. Una vez sintetizados los BPT, se llevó a cabo la reacción de pseudo-multicomponentes clásica, mediante una doble reacción domino, heteroanulación intramolecular catalizada con Pd/Cu con Iodofenol bajo las condiciones reportadas recientemente por nuestro grupo de investigación[9], para obtener las moléculas objetivo **12a-d** en rendimientos moderados. Los rendimientos son aceptables debido a que se accede a un sistema de alta complejidad estructural de una manera rápida y bajo condiciones suaves de reacción, además de que ese el primer reporte donde se describe la síntesis de un sistema *bis*-benzofurano unido a un anillo de tetrazol 1,5-disustituido. El reto sintético de este proyecto será obtener las moléculas objetivo, pero todo bajo un procedimiento one-pot.

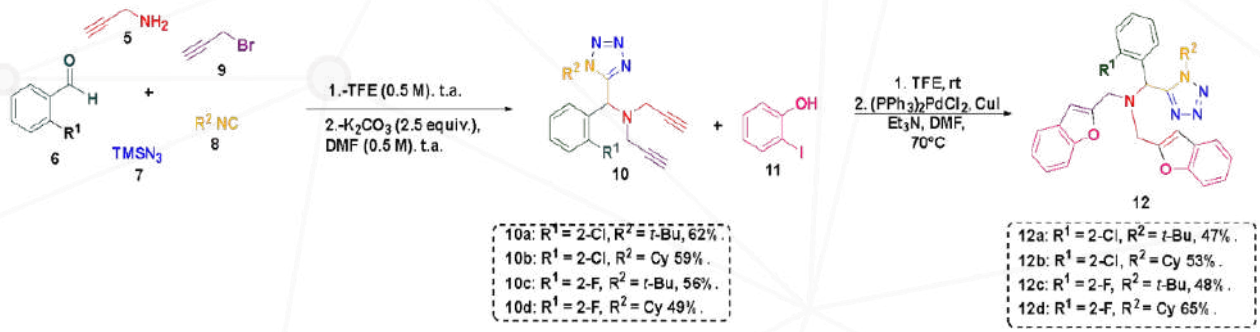


Fig. 3. *Síntesis del bis-benzofurano-tetrazol 1,5-disustituido 12a-d vía una doble secuencia reacción de multicomponentes de alto orden/reacción de pseudo-multicomponentes.*

CONCLUSIONES. Se desarrolló una estrategia sintética para obtener cuatro ejemplos de un nuevo sistema híbrido del tipo bis-benzofurano tetrazol-1,5 disustituido, en dos etapas de reacción bajo un protocolo operacionalmente simple y condiciones suaves de reacción, donde la etapa clave fue una reacción de multicomponentes de alto orden utilizando la propargilamina como componente bifuncional clave, el cual nuestro grupo de investigación ha sido pionero en utilizarlo en las RMC de Ugi-azida. Asimismo, este es el primer trabajo donde se describe un sistema bis-benzofurano altamente sustituido en la posición 2 unido a un tetrazol 1,5-disustituido, así como utilizar la secuencia multicomponentes de alto orden/pseudo-multicomponentes aportando conocimiento a esta química y que se espera que las moléculas objetivo presenten alto potencial biológico.

REFERENCIAS.

1. Bhat, S. I. (2020). One-Pot Construction of Bis-Heterocycles through Isocyanide Based Multicomponent Reactions. ChemistrySelect, 5(27), 8040-8061. https://doi.org/10.1002/slct.202002154.
2. (a)Ibarra, I. A., Islas-Jácome, A., & González-Zamora, E. (2018). Synthesis of polyheterocyclesviamulticomponent reactions. Organic & Biomolecular Chemistry, 16(9), 1402-1418. https://doi.org/10.1039/c7ob02305g. (b)Flores-Reyes, J. C., Islas-Jácome, A., & González-Zamora, E. (2021). The Ugi three-component reaction and its variants. Organic Chemistry Frontiers, 8(19), 5460-5515. https://doi.org/10.1039/d1qo00313e
3. (a) Tietze, L. F. (Ed.). (2013). Domino reactions: concepts for efficient organic synthesis. John Wiley & Sons. (b) Tietze, L.-F. (2006). Domino Reactions in Organic Synthesis. https://doi.org/10.1002/9783527609925
4. (a) Ruijter, E., & Orru, R. V. A. (2013). Multicomponent reactions – opportunities for the pharmaceutical industry. Drug Discovery Today Technologies, 10(1), e15-e20. https://doi.org/10.1016/j.ddtec.2012.10.012. (b) Dömling, A., Wang, W., & Wang, K. (2012). Chemistry and biology of multicomponent reactions. Chemical reviews, 112(6), 3083–3135. https://doi.org/10.1021/cr100233r (c) Zhu, J., & Bienaymé, H. (Eds.). (2006). Multicomponent reactions. John Wiley & Sons.
5. (a) Flores-Reyes, J. C., Del C Cotlame-Salinas, V., Ibarra, I. A., González-Zamora, E., & Islas-Jácome, A. (2023). Pseudo-multicomponent reactions. RSC Advances, 13(24), 16091-16125. https://doi.org/10.1039/d3ra02746e. (b) Hooshmand, S. E., Yazdani, H., & Hulme, C. (2022). Six-Component Reactions and Beyond: The Nuts and Bolts. European Journal Of Organic Chemistry, 2022(34). https://doi.org/10.1002/ejoc.202200569
6. (a) Sampath Kumar, H. M., Herrmann, L., & Tsogoeva, S. B. (2020). Structural hybridization as a facile approach to new drug candidates. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 30(23), 127514. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2020.127514 (b) Viktoriya Ivasiv, Albertini, C., Gonçalves, A. E., Rossi, M., & Bolognesi, M. L. (2019). Molecular Hybridization as a Tool for Designing Multitarget Drug Candidates for Complex Diseases. Current Topics in Medicinal Chemistry, 19(19), 1694–1711. https://doi.org/10.2174/1568026619666190619115735
7. Wishart, D. S., Feunang, Y. D., Guo, A. C., Lo, E. J., Marcu, A., Grant, J. R., ... & Wilson, M. (2018). DrugBank 5.0: a major update to the DrugBank database for 2018. Nucleic acids research, 46(D1), D1074-D1082. https://doi.org/10.1093/nar/gkj067.
8. (a) Aguilar-Morales, C. M., Araujo-Huitrado, J. G., López-Hernández, Y., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Granados-López, A. J., Solorio-Alvarado, C. R., López, J. A., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2021). A One-Pot Six-Component Reaction for the Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazol-1,2,3-Triazole Hybrids and Their Cytotoxic Activity against the MCF-7 Cell Line. Molecules, 26(20), 6104. https://doi.org/10.3390/molecules26206104. (b) Aguilar-Morales, C. M., De Loera, D., Contreras-Celedón, C., Cortés-García, C. J., & Chacón-García, L. (2019). Synthesis of 1,5-disubstituted tetrazole-1,2,3 triazoles hybrids via Ugi-azide/CuAAC. Synthetic Communications, 49(16), 2086-2095. https://doi.org/10.1080/00397911.2019.1616301. (c) Aguilar-Morales, C. M., Servín-García, G., Del Río, R. E., Islas-Jácome, A., Gámez-Montaño, R., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2022). Synthesis of novel hybrid 1,5-disusbtituted 1H-tetrazol-5yl 4,5-dihydro [1,2,3] triazolo[1,5-a] pyrazin-6-ones via high-order MCR-SN2/intramolecular [3 + 2] cycloaddition sequence. Synthetic Communications, 53(2), 127-134. https://doi.org/10.1080/00397911.2022.2154165.

9. Aguilar-Morales, C. M., Alejandre-Castañeda, V., Contreras-Celedón, C., Ramírez-Díaz, M. I., Islas-Jácome, A., Meza-Carmen, V., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2024). A one-pot five component reaction for the synthesis of tetrazol-benzofuran hybrids and their inhibitory activity against Mucor lusitanicus. Organic & Biomolecular Chemistry. https://doi.org/10.1039/d4ob00995a.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624109

SEMISÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA BIS-INDOL-VOUACAPANO VÍA UNA REACCIÓN DE FRIEDEL-CRAFTS A PARTIR DE *Caesalpinia platyloba*

Jessica Adzuira Perez Rangel , Gabriela Servín García, Ana Lucia Caldelas Guerrero1, Rosa Elva Norma del Río Torres3 Carlos Jesús Cortés García1*

Laboratorio de Diseño Molecular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, C.P. 58030 Morelia, Michoacán, México. jesus.cortes@umich.mx

Laboratorio de Química de Productos Naturales, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ed. B-1, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán 58030, México.; 2205961h@umich.mx

Palabras Clave: Productos naturales, Semisíntesis, indoles, Vouacapanos, Friedel-Crafts, Caesalpinia platyloba.

RESUMEN. Un campo en consolidación dentro del área de la química de productos naturales es la transformación química de metabolitos secundarios conocida como semisíntesis, el cual ha permitido el desarrollo de varios fármacos aprobados por la FDA. Por lo que el desarrollar estrategias de síntesis que logre incorporar fragmentos altamente bioactivos como núcleos privilegiados para la búsqueda de compuestos candidatos a fármacos es de gran interés por parte de los químicos sintéticos y medicinales. Por otro lado, el indol es considerado uno de los núcleos privilegiados de mayor relevancia biológica y farmacológica debido a su presencia en una plétora de compuestos con actividad anticancerígena, antiviral, antifúngico, antitumoral, antibacterianos entre otros. Por lo tanto, en este trabajo se presenta una estrategia de síntesis novedosa para acceder a un nuevo sistema del tipo bis-indol-Vouacapano vía una reacción de Friedel-Crafts, a partir del aldehído-vouacapano que se obtiene de la reacción de formilación de Vilsmeier-Haack del 6β-acetoxivouacapano, producto natural aislado del extracto de la fracción de diclorometano de las hojas de Caesalpinia platyloba.

INTRODUCCIÓN. La naturaleza desde tiempos ancestrales ha impactado directamente en la calidad de vida del ser humano al tratar una gran variedad de enfermedades, siendo los metabolitos secundarios también conocidos como productos naturales los responsables de ejercer esta acción terapéutica.[1] Por lo tanto, más allá de la arquitectura molecular compleja y la diversidad estructural que presentan los productos naturales, estos se han convertido en punto de partida por parte de los químicos sintéticos y medicinales para el desarrollo de nuevas moléculas candidatas a fármacos, así como herramientas eficientes para estudiar fenómenos biológicos.[2] Por otro lado, la mayor fuente de productos naturales son las plantas vasculares terrestres, seguido de plantas marinas y microorganismos como bacterias y hongos el cual de estos solo se ha logrado estudiar el 1% del total del mundo microbiano.[3] Por lo tanto, debido a la importancia farmacológica de los productos naturales se han convertido en una parte esencial en el proceso de descubrimientos de fármacos, esto es, desde la identificación de un “hit” a una molecular líder, ha permitido que los químicos sintéticos y medicinales presenten como primera opción dentro de sus programas

de descubrimientos de moléculas de relevancia biológica, incorporar al menos un producto natural o un derivado de producto natural dentro del núcleo base de sus moléculas objetivos.[6-8] Asimismo, el desarrollar estrategias sintéticas para la obtención de nuevas quimiotecas moleculares de relevancia biológica considerando a un producto natural es un reto actual de los químicos sintéticos. Así, en este trabajo se presenta una estrategia de síntesis novedosa para acceder a un nuevo sistema del tipo bis-indol-Vouacapano vía una reacción de Friedel-Crafts, a partir del aldehído-vouacapano que se obtiene de la reacción de formilación de Vilsmeier-Haack del 6β-acetoxivouacapano, producto natural aislado del extracto de la fracción de diclorometano de las hojas de Caesalpinia platyloba.

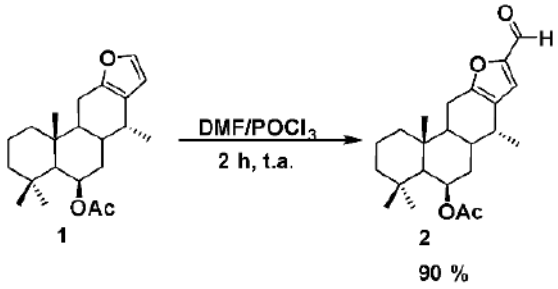
ANTECEDENTES. El género Caesalpinia constituye una fuente potencial de productos naturales bioactivos por sus más de 200 especies distribuidas en todo el mundo, varias especies son endémicas de México y presentan diversidad de actividad biológica como citotóxicos, antioxidantes, antimaláricos, antiinflamatorios y antivirales. El género Caesalpinia se caracteriza por la presencia de diterpen-vouacapanos, este tipo de estructuras identifica por contener un sistema de perhidrofenantreno unido al heterociclo de furano.[8]

OBJETIVO. Explorar la reactividad como electrófilo del aldehído del 6β-acetoxivouacapano en la reacción de Friedel-Crafts utilizando indol como nucleófilo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. Explorar las condiciones óptimas de la reacción Friedel-Crafts entre el aldehído del 6β-acetoxivouacapano e indol. Sintetizar el sistema bis-indol-Vouacapano mediante la reacción de Friedel-Crafts.

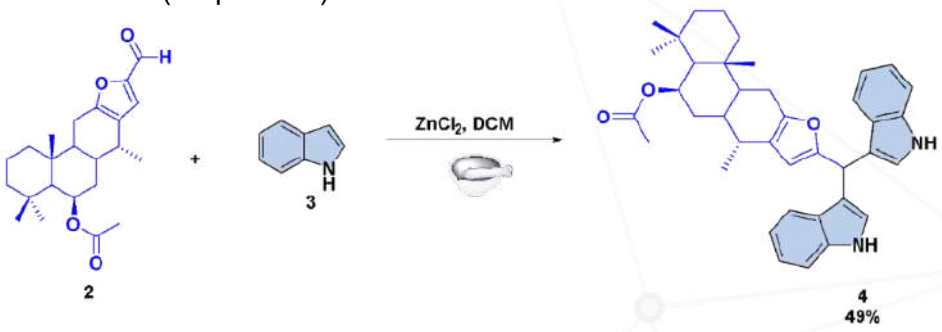
MATERIALES Y MÉTODOS. Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso. La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. Lo primero que se realizo fue la colecta de la especie vegetal *Caesalpinia platyloba* en el municipio de Buenavista, Michoacán. La planta fue secada a la sombra y posteriormente se llevó a cabo su maceración en diclorometano para obtener el extracto correspondiente. La purificación del producto natural **1** se realizó con base a lo reportado por el grupo de trabajo de la Dra. Rosa Elva.[9] Una vez obtenido el vouacapano **1**, se continuó con la primera etapa de la síntesis que implicó incorporar al compuesto **1** en la reacción de Vilsmeier-Haack, con lo que se obtuvo el derivado formilado **2** que es el compuesto clave que permitió proceder a la segunda etapa de la síntesis.



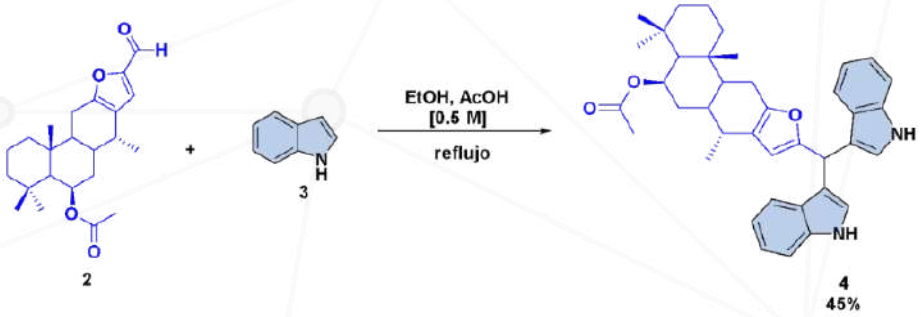
Esquema 1. *Síntesis del formilvouacapano 2.*

Una vez sintetizado el formilvouacapano **2** se exploró las condiciones óptimas de la reacción de Friedel-Crafts utilizando el indol como especie nucleofílica. Primero, se llevó a cabo utilizando mecanoquímica, utilizando un mortero y pistilo de agata, obteniendo el *bis*-indol-Vouacapano en un rendimiento del 49% después de su purificación por cromatografía en columna (Esquema 2).



Esquema 2. *Síntesis del bis-indol-Vouacapano 3 bajo condiciones de mecanoquímica.*

Por otro lado, se exploró otras condiciones de reacción utilizando las condiciones clásicas para este tipo de reacción donde se utiliza el indol. Así con base a lo descrito por Zaki y colaboradores[10] se llevó a cabo la reacción ahora bajo reflujo, pero se obtuvo un rendimiento similar del 45% (Esquema 3). Hasta este punto, se continuará con la búsqueda de las mejores condiciones de reacción para mejorar el rendimiento, ya que se busca utilizar el *bis*-indol-Vouacapano **3** como plataforma sintética para acceder a sistemas poliheterocíclicos nitrogenados con base al producto natural 6β-acetoxivouacapano.



Esquema 2. *Síntesis del bis-indol-Vouacapano 3 bajo condiciones clásicas de ácido de Bronsted.*

CONCLUSIONES. Se desarrolló de manera preliminar una estrategia de síntesis para acceder vía semisíntesis a un nuevo sistema con base al producto natural del 6β-acetoxivouacapano, el bis-indol-Vouacapano 3, mediante la reacción de Friedel-Crafts. Por otro lado, se demostró el potencial de la mecanoquímica como herramienta de síntesis verde para obtener sistemas heterocíclicos de interés en química medicinal.

REFERENCIAS.

1. Inoue, M., Hayashi, S., & E. Craker, L. (2019). Role of Medicinal and Aromatic Plants: Past, Present, and Future. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.82497
2. Strohl W. R. (2000). The role of natural products in a modern drug discovery program. Drug discovery today, 5(2), 39–41. https://doi.org/10.1016/s1359-6446(99)01443-9
3. Amit Koparde, A., Chandrashekar Doijad, R., & Shripal Magdum, C. (2019). Natural Products in Drug Discovery. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.82860
4. Wishart, D. S., Knox, C., Guo, A. C., Shrivastava, S., Hassanali, M., Stothard, P., Chang, Z., & Woolsey, J. (2006). DrugBank: a comprehensive resource for in silico drug discovery and exploration. Nucleic acids research, 34(Database issue), D668–D672. https://doi.org/10.1093/nar/gkj067
5. Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019. Journal of natural products, 83(3), 770–803. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285
6. Cragg, G. M., & Newman, D. J. (2013). Natural products: a continuing source of novel drug leads. Biochimica et biophysica acta, 1830(6), 3670–3695. https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.02.008
7. Davison, E. K., & Brimble, M. A. (2019). Natural product derived privileged scaffolds in drug discovery. Current opinion in chemical biology, 52, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.12.007
8. Maurya, R., Ravi, M., Singh, S., & Yadav, P. P. (2012). A review on cassane and norcassane diterpenes and their pharmacological studies. Fitoterapia, 83(2), 272–280. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.007
9. Servín-García, G., Chacón-García, L., Joaquín González-Marrero, Macías-Alonso, M., Gómez-Hurtado, M. A., Rodríguez-García, G., Rosa, & Cortés-García, C. J. (2022). Semisynthesis of 6β-Acetoxyvouacapane Derivatives via the Ugi-Azide Multicomponent Reaction. MDPI (MDPI AG). https://doi.org/10.3390/ecsoc-26-13552
10. Zahoor, A. F., Saeed, S., Rasul, A., Noreen, R., Irfan, A., Ahmad, S., Faisal, S., Al-Hussain, S. A., Saeed, M. A., Muhammed, M. T., Muhammad, Z. A., & Zaki, M. E. A. (2023). Synthesis, Cytotoxic, and Computational Screening of Some Novel Indole-1,2,4-Triazole-Based S-Alkylated N-Aryl Acetamides. Biomedicines, 11(11), 3078. https://doi.org/10.3390/biomedicines11113078

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624110

SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA HÍBRIDO HETEROCÍCLICO PIRROL-TETRAZOL MEDIANTE UNA REACCIÓN CLAUSON KAAS/ UGI-AZIDA

Cecilia García Aguirre[1], Mitzi Nohemi Piña Gordillo[1], Jorge Barajas Villanueva[1], Luis Chacón García[1], Carlos Jesús Cortés García[1]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1902673k@umich.mx

2 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Rebeca.rueda@umich.mx

Palabras Clave: Reacción de multicomponentes, Reacción de Ugi-Azida, Tetrazoles 1,5-disustituidos, Reacción de Clauson Kaas.

RESUMEN. Resumen
Uno de los campos que dentro de la Química Orgánica se encuentra en constante evolución e innovación es la Química heterocíclica, la cual ha generado compuestos que llevan a una mejora en la calidad de vida del ser humano mediante la síntesis de moléculas de interés en diversas áreas del conocimiento como la química medicinal, agroquímica, ciencia de los materiales, entre otros. Así, de los heterociclos más importantes y estudiados son los heterociclos aromáticos nitrogenados y oxigenados. La mayoría de estos heterociclos han presentado diversas bioactividades con buena potencia, dando como resultado que más del 85% de los fármacos aprobados por la FDA (Food Drugs Administration, por sus siglas en inglés) de origen sintético presenten en su estructura al menos un heterociclo ya sea oxigenado o nitrogenado. Tanto por motivos ya sea de costo, ecológicos o de necesidad de nuevas alternativas terapéuticas, resulta de gran interés desarrollar nuevas estrategias sintéticas para la obtención de estos sistemas heterocíclicos de una manera rápida, eficiente, en un mínimo de etapas y a partir de materias simples y accesibles. Así, una de las herramientas de síntesis más poderosas que cumplen con estos requisitos son las reacciones de multicomponentes (RMC) que se definen como procesos convergentes donde tres o más reactantes se combinan para generar un producto que contiene de manera proporcional todos los componentes de la reacción, todo bajo un proceso “one-pot. Las de mayor relevancia biológico-sintético son las RMC de Ugi-azida donde se obtienen tetrazoles 1,5-disustituidos, el cual son heterociclos de gran relevancia en química medicinal e industria farmacéutica. Con base a lo anterior, en este proyecto se describe una estrategia sintética para obtener nuevos sistemas heterocíclicos del tipo pirrol-tetrazol 1,5-disustituidos en dos etapas de rección: Clauson-Kaas/Ugi-azida utilizando como bloque de construcción clave el 1,4-diaminobenceno.

INTRODUCCIÓN. Los sistemas heterociclos son una clase de compuestos orgánicos que contienen en su estructura un átomo distinto al carbono. Debido a su amplia variedad de aplicaciones en diversas áreas del conocimiento, ha impactado en la mejora de la calidad de vida del ser humano, como en la química medicinal, encontrándose en una gran variedad de medicamentos; en ciencia de los materiales o en el área de la agroquímica.[1] Por lo que, el sintetizar estos compuestos representa actualmente un reto para los químicos sintéticos.

Entre la gran variedad de sistemas heterociclos, los heterociclos nitrogenados han tomado gran relevancia dentro del área de la química medicinal debido a sus diversas propiedades biológicas y farmacológicas. Donde de acuerdo a un análisis de distribución revela el papel de los compuestos nitrogenados en la química medicinal. El 84% de fármacos contienen al menos un nitrógeno como parte de su estructura mientras que el 59% está conformado por al menos un anillo nitrogenado. Específicamente, los anillos de piperidina **1**, piridina **2** y piperazina **3** encabezan los 25 principales heterociclos encontrados en medicamentos aprobados por la FDA (Figura 1).[2]

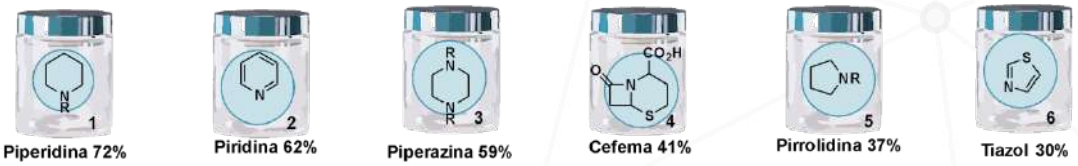


Fig.1- *Heterociclos presentes en fármacos aprobados por la FDA*

De manera que resulta de gran importancia el descubrimiento de nuevas rutas sintéticas para la obtención de estos sistemas heterociclos de una manera rápida, eficiente, en un mínimo de etapas y a partir de materias simples y accesibles. Así, una de las herramientas de síntesis más poderosas que cumplen con estos requisitos son las reacciones de multicomponentes (RMC) que se definen como aquellas reacciones donde tres o más reactantes se combinan para generar un producto que contiene de manera proporcional todos los componentes de la reacción, todo bajo un proceso “one-pot”. [3-5] Existen dos tipos de RMC, las que se basan en isonitrilos (RMCI´s) y sin isonitrilos. Dentro de las RMCI’s las de mayor relevancia biológico-sintético son las RMC de Ugi-azida donde se obtienen tetrazoles 1,5-disustituidos (T-1,5-DS).

ANTECEDENTES. Los tetrazoles 1,5-disustituido (T-1,5-DS) son heterociclos nitrogenados de origen sintético que han tomado gran relevancia dentro del campo de la química medicinal por ser compuestos bioactivos, así como su presencia en varios fármacos aprobados por la FDA, algunos ejemplos se muestran en la figura 2.[6-8]

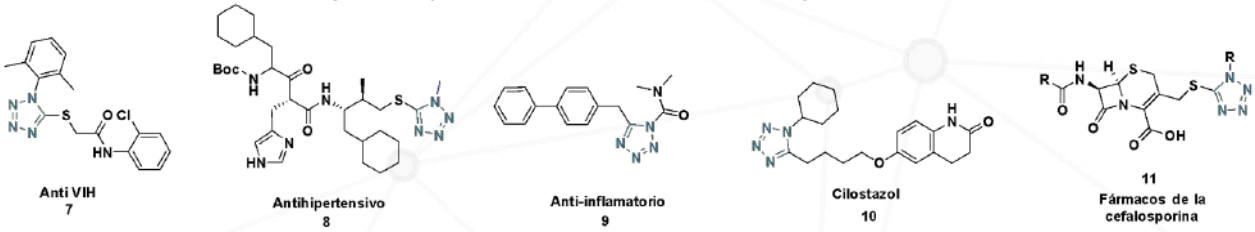


Fig. 2.- *Ejemplos de actividades biológicas y farmacológicas que presentan el anillo del T-1,5-DS*

Por otro lado, el anillo de pirrol es un heterociclo aromático de cinco miembros que contiene un átomo de nitrógeno, el cual se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, siendo la unidad estructural del hemo, la clorofila, ciertos aminoácidos y ciertas enzimas;[9] de igual forma, se le atribuyen una amplia gama de actividades biológicas y farmacológicas, estando presentes en varios fármacos aprobados por la FDA, algunos ejemplos se muestran en la figura 3.

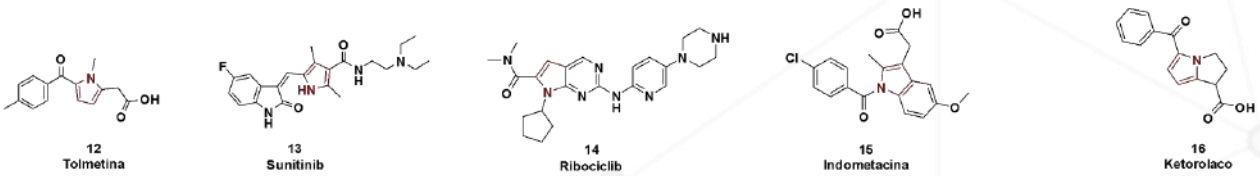


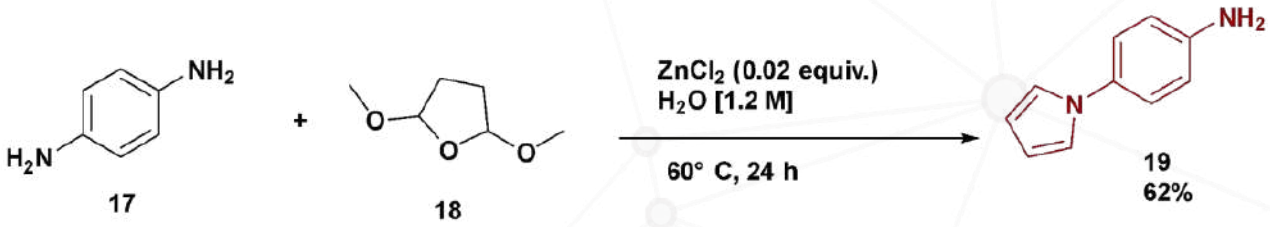
Fig. 3.- *Ejemplos de actividades farmacológicas que presentan el anillo de pirrol*

Con base a lo anterior, en este proyecto se describe una estrategia sintética para obtener un nuevo sistema híbrido pirrol-tetrazol 1,5-disustituidos en dos etapas de reacción: Clauson-Kaas/Ugi-azida a partir del precursor clave el 1,4 diaminobenceno.

OBJETIVO. Sintetizar el componente amino-pirrol a partir del precursor clave la 1,4-diaminobenceno, mediante la reacción de Clauson Kaas y utilizarlo como materia prima en la síntesis de los tetrazoles 1,5-disustituidos en la reacción de Ugi-Azida.

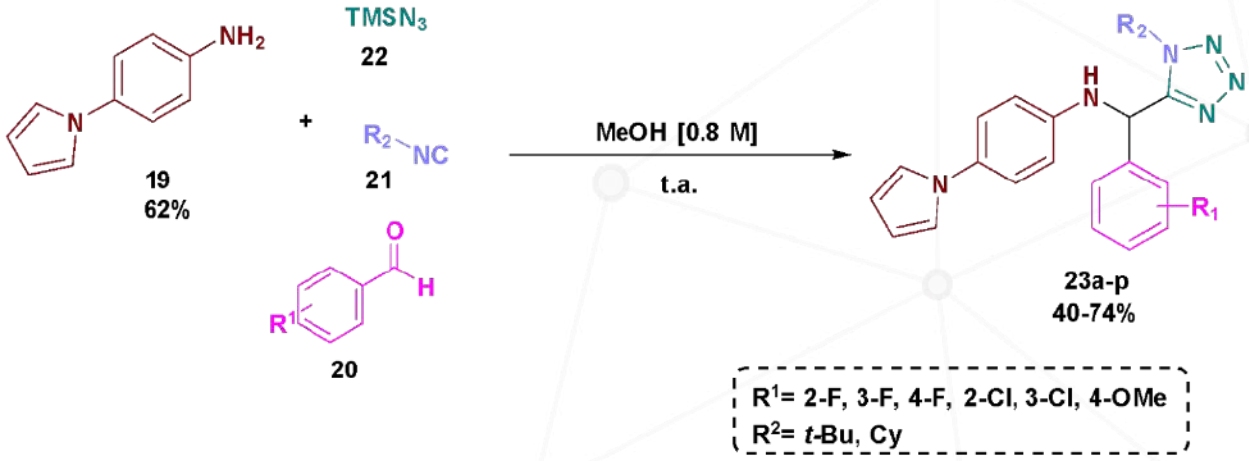
MATERIALES Y MÉTODOS. La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS. Se inició con la síntesis de la materia prima clave, la amina del mono-pirrol **19** mediante la reacción de Clauson Kaas, utilizando $ZnCl_2$ como ácido de Lewis, el cuál favorece la formación en buen rendimiento del mono pirrol en vez del *bis*-pirrol. (Esquema 1).



Esquema 1*.- Síntesis para la obtención del compuesto mono-pirrol 19 vía reacción de Clauson-Kaas.*

Una vez sintetizada la amina del mono-pirrol, se llevó a cabo la síntesis de una serie de pirrol tetrazoles mediante la RMC de Ugi-azida a temperatura ambiente y usando metanol como disolvente, variando la naturaleza química del aldehído **20** y de los isonitrilos **21**, así como $TMSN_3$,[9-13] obteniendo una serie de 16 compuestos de un nuevo sistema heterocíclico del tipo pirrol tetrazol **23a-f** en un rango de 40-74% después de la purificación por recristalización (Esquema 2).



***Esquema 2**.- Síntesis de los pirrol-tetrazoles 1,5-disustituido 23a-p vía RMC de Ugi-azida.*

Es importante mencionar que por cada derivado de benzaldehído que se usó, se utilizó tanto el *terc*-butil isonitrilo como el ciclohexil isonitrilo. Las moléculas objetivo se caracterizaron por espectroscopía de RMN de ^{1}H y ^{13}C. Así, como ejemplo de una de ellas se tiene el derivado partiendo del 2-fluoro benzaldehído y *terc*-butil isonitrilo.
En el espectro de RMN de ^{1}H se observan las señales clave que permitió elucidad su estructura como por ejemplo a 7.19 y 6.73 ppm una señal doble correspondiente al anillo de benceno proveniente del amino pirrol que integra a 2H cada una. A 6.94 y 6.28 ppm las señales correspondientes al anillo de pirrol como un triplete aparente que integra a 2H cada uno. En 6.47 ppm se observa la señal correspondiente al grupo metino como una señal singulete que integra a 1H, el cual es el punto de convergencia de las RMC de Ugi-azida y a 1.76 ppm una señal singulete que corresponde al grupo terc-butilo proveniente del isonitrilo. Por otro lado, en el RMN de ^{13}C se aprecia a 154.6 ppm la señal más importante del aducto de Ugi-azida que es el carbono del tetrazol 1,5-disustituido. A 62.3 ppm la señal del carbono cuaternario del grupo terc-butilo, así como a 47.6 ppm la señal del metino. Por último, a 30.1 ppm la señal correspondiente a los metilos provenientes del grupo isonitrilo.

CONCLUSIONES. Kass el compuesto mono-pirrol 19 en rendimientos moderados. Así mismo, se demostró su potencial sintético en las RMC de Ugi-Azida, el cual se sintetizó un nuevo sistema heterociclo nitrogenado del tipo pirrol-tetrazol 23, obteniendo una serie de 16 compuestos en rendimientos de buenos a moderados, y sin el uso de cromatografía en columna. Estos compuestos serán evaluados como potenciales anticancerígenos a diferentes líneas celulares.

REFERENCIAS.

1. Zhang, B., & Studer, A. (2015). Recent advances in the synthesis of nitrogen heterocycles via radical cascade reactions using isonitriles as radical acceptors. Chemical Society Reviews, 44(11), 3505–3521. https://doi.org/10.1039/c5cs00083a
2. Anurag Bharti, ROHIT KUMAR BIJAULIYA, Yadav, A., & Suman. (2022). The Chemical and Pharmacological Advancements of Quinoline: A Mini Review. Journal of Drug Delivery and Therapeutics, 12(4), 211–215. https://doi.org/10.22270/jddt.v12i4.5561
3. Analysis of the Structural Diversity, Substitution Patterns, and Frequency of Nitrogen Heterocycles among U.S. FDA Approved Pharmaceuticals. (2014). ACS Publications. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jm501100b

4. Rudick, J. G., Shabnam Shaabani, & Dömling, A. (2020). Editorial: Isocyanide-Based Multicomponent Reactions. Frontiers in Chemistry, 7. https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00918
5. Luo, J., Wu, J., & Dai, W.-M. (2014). One-Pot Synthesis of Dibenz[b,f][1,4]oxazepines via Mg(ClO4)2-Catalyzed Ugi Four-Component Reaction and Microwave-Assisted Intramolecular SNAr. Diversity Oriented Synthesis, 1(1). https://doi.org/10.2478/dos2014-0001
6. Gaich, T., & Baran, P. S. (2010). Aiming for the Ideal Synthesis. The Journal of Organic Chemistry, 75(14), 4657–4673. https://doi.org/10.1021/jo1006812
7. Dömling, A. (2005). Recent Developments in Isocyanide Based Multicomponent Reactions in Applied Chemistry. Chemical Reviews, 106(1), 17–89. https://doi.org/10.1021/cr0505728
8. Nenajdenko, V. (2012). Isocyanide chemistry: Applications in Synthesis and Material Science. John Wiley & Sons.
9. Long, L., Zhang, H., Zhou, Z., Duan, L., Fan, D., Wang, R., Xu, S., Qiao, D., & Zhu, W. (2024). Pyrrole-containing hybrids as potential anticancer agents: An insight into current developments and structure-activity relationships. European Journal of Medicinal Chemistry, 273, 116470–116470. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2024.116470
10. Wishart, D. S., Feunang, Y. D., Guo, A. C., Lo, E. J., Marcu, A., Grant, J. R., ... & Wilson, M. (2018). DrugBank 5.0: a major update to the DrugBank database for 2018. Nucleic acids research, 46(D1), D1074-D1082. 12.
11. Berkel, van, Bögels, B., Wijdeven, M. A., Westermann, B., & Floris. (2012). Recent Advances in Asymmetric Isocyanide-Based Multicomponent Reactions. European Journal of Organic Chemistry, 2012(19), 3543–3559.https://doi.org/10.1002/ejoc.201200030
12. Neochoritis, C. G., Zhao, T., & Dömling, A. (2019). Tetrazoles via multicomponent reactions. Chemical Reviews, 119(3), 1970-2042. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00564
13. Aguilar-Morales, C. M., Araujo-Huitrado, J.G; López-Hernández, Y; Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Granados-López, A.J.; Solorio Alvarado, C. R., López, J.A.; Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2021). A One-Pot Six-Component Reaction for the Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazol-1,2,3-Triazole Hybrids and Their Cytotoxic Activity against the MCF-7 Cell Line. Molecules, 26(20), 6104–6104. https://doi.org/10.3390/molecules26206104
14. Mehdi Ghandi, Salahi, S., Taheri, A., & Abbasi, A. (2017). One-pot synthesis of novel 1-(1H-tetrazol-5-yl)-1,2,3,4-tetrahydropyrrolo[1,2-a]pyrazine derivatives via an Ugi-azide 4CR process. Molecular Diversity, 22(2), 291–303. https://doi.org/10.1007/s11030-017-9801-4
15. Aguilar- Morales, C.M.; de Loera, D.; Contreras-Celedón, C.; Cortés-García, C.J.;
16. Chacón-García, L. (2019). Synthesis of 1,5-disubstituted tetrazole-1,2,3 triazoles hybrids via Ugi-azide/CuAAC. Synthetic Communications, 49, 2086–2095.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624111

SÍNTESIS ASIMÉTRICA DE β-HIDROXICETONAS CATALIZADA POR L-Pro.PdCl2L-Pro

Osvaldo Guadalupe Marin Sanchez[1], Juan Carlos Jiménez-Cruz[2], Ramón Guzmán-Mejía[3], J. Betzabe, González Campos[4], Yliana López Castro[5], Judit A. Aviña Verduzco[6]

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1726608k@umich.mx

2 CONAHCyT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; juan.jimenez@conahcyt.mx

3 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ramon.guzman@umich.mx

4 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; betzabe.gonzales@umich.mx

5 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; yliana.lopez@umich.mx

6 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; jaavina@umich.mx

Palabras Clave: Síntesis asimétrica, prolina, catálisis, reacción aldólica.

RESUMEN. Se sabe que la existencia de mezclas de enantiómeros o mezclas racémicas puede conducir a resultados desfavorables en un organismo biológico; uno de los ejemplos más representativo es la talidomida, un fármaco sintetizado y recetado en mezcla racémica a finales de la década de 1950, donde uno de los enantiómeros presenta un efecto sedante y antiemético mientras que el otro enantiómero muestra un efecto teratogénico. En este mismo sentido, hay casos donde uno de los dos enantiómeros presenta el efecto benéfico (eutómero) mientras que el segundo enantiómero es inactivo (distómero) como el (S,R)-omeprazol, donde solo el enantiómero S presenta actividad inhibitoria de la bomba de protones. Otro ejemplo representativo es la L-DOPA, un fármaco utilizado en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, donde solamente el enántiomero S es activo. Por lo tanto y para evitar la formación de uno de los dos posibles enantiómeros, se han desarrollado metodologías que involucran catalizadores quirales en reacciones asimétricas de Michael, Manich, Henry y aldólica, esta última utilizada para la síntesis selectiva de atorvastatina, fármaco utilizado en el tratamiento de la hipercolesterolemia y en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Por lo anterior, en el presente trabajo se describe la síntesis asimétrica de 2-[(4-nitrofenil)(hidroximetil)]ciclopentanona y 4-(4-nitrofenil)-4-hidroxibutan-2-ona mediante la reacción aldólica de 4-nitrobenzaldehído frente a ciclopentanona y acetona, catalizada por el complejo L-Pro.PdCl2L-Pro. Las hidroxicetonas se obtuvieron con un 90 y 82 % de rendimiento respectivamente, se elucidaron a través de técnicas espectrométricas y espectroscópicas. Se evaluó la enantioselectividad inducida a través de cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC), alcanzando un exceso enantiomérico (ee) del 86%.

INTRODUCCIÓN. La reacción aldólica es una reacción de condensación en el carbono alfa regularmente dada de aniones enolatos. La transformación fundamental en esta reacción es la dimerización de un aldehído no enolizable con una cetona enolizable para la formación de un compuesto de tipo aril β-hidroxicetónico; las variantes asimétricas de esta reacción consisten en la formación controlada y estereoselectiva de centros estereogénicos, de

forma que se produzcan hidroxicetonas quirales en una sola configuración, es decir como un solo enantiómero [1].

El desarrollo y uso de catalizadores, entre los que se encuentran el uso de complejos organometálicos, para la obtención de compuestos de alto valor industrial o farmacéutico, mediante la síntesis estereoselectiva de compuestos quirales con aplicaciones en áreas como farmacéutica, agroquímicos, saborizantes, dispositivos ópticos, electrónicos, etc. ha cobrado gran relevancia. Ejemplo de ello es el uso del catalizador metálico Al-DTP@ZIF-8 en la síntesis de precursores de biocombustible a partir de productos de la biomsa reportada por Yadav y colaboradores (Fig. 1) [2]. La reacción involucra la condensación de 5-hidroximetilfurfural (HMF) con acetona, obteniendo 4-(5-hiroximetil)furan2-il)but-3-en-2-ona, misma que por medio de una reducción mediante una reacción de hidrogenación produce el biocombustible.

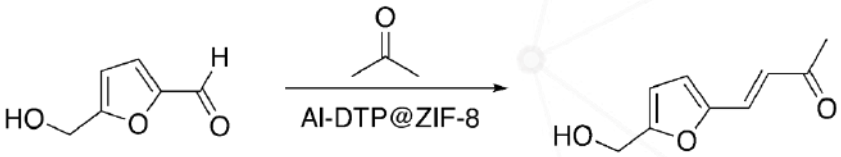


Figura 1. *Síntesis de derivados de HMF como precursores de biocombustible.*

Con la finalidad de contribuir al desarrollo de de catalizadores eficientes en la obtención de moléculas de importancia, en este trabajo se presenta la síntesis de dos aril-hidroxicetonas quirales mediante una reacción de condensación aldólica catalizada por el complejo quiral (*S,S*)-ProPdCl_2-Pro.

ANTECEDENTES. Uno de los compuestos más versátiles utilizado como catalizador en síntesis asimétrica es la prolina. Este aminoácido al igual que compuestos derivados de este, han sido utilizados ampliamente desde inicio del siglo XXI para promover reacciones asimétricas de Michael, Mannich, Morita-Baylis-Hillman, Henry y condensaciones aldólicas; este último proceso reportado por el Dr. Benjamin List, galardonado con el premio nobel de química en el año 2021 [3]. Recientemente se ha reportado también el uso de metales de transición como ácidos de Lewis, mejorando notablemente los resultados de reacción. Tal es el caso de la reacción aldólica de aldehídos y cetonas desactivados descrito por Zhao et al. [4]. Ellos asocian Yterbio, una tierra rara, a ligantes derivados de prolina logrando excesos enantioméricos del 90 % y rendimientos de hasta 99%. Estos sistemas de catalizadores generados por la asociación de metales con ligantes a evolucionado y debido a su eficiencia, hoy por hoy son ampliamente utilizados en procesos catalíticos incluyendo reacciones one-pot logrando acceder a moléculas de una forma directa. En este sentido, Soni et al. [5] analizan la acción sinérgica del fragmento orgánico y los metales de transición de un nanocomposito compuesto por Fe3O4-L-Prolina/Pd, utilizado como catalizador en la síntesis de Warfarina a partir de una reacción aldólica entre aldehídos aromáticos y acetona, seguida de un acoplamiento cruzado de Heck.

OBJETIVO. Evaluar la capacidad catalítica del complejo Pro.PdCl2-Pro en la formación de enlaces C-C, por medio reacciones de condensación aldólica asimétricas entre cetonas y 4-nitrobenzaldehído.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se realizó la preparación del catalizador por medio de la reacción entre prolina y cloruro de paladio generando el complejo **1**. Posteriormente se llevó a cabo la reacción aldólica asimétrica del 4-nitrobenzaldehído con ciclopentanona y acetona, catalizada por el complejo Pro·$PdCl_2$-Pro (**1**), a una concentración del 10%mol. Adicionalmente se obtuvieron las hidroxicetonas racémicas. Los productos obtenidos se purificaron por medio de cromatografía en columna y se elucidaron mediante espectrometría de masas. Se evalúo la estereoselectividad de la reacción mediante Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC), tomando como referencia el compuesto racémico (Fig. 2).

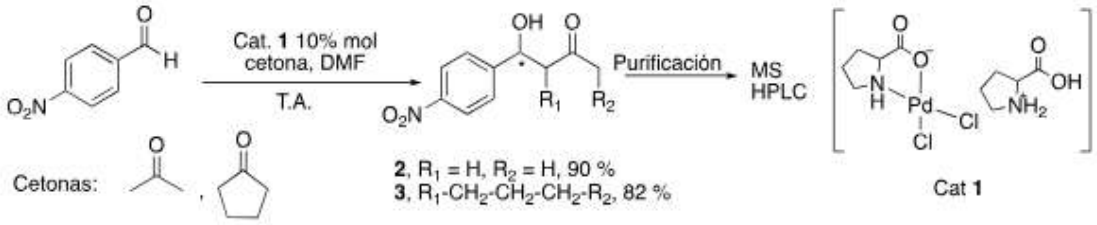


Figura 2. *Reacción de condensación aldólica catalizada por Pro·$PdCl_2$-Pro (1).*

RESULTADOS. El catalizador Pro$PdCl_2$-Pro. (**1**) se obtuvo en un 90 % de rendimiento y fue caracterizado a través de sus propiedades físicas y químicas, comparadas con la literatura [6]. Se llevaron a cabo las reacciones aldólicas entre el 4-nitrobenzaldehído, acetona y ciclopentanona catalizadas por el complejo de prolina **1**. Se obtuvieron los compuestos 2-[(4-nitrofenil)(hidroximetil)]ciclopentanona (**2**) y 4-(4-nitrofenil)-4-hidroxibutan-2-ona (**3**) en un 90 y 82 % de rendimiento respectivamente, tras un tiempo de reacción de 48 horas. Los productos obtenidos se caracterizaron mediante espectrometría de masas utilizando el método de ionización de impacto electrónico (IE 70 eV) (Fig. 3). En el espectro mostrado en la figura 3a se observa para el compuesto **2** un pico en m/z = de 217.08 umas, correspondiente al ión molecular con pérdida de una molécula de agua (M-18) del sustituyente β-OH. En la figura 3b se observa un ion molecular para la hidroxicetona **3**, con una m/z = 209.06 umas que corresponde al ion M^+ esperado para el aducto aldólico, con lo anterior se confirma la correcta obtención de los productos β-hidroxicetónicos.

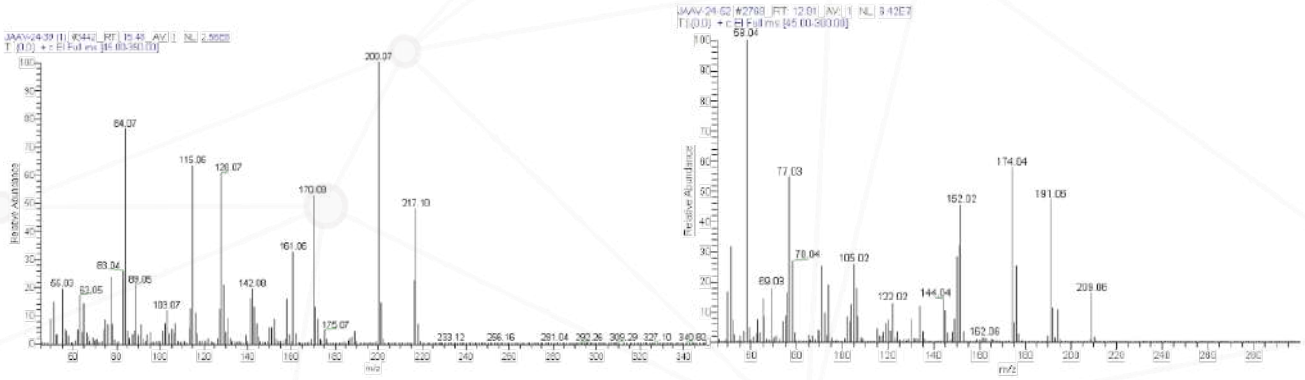


Figura 3. *Espectro de masas para los compuestos a) 2 y b) 3 obtenidos por IE.*

Una vez que se realizó la elucidación estructural de los compuestos **2** y **3**, se procedió a determinar la enantioselectividad de la reacción a través de Cromatografía de Líquidos de

Alta Resolución (HPLC). Para ello se analizaron los cromatogramas obtenidos de las hidroxicetonas **2** y **3**, racémicas y las obtenidas de las reacciones catalizados por el complejo quiral **1.** Los cromatogramas nos permitieron observar que la 2-(hidroxi(4-nitrofenil)metil)ciclohepta-1-ona (**2**) mostró las hidroxicetonas *anti* con un exceso enantiomérico (ee) del 86 %, obteniéndose como producto mayoritario el enantiómero *S,R (*Fig. 4a*)*. Por otra parte, los isómeros *sin* también mostraron un ee del 86 %, favoreciéndose el enantiómero *R,R* (Fig. 4b). Desgraciadamente no fue posible encontrar las condiciones óptimas para la determinación del ee de la 4-hidroxi-4-(4-nitrofenil)butan-2-ona (**3**), por lo queda como perspectiva la optimización de las condiciones de análisis para lograrlo.

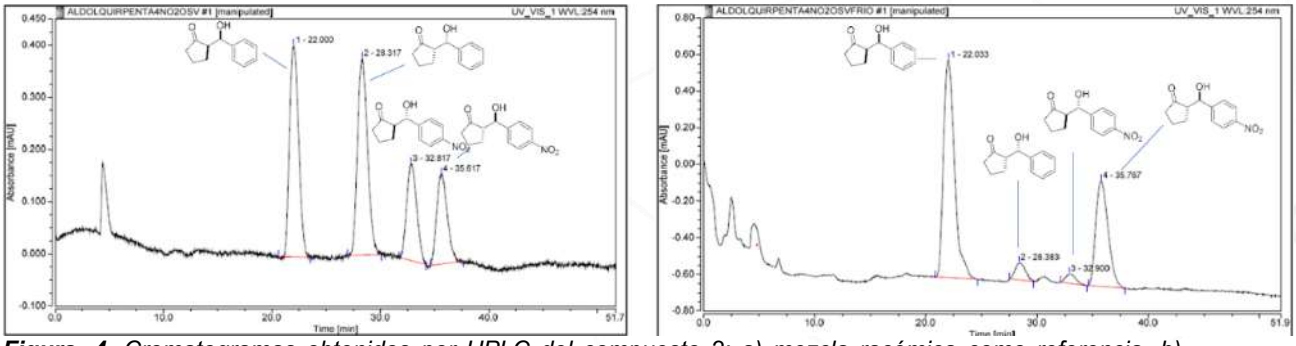


Figura. 4. *Cromatogramas obtenidos por HPLC del compuesto 2: a) mezcla racémica como referencia, b) estereoisómeros obtenidos de la reacción catalizada por 1.*

CONCLUSIONES. Se obtuvieron los compuestos 2-(hidroxi(4-nitrofenil)metil)ciclopenta-1-ona (2) y 4-hidroxi-4-(4-nitrofenil)butan-2-ona (3) en excelentes rendimientos al utilizar 10 % mol del catalizador ProPdCl2Pro (1). Es importante destacar que para el caso del compuesto 2 se obtuvieron preferencialmente los enantiómeros S,R y R,R; ambos con un ee del 86 %, siendo estos resultados de gran valor en la síntesis asimétrica.

REFERENCIAS.

1. Mandal, S., Mandal, S., Ghosh, S. K., Ghosh, A., Saha, R., Banerjee, S., & Saha, B. (2016). Review of the aldol reaction. Synthetic Communications, 46(16), 1327-1342.
2. Malkar, R. S., Daly, H., Hardacre, C., & Yadav, G. D. (2019). Aldol condensation of 5-hydroxymethylfurfural to fuel precursor over novel aluminum exchanged-DTP@ ZIF-8. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 7(19), 16215-16224.
3. List, B., Lerner, R. A., & Barbas, C. F. (2000). Proline-catalyzed direct asymmetric aldol reactions. Journal of the American Chemical Society, 122(10), 2395-2396.
4. Zhao, H. W., Li, H. L., Yue, Y. Y., Qin, X., Sheng, Z. H., Cui, J., ... & Zhong, R. G. (2012). Design, synthesis and use of novel 3, 3′-disubstituted 2, 2′-bipyridine-based chiral ligands: asymmetric catalysis in direct aldol reactions. Synlett, 23(13), 1990-1994.
5. Tomer, S. O., & Soni, H. P. (2019). Fe 3 O 4@ l-Proline/Pd nanocomposite for one-pot tandem catalytic synthesis of (±)-warfarin from benzyl alcohol: synergistic action of organocatalyst and transition metal catalyst. Catalysis Science & Technology, 9(22), 6517-6531.
6. Jiménez-Cruz, J. C., Guzmán-Mejía, R., Navarro-Santos, P., García-Zavala, S., Herrera-Bucio, R., García-Gutiérrez, H. A., & Aviña-Verduzco, J. A. (2023). Synthesis, crystal structure, and intrinsic reactivity descriptors of coordination complexes of [(cis-PdCl2·L-proline)L-proline] and [trans-PdCl2·(glycine-OMe) 2]. Journal of Molecular Structure, 1294, 136354-136376.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624112

SÍNTESIS DE UN NUEVO SISTEMA BIS-TRIAZOL-TETRAZOL VÍA UNA SECUENCIA EN CASCADA: RMC DE ALTO ORDEN/ CICLOADICIÓN ALQUINO-AZIDA CATALIZADA CON COBRE (CUAAC)

Jaime David Vieyra Velázquez[1], Hugo Cervantes Valencia[1], Guadalupe Jiménez Reyes[1], Mario Armando Gómez Hurtado[1], Luis Chacón García[1], Carlos Jesús Cortés García[1]

1 Laboratorio de Diseño Molecular, Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, C.P. 58033 Morelia, Michoacán, México.; 1630517e@umich.mx, jesus.cortes@umich.mx

Palabras Clave: Reacciones de Multicomponentes de alto orden, Tetrazoles 1,5-disustituidos, Triazoles 1,2,3-1,4-disustituidos, Química

RESUMEN. Actualmente, los químicos sintéticos presentan dentro de unos de sus objetivos sintetizar quimiotecas de moléculas hibridas de alta complejidad y diversidad estructural en un mínimo de etapas. Para cumplirlo, se requiere de herramientas sintéticas poderosas como las reacciones de multicomponentes, el cual ha permitido en los últimos años generar quimiotecas de compuestos de gran relevancia biológica y farmacológica. En este contexto, resulta interesante explorar nuevas estrategias de síntesis haciendo uso de las reacciones de multicomponentes de alto orden y pseudomulticomponentes de alto orden. Con base a lo anterior, en este trabajo se describe de manera preliminar una estrategia sintética para la obtención de una cuarta generación de sistemas heterocíclicos del tipo bis-1,2,3-triazol-tetrazol 1,5-disustituido mediante una reacción de pseudomulticomponentes de alto orden, que involucra tres procesos: Ugi-azida/SN2/CuAAC.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos actuales de los químicos sintéticos es diseñar quimiotecas de moléculas hibridas de alta complejidad y diversidad estructural en un mínimo de etapas, buenos rendimientos, y a partir de materiales de partida simples y fácilmente accesibles. Para cumplir con este objetivo, se requiere de herramientas sintéticas poderosas como las reacciones de multicomponentes (RMC) que ha permitido acceder de una manera rápida, simple y eficiente a quimiotecas de compuestos de cierta complejidad estructural y/o alto grado de funcionalización, a las cuales es complicado acceder a través de una síntesis lineal multipasos[1]. Asimismo, dentro de las RMC se encuentran las reacciones de multicomponentes de alto orden (RMC-AO), siendo un campo muy poco explorado y reportado en la literatura[2]. El concepto de alto orden consiste en hacer reaccionar cinco o más reactantes, estas en comparación a las RMC clásicas de 3 o 4 reactantes permiten acceder a estructuras mucho más complejas[3]. Por su parte, un campo aún menos explorado por los químicos sintéticos son las reacciones de pseudo-multicomponentes clásicas (P-RMC) y pseudo-multicomponentes de alto orden (P-RMC-AO), que son aquellas reacciones

donde en el producto uno o más reactantes se incorporan en al menos dos ocasiones, esto químicamente hablando corresponde a 2 o más equivalentes de este[4].

ANTECEDENTES

Los tetrazoles 1,5-disustituidos (T-1,5-DS) y los 1,2,3-triazoles 1,4-disustituidos (1,2,3-T-1,4-DS) son heterociclos aromáticos nitrogenados, que han presentado gran interés dentro del área de la química medicinal por su amplio rango de actividades biológicas y farmacológicas, y han sido objeto de estudio por parte de los químicos medicinales para la búsqueda de moléculas candidatas a fármacos[5]. Algunos ejemplos de actividades biológicas que han presentado estos heterociclos aromáticos son: antiinflamatorios, antiproliferativos, anticancerígenos, antimigrañosos, antihipertensivo, antidiabéticos, antioxidantes, anticonvulsionantes, ansiolíticos, antibacterianos y antivirales[6]. En la Figura 1 se muestran algunos fármacos aprobados por la FDA que contienen estos heterociclos nitrogenados.

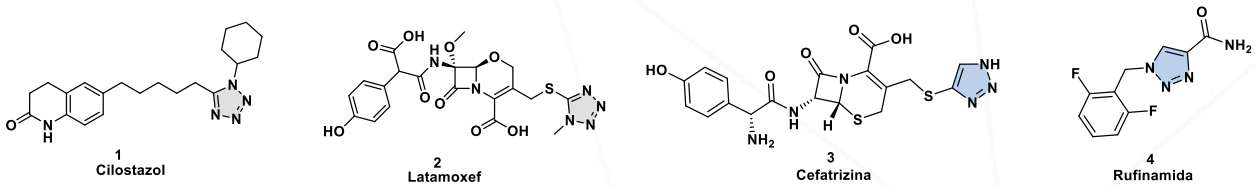


Fig. 1. *Fármacos aprobados por la FDA que presentan los núcleos T-1,5-DS y 1,2,3-T-1,4-DS.*

OBJETIVOS

Objetivo general:

Sintetizar un nuevo sistema heterocíclico del tipo *bis*-1,2,3-triazol-tetrazol 1,5-disustituido vía una secuencia en cascada: RMC de alto orden/ cicloadición alquino-azida catalizada con cobre (CuAAC)

Objetivos específicos:

a) Explorar las condiciones óptimas de reacción para la síntesis del sistema *bis*-1,2,3-triazol-tetrazol 1,5-disustituido
b) Sintetizar algunos *bis*-1,2,3-triazol-tetrazol 1,5-disustituido

MATERIALES Y MÉTODOS

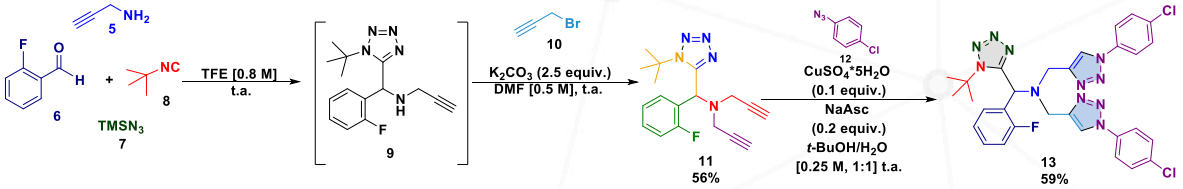
Los reactivos y disolventes se adquirieron de Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin purificación previa. La purificación de los compuestos fue realizada por cromatografía en columna, utilizado gel de sílice 70-230 Mesh de la marca Sigma-Aldrich, y como eluyente, en todos los casos, con mezclas de Hexano: Acetato de etilo en proporción variable según el caso.

La metodología para la síntesis de las moléculas objetivo se reservará por cuestiones de publicación.

RESULTADOS

Primero se comenzó en conocer los intermedios formado de la reacción de pseudo-multicomponentes de alto orden, mediante su aislamiento y caracterización, el cual consistió en tres etapas de reacción (Figura 2). Se uso como reacción modelo la propargil

amina **5** que es el componente clave bifuncional, el 2-fluorobenzaldehído **6**, trimetilsililazida **7** como fuente de ácido hidrazoico y *tert*-butil isonitrilo **8** bajo las condiciones reportadas en la literatura, obteniendo el alquino-tetrazol 1,5-disustituido **9**, el cual no fue necesario purificarlo, ya que ha sido descrito por nuestro grupo de investigación[7,8]. Así, el segundo proceso consistió en una reacción de sustitución nucleofílica bimolecular (S_N2) haciendo reaccionar el alquino-tetrazol **9** con bromuro de propargilo **10**, para obtener el *bis*-propargil



tetrazol 1,5-disustituido (BPT) **11**. En esta etapa se estudiaron diferentes bases y disolventes y se encontró que el uso de DMF y K_2CO_3 dio el mejor rendimiento. Una vez purificado el BPT **11** se llevó a cabo el tercer proceso que consistió en una doble reacción de cicloadición alquino-azida catalizada con cobre (CuAAC), este tercer proceso es conocido como una clásica pseudo RMC de 3-CR. Las condiciones de reacción para la CuAAC fueron con base a lo descrito por nuestro grupo de trabajo[7] utilizando como componente azida el 4-cloro-fenilazida **12**, obteniendo el sistema híbrido *bis*-1,2,3-triazol-tetrazol 1,5-disustituido **13** en un rendimiento del 59%.

Fig. 2. Síntesis del *bis*-1,2,3-triazol-tetrazol 1,5-disustituido **13a** vía una triple secuencia de reacción.

Una vez caracterizado los intermedios para la síntesis del *bis*-1,2,3-triazol 1,4-disustituido **13** descritos en el esquema 1, se decidió buscar obtenerlo bajo un proceso de pseudo-multicomponentes de alto orden, esto sin aislar y purificar ningún intermedio. Se realizaron distintos experimentos variando la temperatura y disolventes y se encontró que el uso de trifluoroetanol a lo largo de todos los procesos se pudo obtener el compuesto **13a** en un rendimiento del 19% (Figura 3). Aunque es un rendimiento relativamente bajo, comparado con un global del 33% mediante el proceso multipasos del esquema 1, hay que destacar que por esta vía se logra obtener el *bis*-triazol, bajo un protocolo operacionalmente simple, condiciones suaves de reacción y con una alta eficiencia de formación de enlaces, y ahorro de tiempo y recursos. Finalmente, bajo esta estrategia se sintetizaron otros 3 compuestos **13b-13d**, en rendimientos del 19-25% (Figura 3).

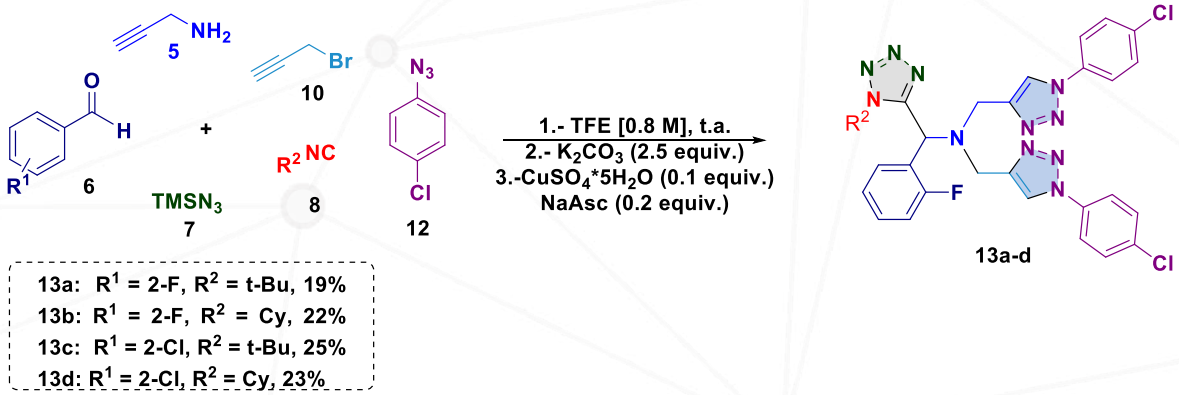


Fig. 3. *Síntesis de los bis-1,2,3-triazol-tetrazoles 1,5-disustituido* ***13a-d*** *vía una reacción de pseudo-multicomponentes de alto orden.*

CONCLUSIONES

Se demostró el potencial sintético de las reacciones de pseudo-multicomponentes de alto orden para acceder a sistemas híbridos del tipo *bis*-1,2,3-triazol 1,4-disustituido-tetrazol 1,5-disustituido con alto grado de complejidad y diversidad estructural, a través de hacer reaccionar siete componentes de partida, bajo un protocolo operacionalmente simple y condiciones suaves de reacción. Este tipo de sistemas híbridos a la fecha no han sido descritos, y este trabajo aporta a la química de las RMC de alto orden, un campo que aún es muy poco explorado en comparación con las clásicas de 3 o 4-CR, y a la química de los tetrazoles 1,5-disustituidos y 1,2,3-triazoles 1,4-disustituidos, que además serán evaluadas *in silico* para conocer su potencial biológico y llevar a cabo pruebas *in vitro*. Finalmente, es importante resaltar que el proceso descrito en este trabajo presenta una alta eficiencia de formación de enlaces debido a que se formaron un total de nueve enlaces (1 C-C, 1 N-N, 7 C-N), siendo este trabajo pionero en este tipo de química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. (a) Ibarra, I. A., Islas-Jácome, A., & González-Zamora, E. (2018). Synthesis of polyheterocycles via multicomponent reactions. *Organic & Biomolecular Chemistry*, *16*(9), 1402-1418. https://doi.org/10.1039/c7ob02305g. (b) Dömling, A., Wang, W., & Wang, K. (2012). Chemistry and biology of multicomponent reactions. Chemical reviews, 112(6), 3083-3135. https://doi.org/10.1021/cr100233r.
2. (a) Hooshmand, S. E., Yazdani, H., & Hulme, C. (2022). Six-Component Reactions and Beyond: The Nuts and Bolts. European Journal of Organic Chemistry, 2022(34). https://doi.org/10.1002/ejoc.202200569. (b) Nikoofar, K., & Yielzoleh, F. M. (2022). High-component reactions (hcrs): An overview of mcrs containing seven or more components as versatile tools in organic synthesis. Current Organic Synthesis, 19(1), 115-147. https://doi.org/10.2174/1570179418666210910111120. (c) Brauch, S., van Berkel, S. S., & Westermann, B. (2013). Higher-order multicomponent reactions: beyond four reactants. Chemical Society Reviews, 42(12), 4948-4962. https://doi.org/10.1039/c3cs35505e.
3. (a) Hooshmand, S. E., Yazdani, H., & Hulme, C. (2022). Six-Component Reactions and Beyond: The Nuts and Bolts. European Journal of Organic Chemistry, 2022(34). https://doi.org/10.1002/ejoc.202200569. (b) Brauch, S., van Berkel, S. S., & Westermann, B. (2013). Higher-order multicomponent reactions: beyond four reactants. Chemical Society Reviews, 42(12), 4948-4962. https://doi.org/10.1039/c3cs35505e.
4. Flores-Reyes, J. C., Del C Cotlame-Salinas, V., Ibarra, I. A., González-Zamora, E., & Islas-Jácome, A. (2023). Pseudo-multicomponent reactions. *RSC Advances*, *13*(24), 16091-16125. https://doi.org/10.1039/d3ra02746e.
5. (a) Neochoritis, C. G., Zhao, T., & Dömling, A. (2019). Tetrazoles via Multicomponent Reactions. Chemical reviews, 119(3), 1970–2042. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00564 Zhang, J., Wang, S., Ba, Y., & Xu, Z. (2019). Tetrazole hybrids with potential anticancer activity. European journal of medicinal chemistry, 178, 341–351. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.05.071 (c) Kumari, A., & Singh, R. K. (2019). Medicinal chemistry of indole derivatives: Current to future therapeutic prospectives. Bioorganic chemistry, 89, 103021. https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103021.
6. (a) Malik, Maqsood & Wani, Mohmmad & Al-thabaiti, Shaeel & Sheikh, Rayees. (2013). ChemInform Abstract: Tetrazoles as Carboxylic Acid Isosteres: Chemistry and Biology. Journal of inclusion phenomena and macrocyclic chemistry. 78. 10.1007/s10847-013-0334-x. (b) Popat, Mohite & Bhaskar, V.H.. (2011). Potential pharmacological activities of tetrazoles in the new millennium. International Journal of PharmTech Research. 3. 1557-1566. (c) Singh, Rajendra & Gao, Haixiang & Meshri, Dayal & Shreeve, Jean'ne. (1970). Nitrogen-Rich Heterocycles. 10.1007/430_2006_055.
7. (a) Aguilar-Morales, C. M., Araujo-Huitrado, J. G., López-Hernández, Y., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Granados-López, A. J., Solorio-Alvarado, C. R., López, J. A., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2021). A One-Pot Six-Component Reaction for the Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazol-1,2,3-Triazole Hybrids and Their Cytotoxic Activity against the MCF-7 Cell Line. *Molecules*, *26*(20), 6104.

https://doi.org/10.3390/molecules26206104. (b) Aguilar-Morales, C. M., De Loera, D., Contreras-Celedón, C., Cortés-García, C. J., & Chacón-García, L. (2019). Synthesis of 1,5-disubstituted tetrazole-1,2,3 triazoles hybrids via Ugi-azide/CuAAC. *Synthetic Communications*, *49*(16), 2086-2095. https://doi.org/10.1080/00397911.2019.1616301

8. (a)Aguilar-Morales, C. M., Servín-García, G., Del Río, R. E., Islas-Jácome, A., Gámez-Montaño, R., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2022). Synthesis of novel hybrid 1,5-disusbtituted 1H-tetrazol-5yl 4,5-dihydro [1,2,3]triazolo[1,5-a]pyrazin-6-ones via high-order MCR-SN2/intramolecular [3 + 2] cycloaddition sequence. *Synthetic Communications*, *53*(2), 127-134. https://doi.org/10.1080/00397911.2022.2154165. (b) Niño-Pantoja, I., Gallardo-Alfonzo, A., Solis-Santos, M., Ordoñez, M., Contreras-Celedón, C., Islas-Jácome, A., Chacón-García, L., & Cortés-García, C. J. (2022). Synthesis of 1,5-Disubstituted Tetrazole−Indolizine Bis-Heterocycles and Their Copper (II) Recognizing Properties. *European Journal Of Organic Chemistry*, *2022*(34). https://doi.org/10.1002/ejoc.202200230.

Área 6: Ciencias Exactas.
Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacán

Octubre, 2024
ID: EN0624116

EL PARÁMETRO DE APANTALLAMIENTO DE ELECTRONES ATÓMICOS

Alejandro Cobos Melo[1], Alondra Suarez Rangel[2], Erick Alexis García Sánchez[3], Nabanita Dasgupta Schubert[4].

1Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2105920h@umich.mx

2Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1911160g@umich.mxd

3Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 1629691b@umich.mx2

4Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; nabanita.schubert@umich.mx

Palabras Clave: Constante de apantallamiento electrónico atómico, constante de Rydberg, Ley de Moseley, energías de rayos X.

RESUMEN. La constante de apantallamiento electrónico (σ) de los átomos es una cantidad que describe el grado en el cual la atracción electrostática entre la carga nuclear Z y un electrón en un orbital atómico dado, disminuye debido al apantallamiento ofrecido por los otros electrones atómicos. Las energías de transición de rayos x se ven afectadas directamente por σ. La ley de Moseley en su forma moderna que incorpora correcciones relativistas de orden superior permite la determinación de σ. En este trabajo reportamos los valores de σ para todos los elementos del segundo al séptimo período de la tabla periódica, excepto los elementos superpesados para los cuales no se han reportado energías de transición de rayos x experimentales. Los cálculos se basaron en la ley de Moseley con y sin correcciones relativistas de primer orden y las energías de transición experimentales reportadas. Para los elementos pesados, los valores de σ disminuyeron incluso cuando se incorporaron las correcciones de primer orden. Esto indica la necesidad de mejores estimaciones teóricas de σ sigma para estos elementos. Además, también se derivaron los valores y tendencias de la constante de Rydberg para todos los elementos mencionados anteriormente. Se calcularon correcciones de masa finita a la aproximación habitual de masa infinita de esta constante, donde la constante de Rydberg de masa finita se aproximó a la constante de masa infinita asintóticamente a medida que Z aumentaba.

INTRODUCCIÓN. La ley de Moseley fue propuesta por el físico Britanico Henry Moseley en 1913 en su artículo llamado "The High Frequency Spectra of the Elements". En este artículo Moseley analizó algunos elementos mediante el análisis del espectro de rayos x encontrando una relación entre su frecuencia de las líneas espectrales de rayos x con su número atómico.

$$v=A(Z-\sigma)2 \qquad (1)$$

Donde es la frecuencia de radiación característica, Z es la carga nuclear, A es una constante y σ es la constante de apantallamiento. La frecuencia de radiación característica es emitida cuando un electrón da un brinco de un orbital con un nivel de energía más alto a uno más bajo, de esta manera libera cierta cantidad de energía en forma de radiación electromagnética. La frecuencia de radiación emitida por cada elemento es proporcional a

su número atómico, por lo tanto conforme el número atómico aumenta, también lo hace la frecuencia de la radiación característica.
La carga efectiva es la carga nuclear atenuada que sientes los electrones debido al efecto de apantallamiento, este efecto se describe como una interacción de atenuación por los electrones de las capas inferiores sobre los electrones de las capas superiores.

ANTECEDENTES. La tabla periódica ha sufrido varias modificaciones a lo largo del tiempo en la época moderna Dimitri Mendeléyev propone su versión de la tabla periódica en el cual acomoda los elementos en forma creciente por sus pesos atómicos con esto Mendeléyev pudo predecir algunos elementos aún no descubiertos. Sin embargo, el modelo de Mendeléyev no era perfecto y además de no haberse descubierto más elementos predichos, el descubrimiento de los rayos x, la radiactividad y la idea de que átomos estaban compuestos de partículas más pequeñas no eran explicables en el modelo de Mendeléyev. El físico británico llamado Henry Moseley, junto a sus experimentos de espectro de rayos x, solucionó los problemas del modelo de Mendeléyev. Mediante sus análisis propuso ordenar los elementos por su número atómico, derivado de esto se observó que los elementos con números atómicos similares presentan propiedades físicas y químicas semejantes. Esto tuvo grandes repercusiones ya que además de solucionar dichos problemas también se logró predecir 3 nuevos elementos, contribuir al estudio del efecto de apantallamiento y lo que quizás fue más importante, confirmar el modelo atómico de Bohr. La emisión de estos rayos x energéticos permitió a Moseley llevar a cabo investigaciones más profundas respecto a la relación entre las energías medidas y la configuración del núcleo atómico de los elementos en la tabla periódica.

OBJETIVOS. Mediante este trabajo de investigación se espera lograr recopilar los datos de las energías obtenidas a partir de resultados de experimentos anteriores, para llevar a cabo un minucioso análisis cualitativo de los mismos, y de estos poder inferir la efectividad de las aplicaciones de la Ley de Moseley. Este análisis se considera para dos tipos de emisión de rayos x, K-Alfa-1 y K-Beta-1. También es de interés para este proyecto repasar ligeramente la obtención de la teoría detrás de la Ley de Moseley y sus correcciones para los elementos con distintas propiedades a lo largo de la tabla periódica. De esta manera será posible deducir si la teoría puede hacer predicciones acertadas para los elementos superpesados, los cuales no se incluyen en las investigaciones previas, y en caso de que esto no sea posible revisar cuáles serían las correcciones necesarias y por qué lo son. Otro objetivo de importancia en este trabajo es el comportamiento de la constante de apantallamiento por periodo de la tabla periódica en los átomos disponibles a analizar, así como obtener un promedio de la misma y su repercusión al momento de tomar en cuenta todo el conjunto de núcleos atómicos.

MATERIALES Y MÉTODOS. Los datos recopilados de las frecuencias de radiación emitidas por los elementos fueron tomados de la base de datos del NIST (https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html). Se procedió a graficar la raíz cuadrada de la frecuencia de dichos datos (para energías alfa 1 y beta 1) y su número atómico, dando como resultado una ecuación lineal con pendiente positiva, lo que demuestra gráficamente la Ley de Moseley, ya que conforme el número atómico aumenta, también lo hace su frecuencia. Al obtener estos datos se procede con el despeje de la constante de apantallamiento de las siguientes ecuaciones:

$$E_{K\alpha 1} = \frac{3}{4} hcR\,(Z - \sigma_{K\alpha 1})^2 \qquad (2)$$

$$E_{K\beta 1} = \frac{8}{9} hcR\,(Z - \sigma_{K\beta 1})^2 \qquad (3)$$

Al ser una ecuación lineal se puede considerar a las constantes de energía de Rydberg (hcR) como la pendiente de las gráficas linealizadas de cada periodo, así mismo se pueden utilizar los valores teóricos preestablecidos de dichas constantes. Se observó que los valores para la constante de apantallamiento no eran del todo congruentes con la teoría, por lo tanto se les aplicará dos tipos de ajustes, el de masa finita para los elementos del periodo 2, 3 y parte del 4 de la tabla periódica, y del tipo relativista para los elementos desde el cuarto periodo hasta el séptimo.

La corrección de masa finita va dirigida únicamente a los primeros periodos de la tabla ya que sus núcleos no pueden considerarse fijos en el espacio, pues la cantidad de protones y neutrones en ellos es baja y por lo tanto son núcleos ligeros, provocando que tenga un centro de masa y velocidad angular en común con los electrones del átomo, lo cual no está contemplado en la ley de Bohr. Tener en cuenta esta ligera variación conlleva a que la constante de Rydberg también tenga cambios sutiles dependiendo del elemento o isótopo, esto se puede describir como:

$$R_M = \frac{2\pi^2 \mu e^4}{ch^3} \quad \text{donde } \mu = \frac{Mm}{M+m} \qquad (4)$$

La ecuación anterior se obtiene de solucionar la ecuación de Schrodinger para un modelo atómico que consta de un núcleo infinitamente pesado y un electrón, no se toman en cuenta los efectos relativistas ni el spin del electrón los cuales son responsables de la estructura fina de los estados electrónicos atómicos. Las tres correcciones relativistas que contribuyen a la estructura fina de los orbitales son: Energía cinética relativista, interacción órbita-spin y el término de Darwin. Cuando se combinan producen la corrección relativista de primer orden.

$$E_{k\alpha 1} = hcR\left[\frac{3}{4}(Z - \sigma_{K\alpha 1})^2 + \frac{15}{64}\alpha^2 (Z - \sigma_{K\alpha 1})^4\right] \qquad (5)$$

$$E_{k\alpha 1} = hcR\left[\frac{8}{9}(Z - \sigma_{K\beta 1})^2 + \frac{13}{64}\alpha^2 (Z - \sigma_{K\beta 1})^4\right] \qquad (6)$$

RESULTADOS. Después del proceso de análisis de datos y se realizó un proceso gráfico de los datos obtenidos a través de las ecuaciones sin correcciones agregadas. Las ecuaciones (2) y (3) en un principio originan la gráfica de la Fig. 1. Estos resultados abarcan los elementos, con las respectivas energías disponibles de la base de datos, de los periodos del 2 al 7.

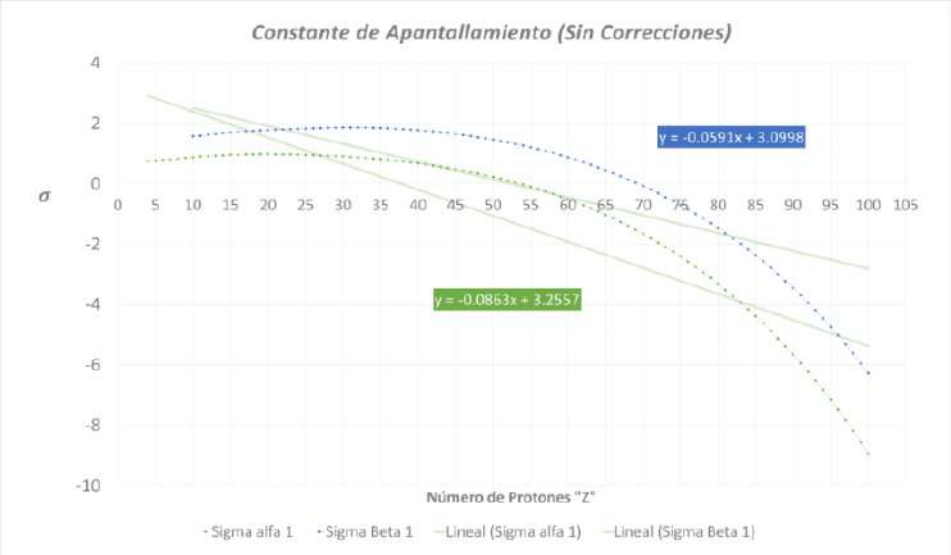


Figura 1.- *Gráfica comparativa entre los valores de σ-alfa y σ-beta obtenidos mediante el uso de la relación lineal de la Ley de Moseley sin correcciones por los efectos de masa finita y efectos relativistas.*

Estos primeros resultados se toman en cuenta por las implicaciones que podrían tener en el comportamiento de la relación entre la constante de apantallamiento y las propiedades de los diferentes núcleos atómicos. Tomando en cuenta las correcciones relativistas y el efecto de la masa finita en el núcleo se obtuvo σ-alfa y σ-beta de las ecuaciones correspondientes de su energía. Al despejar σ y sustituir todos los datos en las ecuaciones (5) y (6) se obtiene el gráfico presente en la Fig. 2.
Los puntos verdes en la gráfica representan los resultados obtenidos para σ-alfa mientras que los puntos amarillos son para σ-beta, los elementos de los cuales se obtuvieron estos resultados constituyen desde el Berilio (Z = 4) hasta el Xenón (Z = 54). De las correcciones realizadas por el efecto de la masa finita del núcleo se obtuvo la tercera gráfica (Fig. 3), en la cual se nos permite observar el comportamiento de la constante de Rydberg de masa finita calculada para los elementos en el intervalo del 4 (Berilio) a 36 (Criptón).

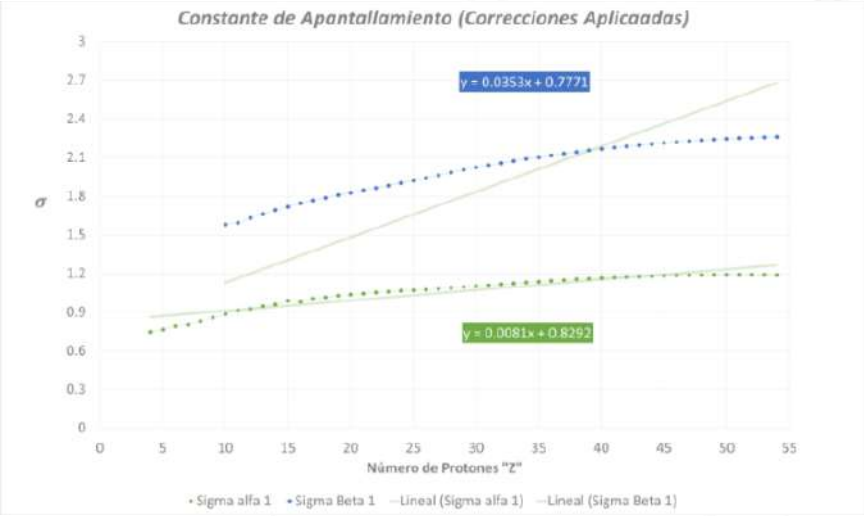


***Figura 2**.- Gráfica comparativa entre los valores de σ-alfa y σ-beta obtenidos mediante el uso de la relación lineal de la Ley de Moseley con correcciones por los efectos de masa finita y efectos relativistas, solamente para los núcleos atómicos de los periodos 2 a 5.*

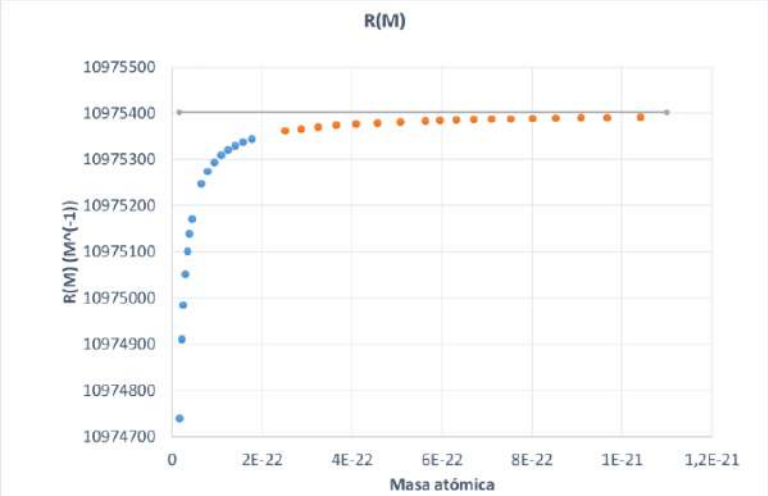
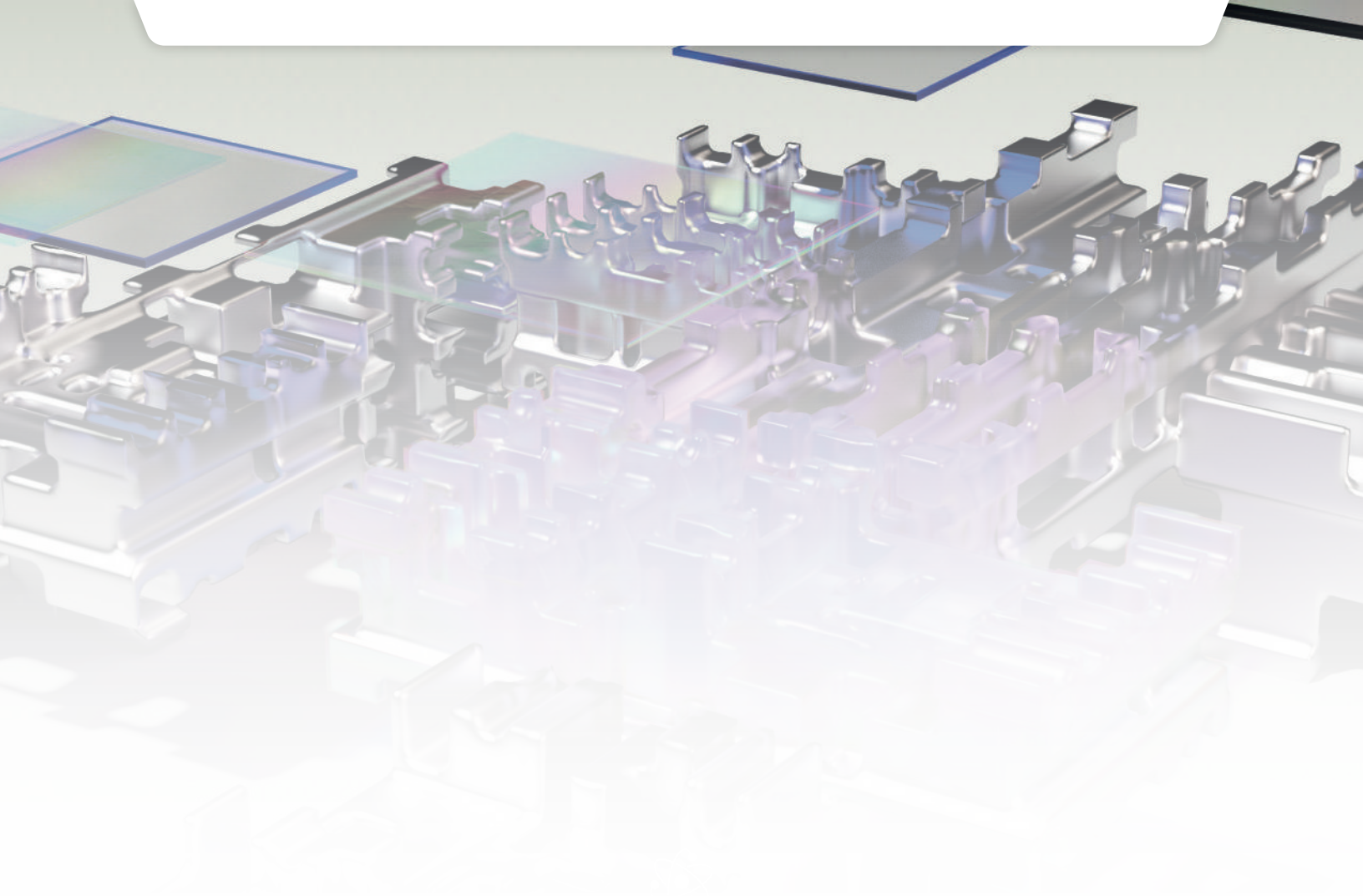


***Figura 3.-** Gráfica comparativa entre los valores de la constante de Rydberg de masa finita obtenidos mediante el uso de la ecuación (4)*

CONCLUSIONES. Con las correcciones que se aplicaron a las ecuaciones de Moseley los periodos del 2-4 se apegan a la teoría descrita por Moseley además que los valores de R∞ se aproximaron a su valor real. Por otra parte, los periodos del 5-7 divergieron de la teoría pero de la constante de R∞. Esto se pudo inferir de las gráficas obtenidas en la sección de resultados. Al haber comprobado que los cálculos de la constante de apantallamiento pueden seguir las relaciones propuestas anteriormente, podemos tener una facilidad para predecir las energías posibles de un rayo x emitido por un núcleo atómico. Además, se puede apreciar la desviación de la teoría propuesta para los núcleos de los periodos 6 y 7, esto significa que es necesario tomar un orden superior en cuanto a correcciones relativistas se refiere, esto proporcionaría una manera viable de predecir los comportamientos de los elementos superpesados que se encuentren más allá de estos periodos. En cuanto al ajuste de tipo relativista, para el caso de la primera fila de los metales de transición esta ley es muy acertada a la hora de predecir las energías de los K rayos X.

REFERENCIAS.

1. Soltis, T., Folan, L. M., & Eltareb, W. (2017). One hundred years of Moseley's law: An undergraduate experiment with relativistic effects. American Journal of Physics, 85(5), 352-358.
2. Moseley, H. G. J. (1913). XCIII. The high-frequency spectra of the elements. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 26(156), 1024-1034.
3. Moseley, H. G. (1914). LXXX. The high-frequency spectra of the elements. Part II. The London,
4. Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 27(160), 703-713.
“X-ray transition energies database” <http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayTrans/Html/search.html>
5. Polo, P. R. (2014). Henry Moseley: rayos X, tabla periódica y guerra. ConCIENCIAS. digital: revista de divulgación científica de las Facultad de Ciencias de Zaragoza, (13), 4-21
6. Polo, P. R., & Garbayo, E. J. F. (2016). Evolución de la tabla periódica desde Mendeléiev hasta Moseley (1869-1914). CIENCIA Y TÉCNICA, 841.
7. Ruipérez, L. G. (2011). Los rayos X característicos: Una revisión. Archivos de medicina, 7(3), 5-10.]: Una revisión. Archivos de medicina, 7(3), 5-10



ICTI
INSTITUTO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ESTADO DE MICHOACÁN

200 AÑOS DEL ESTADO FEDERAL DE MICHOACÁN

Michoacán
HONESTIDAD Y TRABAJO

icti.michoacan.gob.mx